

*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 VELILLA DE CINCA: 090.060.001**





## ÍNDICE

	Pág.
<b>1. PROYECTO</b> .....	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS .....	1
1.2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS .....	5
1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO .....	6
<b>2. LOCALIZACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>3. SITUACIÓN GEOLÓGICA</b> .....	<b>9</b>
<b>4. MARCO HIDROGEOLÓGICO</b> .....	<b>10</b>
<b>5. EQUIPO DE PERFORACIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>6. DATOS DE LA PERFORACIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>7. COLUMNA LITOLÓGICA</b> .....	<b>15</b>
<b>8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA</b> .....	<b>16</b>
<b>9. ENTUBACIÓN REALIZADA</b> .....	<b>16</b>
<b>10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS</b> .....	<b>19</b>
10.1. ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS DEL ACUÍFERO .....	19
<b>11. HIDROQUÍMICA</b> .....	<b>27</b>
<b>12. CONCLUSIONES</b> .....	<b>30</b>

### INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación del piezómetro sobre base topográfica 1:25.000</i> .....	<b>8</b>
<i>Figura 2. Ubicación del piezómetro sobre base del SIGPAC</i> .....	<b>8</b>
<i>Figura 3. Ubicación del piezómetro sobre la Cartografía Geológica MAGNA 1:50.000 (387) Fraga</i> .....	<b>9</b>
<i>Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo</i> .....	<b>18</b>
<i>Figura 5. Diagrama de Piper. Sondeo 090.060.001–Velilla del Cinca</i> .....	<b>28</b>
<i>Figura 6. Diagramas de Stiff. Sondeo 090.060.001–Velilla del Cinca</i> .....	<b>29</b>

## **INDICE DE TABLAS**

<b><i>Tabla 1. Síntesis de la columna litológica atravesada (descripción en campo).</i></b>	<b>16</b>
<b><i>Tabla 2. Entubación realizada.</i></b>	<b>17</b>
<b><i>Tabla 3. Datos mensuales del nivel piezométrico medidos con sonda hidronivel antes y después del ensayo de bombeo.</i></b>	<b>19</b>
<b><i>Tabla 4. Resumen de los escalones del ensayo de bombeo.</i></b>	<b>21</b>
<b><i>Tabla 5. Resumen de la tabla de datos del Escalón continuo.</i></b>	<b>26</b>

## **ANEJOS**

**ANEJO Nº 1: PERMISOS**

**ANEJO Nº 2: INFORMES DIARIOS DE PERFORACIÓN**

**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 (090.060.001) es la construcción de un sondeo que sustituya a otro existente que no cumple los criterios del Ministerio por estar instalado para abastecimiento, además de mejorar la caracterización y estudiar la evolución de la masa de agua (060) denominada "Aluvial del Cinca".

Igualmente permitirá controlar la calidad de las aguas en esta masa inicialmente en riesgo y vulnerable al cumplimiento de los objetivos, de

calidad, definidos por la directiva marco y debido, fundamentalmente, a la vulnerabilidad del Acuífero frente a la contaminación por nitratos.

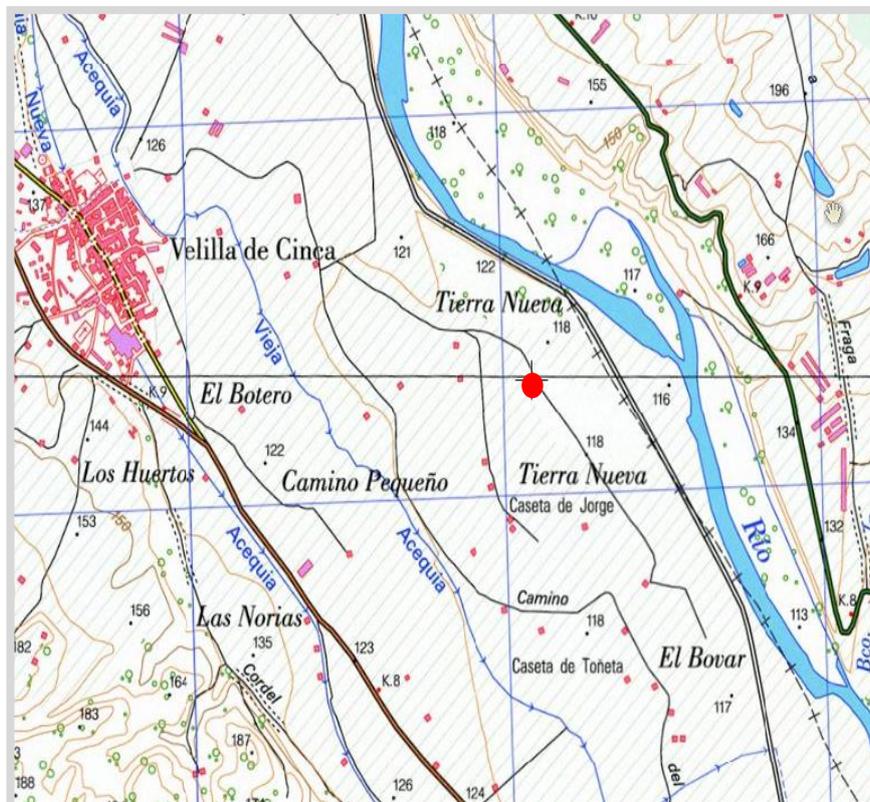
Este piezómetro se encuentra ubicado, desde el punto de vista hidrogeológico, probablemente en las cercanías de la zona de descarga de dicho acuífero hacia el río Cinca. Su objetivo hidrogeológico es cortar las gravas con arenas y arcillas, de edad cuaternaria, de los depósitos aluviales del río Cinca alcanzando, el sustrato de materiales terciarios correspondientes a las facies lutíticas y margosas del Oligoceno.

## **2. LOCALIZACIÓN**

El sondeo se sitúa en el área recreativa de Velilla de Cinca en la parcela 157 del polígono 8 de titularidad municipal. Se accede al mismo tomando la primera calle a la izquierda una vez que se cruza el canal a la entrada de Velilla de Cinca desde Ballobar. Tras recorrer unos metros por el cauce de un barranco acondicionado, hay que tomar el desvío hacia el parque y una vez se llega al área recreativa donde se localiza el sondeo a la entrada de ella.

Las coordenadas UTM (ED-50 Huso 31) del punto son:

X: 273070      Y: 4607310      Z: 141 m.s.n.m



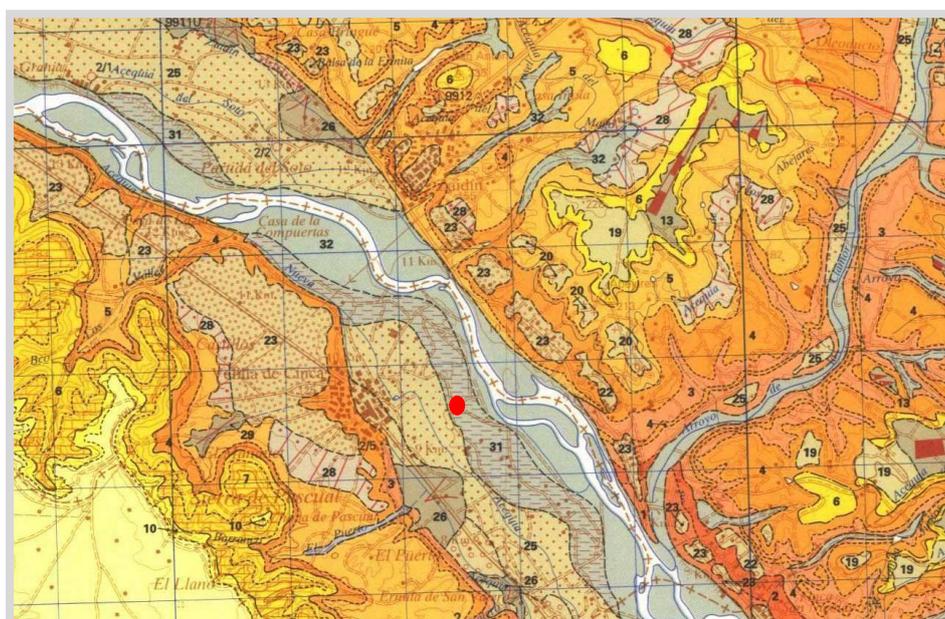
**Figura 1. Ubicación del piezómetro sobre base topográfica 1:25.000.**



**Figura 2. Ubicación del piezómetro sobre base del SIGPAC.**

### 3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

El sondeo se sitúa sobre depósitos cuaternarios del río Cinca en las cercanías de la localidad de Velilla de Cinca. Se ha emboquillado en el contacto entre los depósitos de la llanura aluvial y de la terraza baja del río Cinca, en las cercanías del cauce del río. Estos depósitos se disponen horizontalmente sobre los materiales del terciario que afloran en los márgenes del valle excavado por el Cinca, antes de la localidad de Fraga de manera que estas terrazas bajas, constituyen depósitos irregulares de no mas de 10 a 15 metros de espesor con contactos erosivos sobre los materiales Oligoceno de la depresión del Ebro. Estos últimos, consisten en la facies basales, de carácter lutítico, a veces algo carbonatado, de la unidad superior del Oligoceno (U.T.S T-4) que conforman la base de los niveles calcáreos, de la Fm. Torrente de Cinca, que afloran en los márgenes del valle con una disposición subhorizontal o con muy escaso buzamiento hacia el S o SE.



**Figura 3. Ubicación del piezómetro sobre la Cartografía Geológica MAGNA 1:50.000 (387) Fraga.**

## 4. MARCO HIDROGEOLÓGICO

El sondeo se localiza en el dominio hidrogeológico 4: "Depresión del Ebro". Este dominio tiene forma triangular y corresponde a la Cuenca Terciaria del Ebro limitada al N por los Pirineos, al SO por la Cordillera Ibérica y al SE por la Cordillera Costero-Catalana.

Geológicamente se corresponde con el relleno paleógeno y neógeno de la cuenca sobre un sustrato mesozoico o paleozoico de carácter autóctono. Con carácter general la extensión de este dominio se establece por exclusión, toda vez que ya se han definido todos los demás dominios de la cuenca. Los límites N y SO coinciden con los frentes de cabalgamiento pirenaico e ibérico respectivamente. Ambos tienden a converger hacia el O de la cuenca: el primero en su continuación por el frente de cabalgamiento del dominio Vasco-Cantábrico y el segundo en el frente de cabalgamiento de la Sierra de La Demanda. En el extremo occidental, entre ambos, se sitúa el corredor terciario de La Bureba, que conecta la depresión del Ebro con la del Duero y en el que se emplazan algunos afloramientos cretácicos (manantial de San Indalecio en Belorado) que podrían corresponder al yacente autóctono de la cuenca. En el tercio oriental del límite meridional, se adopta el río Ebro como límite del dominio ya que existen evidencias de afloramientos (Puigmoreno) y subafloramientos (sondeos de Caspe, etc.) ibéricos algo al S del Ebro.

El límite oriental coincide, de forma aproximada, con el de límite hidrográfico de la cuenca y con la prolongación de diversas estructuras cabalgantes por la Cordillera Costero Catalana. Engloba a los acuíferos aluviales del río Ebro y sus principales afluentes. Este dominio se caracteriza por la presencia de importantes acuíferos aluviales que descansan sobre materiales poco permeables del Terciario.

Dentro de estos acuíferos aluviales se encuentran los que conforman los depósitos aluviales del río Ebro y sus afluentes. De entre estos se encuentra los de la Unidad Hidrogeológica que conforma el Aluvial del Río Cinca antes de su confluencia con el Segre. Estos materiales conforma la Masa de Agua denominada Aluvial del Cinca 060.

En esta masa de agua se reconoce un solo acuífero formado por los aluviales del río Cinca. Con una extensión de 270 km<sup>2</sup> de extensión, engloba los aluviales del bajo Cinca, desde Monzón hasta su confluencia con el Segre. Sus límites se definen según la extensión de los depósitos aluviales del Cinca aguas abajo de la localidad de Poblado Monsanto, hasta su confluencia con el Segre.

Se emplaza en el sector centro-septentrional de la depresión terciaria del Ebro. El yacente geológico está constituido por una potente serie de arcillas y margas terciarias de edad Oligocena que se dispone de manera horizontal o con muy suaves buzamientos. El límite circundante del aluvial está formado por los materiales terrígenos continentales, de baja permeabilidad, de la cuenca terciaria del Ebro, que definen también el sustrato impermeable.

La geometría de este acuífero aluvial, es la típica de estos depósitos, con una notable heterogeneidad granulométrica tanto lateral como vertical.

El aluvial del Cinca se encaja en el Terciario de la depresión del Ebro. A ambos márgenes, los materiales aluvionares se disponen en terrazas escalonadas sobre un yacente, predominantemente arcilloso, impermeable. La única terraza conectada con el río es la baja, formada por gravas limpias de tamaño grande, calcáreas y con una alta permeabilidad. Constituye el acuífero principal. El segundo nivel de terraza está formado por cantos de calizas, areniscas, granitos, etc., de procedencia pirenaica y se encuentra, a veces, aislado del río por afloramientos miocenos impermeables.

Los niveles superiores carecen de interés hidrogeológico por ser de escasa extensión superficial y estar desconectados del sistema río-aluvial. Por el propio proceso de sedimentación fluvial que ha generado estos niveles, las capas no tienen continuidad lateral ni vertical. Se disponen con geometrías lenticulares y potencia variable. No se dispone de información sobre su espesor que, a juzgar por la profundidad de las pequeñas explotaciones inventariadas, no excede de unos 15 m. El espesor saturado es por término medio de unos 6 m.

En cuanto a las direcciones del flujo subterráneo son paralelas al río, hacia el que descarga. Las campañas piezométricas realizadas han puesto de manifiesto una considerable elevación de los niveles piezométricos en los meses de verano, coincidiendo con las épocas de riego, a la par que desciende el nivel de base del río. En las épocas sin riego ocurre el fenómeno contrario, produciéndose por tanto una disminución del gradiente.

El área de recarga está constituido por toda la extensión del acuífero aluvial. En la recarga del acuífero intervienen cuatro mecanismos: retornos de riego con agua derivada aguas arriba de origen superficial (Canal de Aragón y Cataluña y Canal del Cinca), infiltración directa de agua de lluvia sobre las terrazas, infiltración de pequeños afluentes laterales al llegar a los materiales permeables en contacto con las terrazas e infiltración del río que recarga el acuífero.

De entre ellos, los retornos de riego constituyen el principal mecanismo de recarga, estimándose en 28 hm<sup>3</sup>/año (ITGE, 1982). Las infiltraciones por lluvia y de la escorrentía lateral no suponen ningún aporte cuantitativo importante, aunque la infiltración de los pequeños afluentes laterales tiene cierto interés cualitativo por cuanto contribuye a aumentar el contenido en sulfatos de las aguas del acuífero.

La descarga natural se realiza hacia el río Cinca y mediante bombeos. La relación río – acuífero está condicionada por la dinámica fluvial, el régimen de lluvias y las campañas de riego.

En cuanto a su Hidroquímica, Los análisis químicos de los pozos del aluvial pertenecientes a los puntos de la red histórica, muestran una compleja facies mixta de tipo Ca-Na-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Cl en el pozo 311450003 (Albalate de Cinca), con una C.E. en torno a 1.300 µS/cm. Hacia el S, la facies evoluciona al tipo Ca-Na-SO<sub>4</sub>, más mineralizada y con una C.E. en torno a 2.500 µS/cm..

Se trata de una zona con un importante desarrollo agrícola de regadío al amparo del Canal de Aragón y Cataluña, por la margen izquierda, y del Canal del Cinca en su margen derecha. La mayor parte de la superficie del acuífero está ocupada por terrenos agrícolas, con cultivos predominantemente de regadío donde destacan los frutales.

Se ha comprobado el impacto de estas actividades que han generado una contaminación por nitratos. A excepción de la zona norte, en prácticamente todo el aluvial se han encontrado concentraciones de nitratos no demasiado altos, por debajo de 25 mg/l. Las zonas más contaminadas, con concentraciones medias entorno a los 50 mg/l, se encuentran en la zona media del aluvial y en las terrazas altas de poco espesor y baja permeabilidad. También se ha registrado un episodio de contaminación puntual en Monzón por clorobencenos de origen industrial. Existen numerosas industrias IPPC ubicadas a lo largo del aluvial del Cinca, muchas de ellas en el término municipal de Monzón. Además, la localidad de Fraga vierte sus aguas residuales sin depurar al cauce del río Cinca.

Estas presiones significativas ponen en riesgo cualitativo a esta masa de agua subterránea, agravado por su elevada vulnerabilidad a la contaminación por tanto, se trata de una Masa de agua en riesgo de no alcanzar los objetivos químicos establecidos por la DMA.

## **5. EQUIPO DE PERFORACIÓN**

La perforación del sondeo y construcción del piezómetro ha sido realizada por la empresa Hijos de Manuel Ruiz de Pablo S.C. como subcontratista de la Compañía General de Ingeniería y Sondeos C.G.S., S.A.

Se ha contado con un equipo de perforación a Percusión compuesto por una Máquina SCHOTT –DUBON con una potencia de 200 CV y 2.400 revoluciones por minuto, que cuenta con un motor Pegaso.

## **6. DATOS DE LA PERFORACIÓN**

La perforación se inicia el 11 de Mayo de 2010 a las 12:00 horas y se termina el 12 de Mayo de 2010 a las 9:30 horas.

Se comienza a perforar a las 12:30 h, aproximadamente, una vez que se ha ubicado la máquina y se han realizado los preparativos necesarios.

Conforme se van perforando, los primeros centímetros, se va hincando una tubería de acero, que hace de entubación auxiliar, con el fin de evitar el colapso de los materiales superficiales. Esta tubería alcanza una profundidad, aproximada, de metro y medio. Una vez hincada, se continúa perforando por su interior con el mismo trépano (de 390 mm).

Debido a la naturaleza de los materiales atravesados (gravas) y a la presencia del nivel freático a, más o menos; un metro de profundidad, se hace

necesario introducir una tubería de 400 mm de diámetro para dar estabilidad a las paredes del sondeo, en los primeros 4 metros de perforación, que será extraída una vez colocada la tubería definitiva.

A lo largo de esta jornada se perforan una totalidad de 18 m, con un diámetro de 390 mm. Se retoma la perforación al día siguiente, finalizándose la misma a los 21 metros por indicación de la A.T. y de acuerdo con la Dirección de Obra. Con posterioridad se sabe que, en el intervalo entre los 9 y 12 metros, se atravesaron, claramente, niveles de materiales terciarios sin que se pusiera en conocimiento de la A.T ni de la dirección de obra para dar instrucciones sobre la continuidad o no del sondeo.

Durante la perforación se han constatado aportes de agua en el intervalo entre 1 y 1,2 metros y entre 6 y 7 metros de profundidad. (*Ver Anejo Nº 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 (ver tabla 1). Cada 5 metros se selecciona una porción de muestra representativa que se guarda en su correspondiente bote, bien identificado, para su depósito y guarda en la litoteca del IGME (Instituto Geológico y Minero de España).

0-5 m	Gravas con matriz areno-arcillosa, en su mayoría cuarcíticas y calcáreas redondeadas y heterométricas (desde 3 mm a 8 cm). La arena presenta un tamaño de grano medio. El color de esta matriz es marrón beige oscuro. La proporción de arcillas aumenta hacia muro,.
5-9 m	Arcillas con algo de arena media a gruesa, con alguna gravilla. De color rojizos a marrones mas arcillosas hacia la base.
9-12 m	Arcilla de color marrón ocre claro, que parece muy plástica, que presenta fragmentos carbonatados de color blanquecino.
12-15 m	Arcilla de color marrón ocre amarillento, plástica, que no presenta gravillas. La arcilla forma agregados que a priori parecen gravas, pero no lo son.
15-21 m	Arcillas plásticas de tonos marrones a ocre con patinas de oxido-reducción y restos de carbonatos

**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, puede ser: entre el metro 0 y 12, Cuaternario aluvial del Río Cinca y entre el 12 y 21 metros, Terciario correspondientes a las lutitas carbonatadas de edad Oligoceno.

## 8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

No se ha realizado testificación geofísica al ser un sondeo que, además de cortar materiales cuaternarios y alcanzar una profundidad muy pequeña, ha tenido que ser entubado conforme se avanzaba para evitar el colapso de las paredes.

## 9. ENTUBACIÓN REALIZADA

Se utilizan dos tipos de tubería: tubería de acero en tramos de 6 m de longitud, 350 mm de diámetro y 5 mm de espesor y tubería metálica en chapa

de acero de 180 x 4 mm, de los cuales se colocan 21 metros: 16,5 m corresponden a tubería ciega y 4,5 m de filtro de puentecillo.

En los niveles donde se produce el aporte de agua se coloca tubería, de filtro de puentecillo, de 180 mm de diámetro.

La situación de los tramos filtrantes viene dada por los aportes detectados durante la perforación.

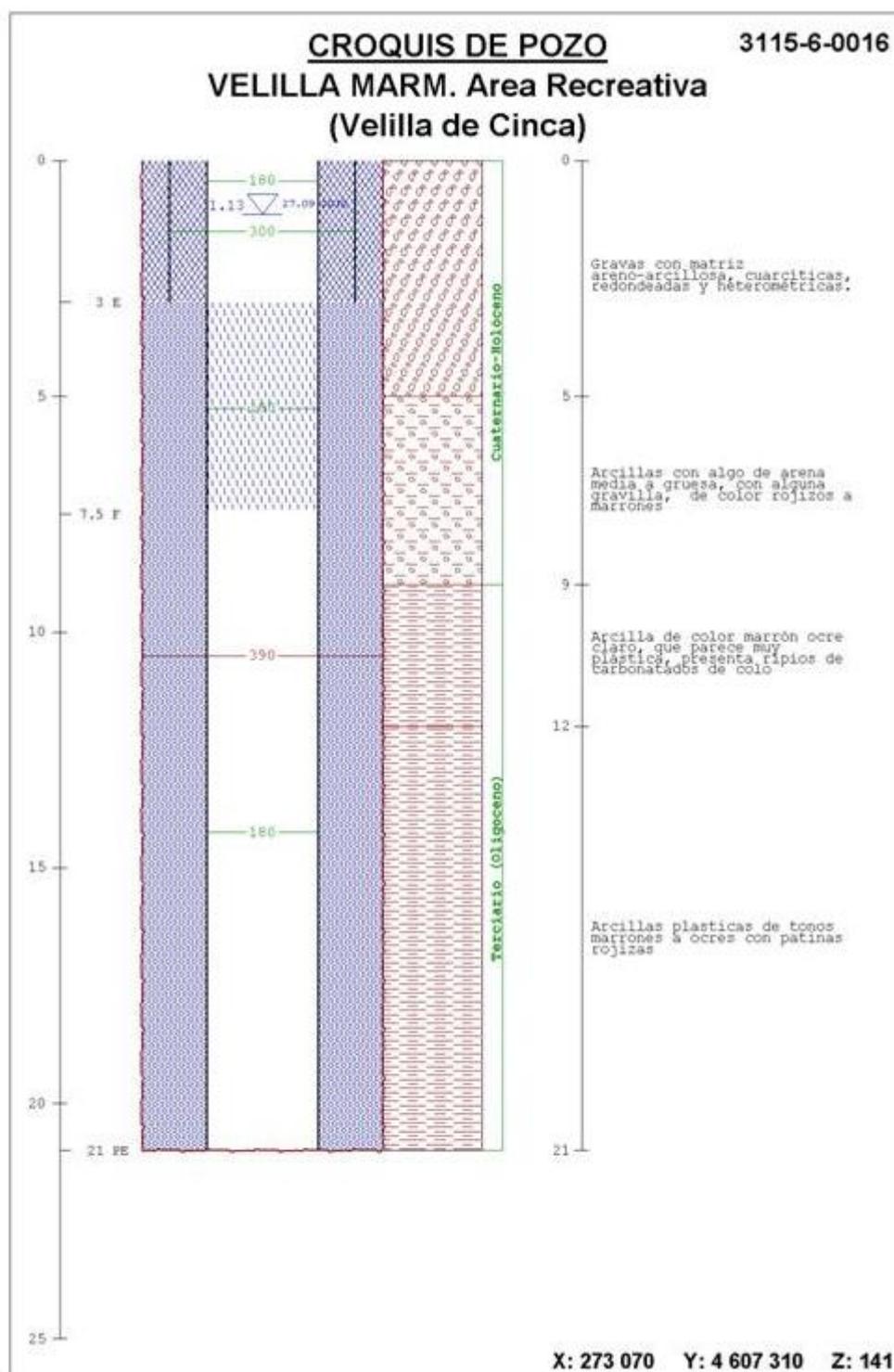
REVESTIMIENTO				
Tramo (m)	Diámetro tubería (mm)	Espesor pared (mm)	Tipo	Filtro
0-3	350	5	Acero al carbono	Ciega
0-3	180	4	Chapa de acero	Ciega
3-7,5	180	4	Chapa de acero	Filtro
7,5-21	180	4	Chapa de acero	Ciega

**Tabla 2. Entubación realizada.**

La unión entre tramos de tubería es mediante soldadura y la tubería se dispone apoyada sobre el fondo del sondeo y con tapa de fondo que impide que el aporte de sedimentos al interior de la misma.

Asimismo y para impedir que el aporte de finos produzca el cegado del sondeo se ha previsto la realización de un empaque de grava silíceá, con tamaño entre 4 a 6 mm calibrada y redondeada, de la que se introducen 6 toneladas entre la tubería definitiva (180 mm) y la pared del sondeo (390 mm). Así mismo se ha realizado una cementación de la parte superior del sondeo desde el metro 3 al metro 1.

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 1m<sup>2</sup> de base x 0.7m 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 por gravas poligénicas y heterométricas con matriz entre arenosa y arcillosa, pertenecientes a los depósitos de glaciares y aluviales que se atraviesan desde el comienzo del sondeo hasta el metro 9 aproximadamente.

Durante la perforación se detectan dos aportes de agua: el primero a partir de los 1,5 metros y el segundo entre los 6 a 7 metros de profundidad.

Después de la entubación (12 de Mayo de 2010) se mide el nivel piezométrico que se localiza, aproximadamente, entre 1 y 2 m. de profundidad debido a la influencia de la perforación. Con posterioridad se realizan nuevas medidas que se recogen en la tabla adjunta (tabla 3).

Fecha	Nivel (metros)
21/11/2010	2.02
20/10/2010	1.77
27/09/2010	1.13
23/08/2010	0.9
19/07/2010	1,31

**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 3 y 4 de Agosto de 2010 se realiza el ensayo de bombeo.

El equipo de bombeo está formado por un grupo generador marca Mecc Alte de 250 KVA, motor Fiat Alfo de 400 CV y una tubería de impulsión de 50 mm de diámetro. Se utiliza una bomba Belardi modelo 4F-13 con una potencia de 4 CV.

Se posiciona la bomba a 11 m y se mide el nivel a 1 metro. Se comienza el primer escalón a las 17:00 h con un caudal de 0,5 l/sg y se comprueba que se estabiliza, rápidamente, a los 2,18 metros por lo que se decide cambiar el caudal a 1 l/sg a las 17:30 h. En este escalón se ha medido un descenso de 1,18 m.

El segundo escalón se inicia a las 17:30 h, con una duración de 60 min. El nivel, al inicio, se encuentra a 2,18 m y, al final, a 3,67 m, con lo que el descenso producido es de 1,49 m. Al finalizar el mismo se decide incrementar el caudal hasta los 2 l/sg y se observa como rápidamente el nivel desciende, de manera acusada, llegando a la rejilla (11 metros) transcurridos únicamente 10 minutos desde el inicio del escalón. Se decide parar y se procede a recuperar el nivel: proceso que tiene lugar durante 20 minutos, en los que se observa que, el agua, entra en el sondeo, durante los primeros minutos, de forma bastante rápida. En estos 20 minutos se recupera completamente el nivel inicial del bombeo.

Se reanuda el bombeo con un caudal de 1,25 l/sg a las 19:00 h, sin embargo, debido al rápido descenso observado, y ante el temor de que el nivel se vaya de nuevo a la rejilla, se interrumpe el bombeo. El nivel al final de este escalón se encuentra a 11,00 m a los 20 minutos por lo que se decide dejarlo recuperar y empezar el escalón continuo con un caudal de 1 l/sg. La recuperación es rápida y en 10 minutos se vuelve el nivel inicial.

El escalón continuo da comienzo a las 19:30 h, con un caudal de 1 l/s, y tiene una duración de 1.080 minutos (18 horas), de manera que finaliza a las 13:30 h del 04/08/2010. Sin embargo, se observa que el nivel desciende, de manera acusada, trascurridas las primeras 15 horas, teniendo que descender el caudal a 0,75 l/sg pero aun así se observa como desciende el nivel a la rejilla (11,00 m) y se decide reducir el caudal a extraer a 0,50 l/s, lo que se traduce en un ascenso del nivel hasta 2,31 m que, posteriormente, se ha quedado en 2,34 m, al finalizar este escalón. Estos descensos puede deberse a los bombeos realizados por un pozo no inventariado que se encuentra a unos 400 a 500 metros.

Posteriormente se interrumpe el bombeo y se inicia la recuperación durante la que se observa como el nivel se recupera rápidamente el nivel inicial a los 10 minutos.

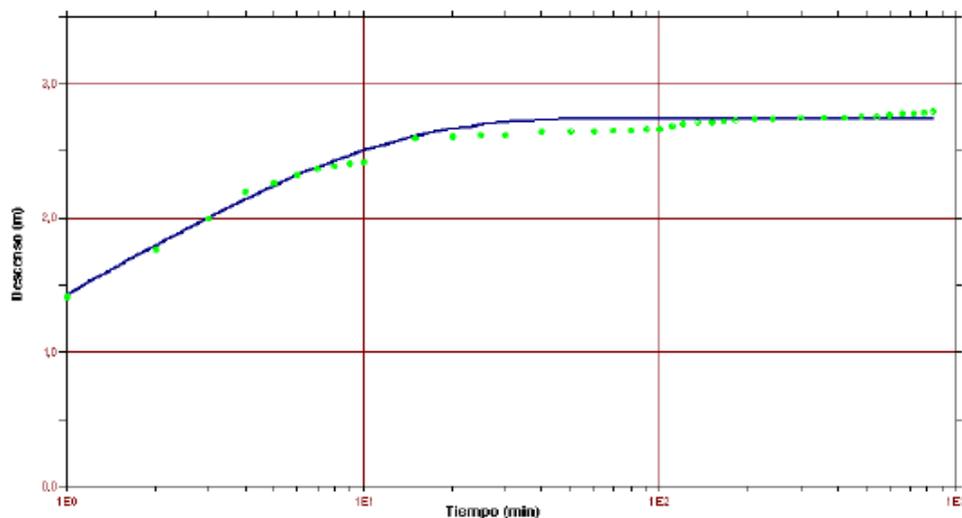
Escalón	Q(L/sg)	T(min)	N. inicial (m)	N. final (m)	Descenso (m)
<b>Escalón 1</b>	0,5	30	1	2,18	1,18
<b>Escalón 2</b>	1	60	2,18	3,67	1,49
<b>Escalón 3</b>	2	10	3,67	11,00 (r)	0,58
<b>Recuperación 1</b>	-	20	11,00 (r)	1	10 (ascenso)
<b>Escalón 4</b>	1,25	20	1	11,00 (r)	10
<b>Recuperación 2</b>	-	10	11,00 (r)	1	10 (ascenso)
<b>Escalón 5</b>	1	840	1	3,80	2,80
<b>Escalón 5</b>	0,75	120	3,80	11 (r)	8,20
<b>Escalón 5</b>	0.5	60	11 (r)	2,34	-
<b>Recuperación 2</b>	-	10	2,34	1	1,34 (ascenso)

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

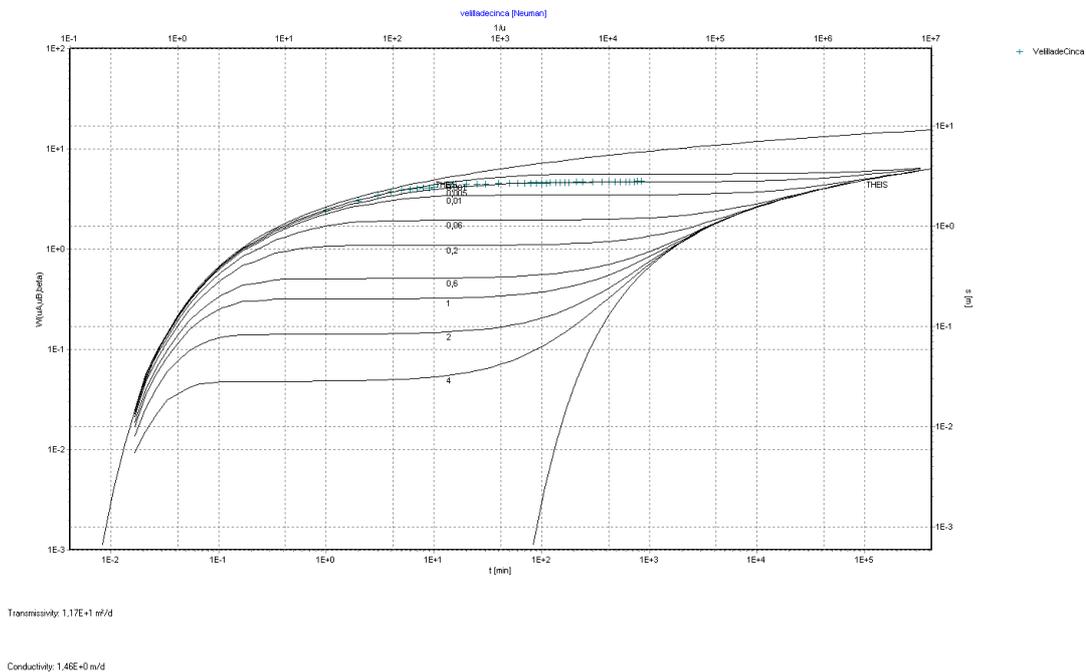
Los resultados de este ensayo de bombeo se han analizado e con el programa **Pibe 2.0** puesto a punto por el departamento de Ciclo Hídrico de la Diputación provincial de Alicante. Así como con el software de **Aquifer-Test**

**v.3.5** de la empresa *Waterloo Hidrogeologic*. Se ha supuesto que se trata de un acuífero de tipo libre por lo que se ha aplicado la modificación de Neuman de la ecuación de Theis y la simplificación de esta última por Cooper-Jacob, sin embargo como este acuífero puede ser interpretado como semiconfinado en algunos puntos, se ha analizado también empleando la ecuación de Hantusch, se han utilizado únicamente los datos correspondientes a los primeras 14 horas durante las que no se noto influencia de bombeos cercanos.

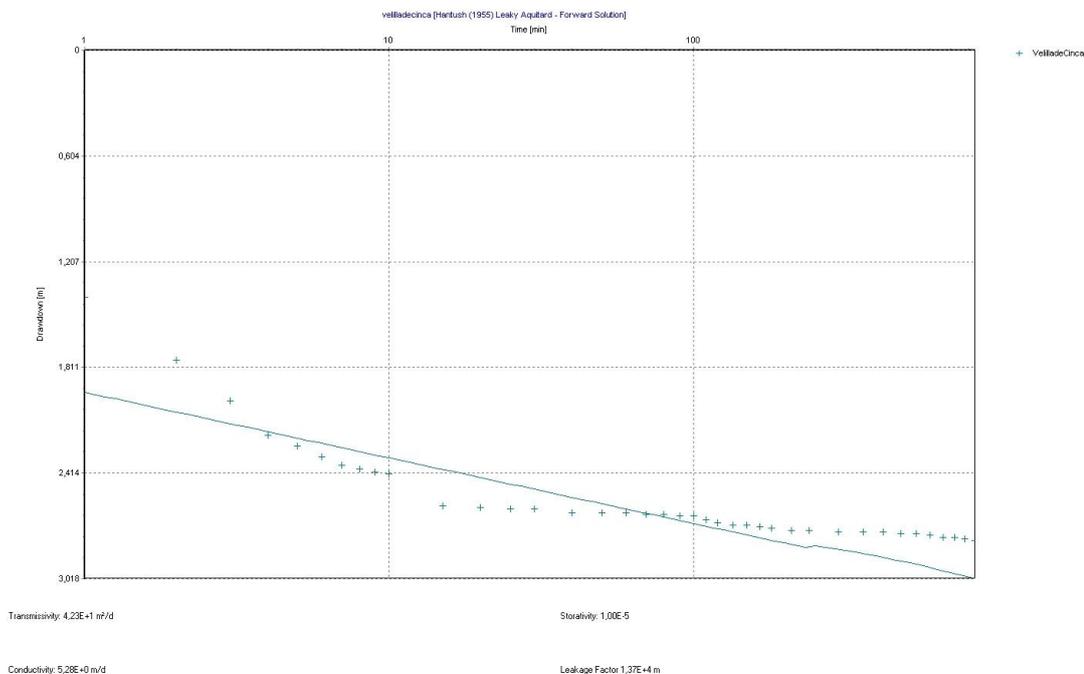
Con el Programa Pibe 2.0 es imposible ajustar la curva con el método de Neuman, pero si se puede realizar un excelente ajuste con el método de Hantusch. Presentando unos valores de **T: 11.26 m<sup>2</sup>/día** y un radio eficaz de 0,418 m, con una relación r/B de 0.12035.



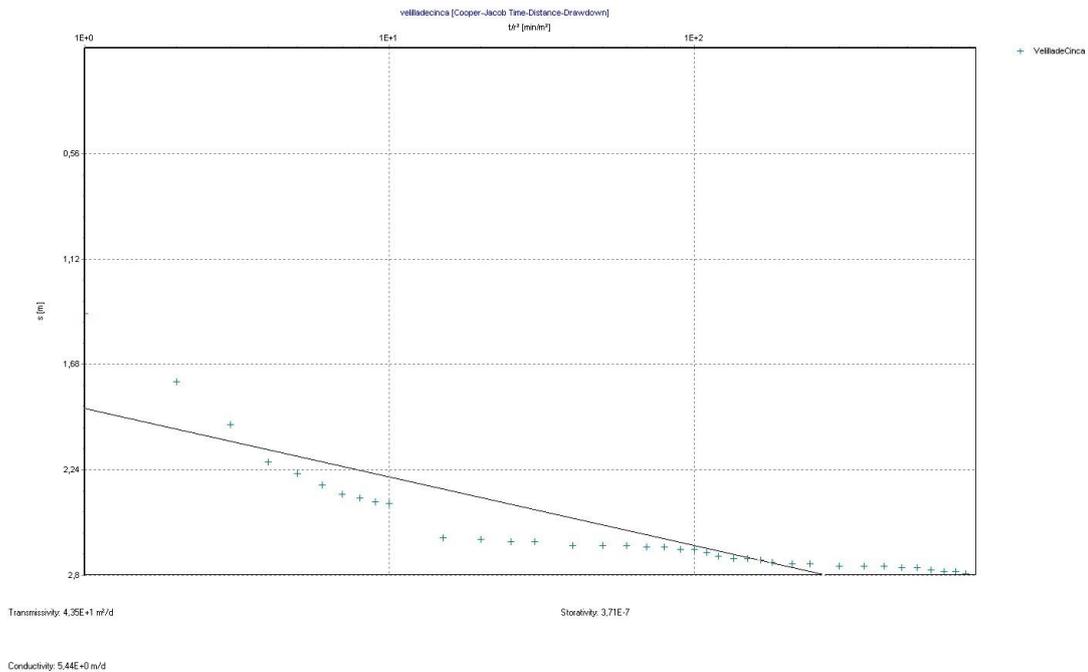
Con el **Aquifer-Test v.3.5** los valores obtenidos para el ensayo continuo, usando la solución de Neuman, se obtiene una transmisividad de **11,7 m<sup>2</sup>/día**



Con el **Aquifer-Test v.3.5** analizando los descensos obtenidos para el ensayo continuo y usando la solución de Hantusch, se obtiene una transmisividad de **T: 42,3 m<sup>2</sup>/día**, presentando la siguiente evolución.



Usando la simplificación de Cooper-Jacob de la ecuación de Theis se obtienen unos valores de transmisividad de **T: 43,5 m<sup>2</sup>/día**. Muy similar al anterior resultado.



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

- Escalón 1 (Q= 0,50 l/s)
  - Inicio del Escalón 1:
    - CE= 3.820 μS/cm
    - T<sup>a</sup> = 21,1 °C
    - pH= 7,30.
  
- Escalón 2 (Q= 1 l/s)
  - Final del Escalón 2:
    - CE= 1.480 μS/cm
    - T<sup>a</sup> = 22,7°C
    - pH= 6,68.

- Escalón 4 (Q= 1,25 l/s)
  - Final del Escalón 4:  
CE= 1.330  $\mu$ S/cm  
T<sup>a</sup> = 22,4 °C  
pH= 6,84.
  
- Escalón 5 (Q= 1 l/s a Q= 0,50 l/s ). Larga duración.
  - Inicio del Escalón 5:  
CE= 1.330  $\mu$ S/cm  
T<sup>a</sup> = 22,7 °C  
pH= 6,67.
  - Medio del Escalón 5:  
CE= 1.420  $\mu$ S/cm  
T<sup>a</sup> = 22,3 °C  
pH= 7,60.
  - Final del Escalón 5:  
CE= 1.470  $\mu$ S/cm  
T<sup>a</sup> = 22,8 °C  
pH= 6,56.

<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>			
<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>	<b>Profundidad (metros)</b>	<b>Descenso (metros)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
0	1,00	0	NE
1	2,41	1,41	1
2	2,77	1,77	1
3	3,00	2,00	1
4	3,20	2,20	1
5	3,26	2,26	1
6	3,32	2,32	1
7	3,37	2,37	1
8	3,39	2,39	1
9	3,41	2,41	1
10	3,42	2,42	
15	3,60	2,60	
20	3,61	2,61	1

<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>			
<b>Tiempo de bombeo (minutos)</b>	<b>Profundidad (metros)</b>	<b>Descenso (metros)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
25	3,62	2,62	1
30	3,62	2,62	1
40	3,64	2,64	1
50	3,64	2,64	1
60	3,64	2,64	1
70	3,65	2,65	1
80	3,65	2,65	1
90	3,66	2,66	1
100	3,66	2,66	1
110	3,68	2,68	1
120	3,70	2,70	1
135	3,71	2,71	1
150	3,71	2,71	1
165	3,72	2,72	1
180	3,73	2,73	1
210	3,74	2,74	1
240	3,74	2,74	1
300	3,75	2,75	1
360	3,75	2,75	1
420	3,75	2,75	1
480	3,76	2,76	1
540	3,76	2,76	1
600	3,77	2,77	1
660	3,78	2,78	1
720	3,78	2,78	1
780	3,79	2,79	1
840	3,80	2,80	1
900	4,86	3,86	1
960h	11,00	10	0,74
990	11,00	10	0,74
1020h	2,31	1,31	0,5
1035	2,34	1,34	0,5
1050	2,34	1,34	0,5
1065	2,34	1,34	0,5
1080	2,34	1,34	0,5

**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 Nº 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 tomó una muestra de agua en el *sondeo 090.060.001*, situado en el municipio de *Velilla de Cinca (Huesca)* al final del aforo, para su posterior análisis físico-químico. El muestreo se realizó el día 4 de agosto de 2010. Durante la toma de las muestras se llevaron a cabo las siguientes medidas *in situ*:

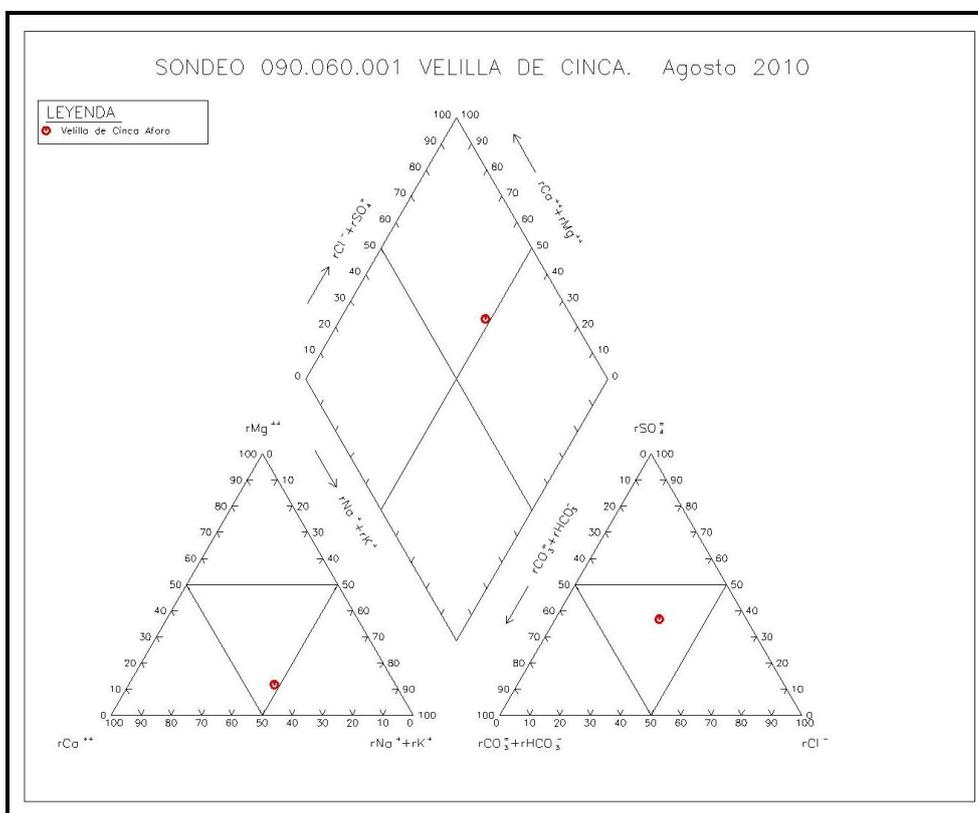
<b>DETERMINACIONES <i>IN SITU</i></b>	<b>Sondeo 090.060.001-Velilla de Cinca (muestra final del aforo) (04/08/2010)</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	22,8
<b>Conductividad (µS/cm)</b>	1470
<b>pH</b>	6,56

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

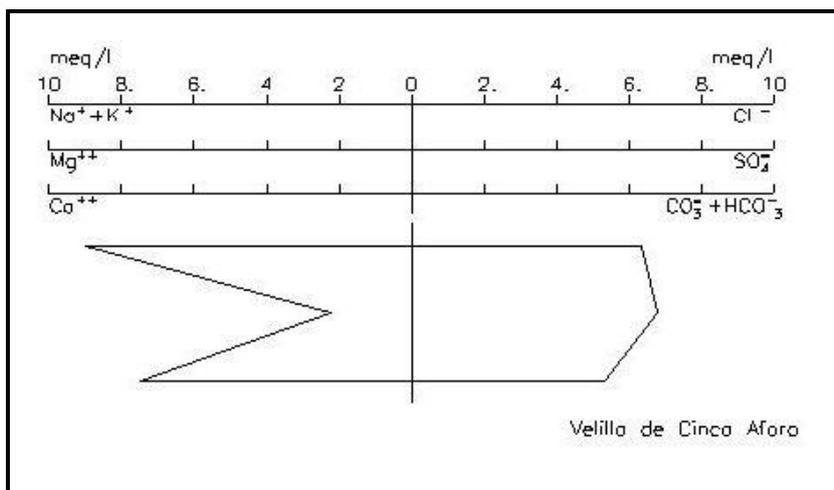
<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>Sondeo 090.060.001-Velilla de Cinca (muestra final del aforo) (04/08/2010)</b>
<b>AMONIO (mg/l)</b>	0,09
<b>ANHIDRIDO SILICICO (mg/l)</b>	9,22
<b>BICARBONATOS (mg/l)</b>	324,49
<b>BORO (mg/l)</b>	0,13
<b>CALCIO (mg/l)</b>	<b>149,62</b>
<b>CARBONATOS (mg/l)</b>	0,00
<b>CLORUROS (mg/l)</b>	<b>225,44</b>
<b>CONDUCTIVIDAD 20 °C (µS/cm)</b>	1648
<b>FOSFATOS (mg/l)</b>	0,27
<b>HIDROXIDOS (mg/l)</b>	0,00
<b>HIERRO (mg/l)</b>	0,02
<b>MAGNESIO (mg/l)</b>	26,64
<b>MANGANESO (mg/l)</b>	0,02
<b>NITRATOS (mg/l)</b>	4,43
<b>NITRITOS (mg/l)</b>	0,00

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>Sondeo 090.060.001-Velilla de Cinca (muestra final del aforo) (04/08/2010)</b>
<b>pH</b> (ud pH)	7,36
<b>POTASIO</b> (mg/l)	4,62
<b>SODIO</b> (mg/l)	<b>204,10</b>
<b>SULFATOS</b> (mg/l)	<b>324,87</b>
<b>Dureza</b> (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	485
<b>Facies hidroquímica</b>	<b>Sulfatado-clorurada sódico-cálcica</b>

Según los valores de conductividad eléctrica es un agua de MINERALIZACIÓN ALTA, por su dureza se considera un agua MUY DURA, y por su composición se clasifica como AGUA SULFATADO-CLORURADA SÓDICO-CÁLCICA (según clasificación de Piper, en función de iones dominantes), con un contenido alto en bicarbonatos, como también se observa en el diagrama de Stiff. Todo ello es consecuencia de la disolución de los materiales del acuífero aluvial y de las sales presentes en el sustrato terciario salino (con yesos).



**Figura 5. Diagrama de Piper. Sondeo 090.060.001–Velilla de Cinca.**



**Figura 6. Diagrama de Stiff. Sondeo 090.060.001–Velilla de Cinca.**

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*.

Teniendo en cuenta los constituyentes analizados, es un agua NO apta para el consumo, fundamentalmente por el contenido en *sulfatos y sodio*, que excede el límite fijado en el RD 140/2003. A pesar de que el contenido en cloruros es alto, no supera el límite permitido.

Sin embargo, si se consideran los indicadores de contaminación analizados (*nitratos, nitritos y amonio*), el agua no presenta problemas de calidad, ya que están presentes en contenidos bajos (el valor de nitratos es 4,43 mg/l y el de amonio es 0,09 mg/l) o indetectables, caso de los nitritos.

## 12. CONCLUSIONES

Se ha construido un piezómetro en el término municipal de Velilla de Cinca con objeto de tener un punto de medida de los niveles piezométricos, se utilizaban para la toma de muestras y medida de parámetros físico-químicos.

Con este nuevo piezómetro se pretende la caracterización del acuífero, determinar la calidad química del recurso y, adicionalmente, medir mensualmente la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua dentro del mismo.

El sondeo se ha realizado por el método de Percusión con diámetro de 390 mm y la profundidad alcanzada ha sido de 21 m.

El acuífero atravesado está constituido Gravas, arenas y arcillas de los depósitos de la terrazas bajas del Río Cinca cortándose el agua entre 1.5 a 7 metros de profundidad.

Actualmente el nivel estático se sitúa alrededor de los 1 a 2 metros de profundidad.

Los datos interpretados a partir del ensayo de bombeo dan unos valores de transmisividad que oscilan entre 11,26 y 43,5 m<sup>2</sup>/día

El agua extraída tras el bombeo tiene una MINERALIZACIÓN ALTA, se considera un agua MUY DURA, y por su composición se clasifica como AGUA SULFATADO-CLORURADA SÓDICO-CÁLCICA, con un contenido alto en bicarbonatos. Todo ello es consecuencia de la disolución de los materiales del acuífero aluvial y de las sales presentes en el sustrato terciario salino (con yesos).

Es un agua NO apta para el consumo, fundamentalmente por el contenido en *sulfatos y sodio*, que excede el límite fijado en el RD 140/2003. A pesar de que el contenido en cloruros es alto, no supera el límite permitido.

Sin embargo, si se consideran los indicadores de contaminación analizados (*nitratos, nitritos y amonio*), el agua no presenta problemas de calidad, ya que están presentes en contenidos bajos (el valor de nitratos es 4,43 mg/l y el de amonio es 0,09 mg/l) o indetectables, caso de los nitritos.



# **ANEJOS**



## **ANEJO N° 1: PERMISOS**





**AYUNTAMIENTO DE VELILLA DE CINCA  
(HUESCA)**

Ayuntamiento de VELILLA DE CINCA  
11 MAR 2008  
R. E. 134

**D<sup>a</sup> TERESA CARCELLER LAYEL  
JEFA DE SERVICIO TECNICO  
OFICINA DE PLANIFICACION  
HIDROLOGICA  
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL  
EBRO  
P<sup>o</sup> SAGASTA N<sup>o</sup> 24-28 50071 ZARAGOZA**

**Velilla de Cinca, a 4 de marzo de 2008**

**Adjunto remito, en cumplimiento de lo acordado en la sesión plenaria ordinaria celebrada el 27 de febrero de 2008, certificado del acuerdo adoptado referente a la solicitud presentada por la C.H.E. de disponibilidad de terrenos para la construcción y observación de un piezómetro.**

**Lo que le comunico para su conocimiento y efectos.**

**EL SECRETARIO**

**SERGIO CAMPILLO DOMECH**



**AYUNTAMIENTO DE VELILLA DE CINCA**  
**(HUESCA)**

D. SERGIO CAMPILLO DOMECA, Secretario – Interventor, del Ayuntamiento de Velilla de Cinca (Huesca).

**CERTIFICA:**

Que, según datos obrantes en esta Secretaría, en el borrador del acta celebrada en la Sesión ordinaria celebrada por el Ayuntamiento Pleno de Velilla de Cinca, de 27 de febrero de 2008, en el punto segundo, consta el siguiente acuerdo, que literalmente dice :

**4º. APROBACION SI PROCEDE, DE LA AUTORIZACION PRESENTADA POR CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO, PARA DISPONIBILIDAD DE TERRENOS PARA LA CONSTRUCCION Y OBSERVACION DE UN PIEZOMETRO.**

*Vista por los miembros del pleno, la documentación adjuntada en la solicitud presentada por la Confederación Hidrográfica del Ebro para poder disponer de unos terrenos en el municipio para la construcción y observación de un piezómetro. El Ayuntamiento Pleno tras previo y extenso debate al efecto, sometido el punto a votación obteniendo el voto favorable de la unanimidad de los miembros presentes ACUERDA:*

*PRIMERO. – La ocupación, de modo transitorio mientras dure la ejecución de la obra, de una extensión aproximada de 100m<sup>2</sup>: necesarios para construir un piezómetro en la localidad de Velilla de Cinca, en el punto de coordenadas UTM X: 773248, Y: 4608882 (polígono 8 parcela 157).*

*SEGUNDO.- La ocupación durante un periodo de treinta años , prorrogable al término del mismo, de un espacio de 1m<sup>2</sup>, en que estará situado el sondeo y la arqueta de protección del mismo.*

*TERCERO.- 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 realizar los trabajos de reparación o mantenimiento que sean necesarios.*

*CUARTO.- La reversión del bien inmueble cedido, si no se destinase al uso indicado en la solicitud presentada por la Confederación Hidrográfica del Ebro para la construcción y observación de un piezómetro.*

*QUINTO.- Delegar y Facultar en el Sr. Alcalde para la firma de la cesión y los documentos necesarios para su tramitación.*

Y para que conste y surta los efectos pertinentes, extendiendo el presente, con la salvedad prevista en el artículo 206 del Reglamento de Organización, Funcionamiento y Régimen Jurídico de las Entidades Locales, con el Visto Bueno del Sr. Alcalde, en Velilla de Cinca, a cuatro de marzo de 2008.

Vº Bº  
EL ALCALDE  
JOSE LUIS SANJUAN GALLINAT

EL SECRETARIO

SERGIO CAMPILLO DOMECA

**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 VELILLA DE CINCA (090.060.001)**

Localización Geográfica (UTM, Uso 31):

X: 273.073 Y: 4.607.305 Z: 113 (m s. n. m)

RESUMEN DE UNIDADES			
Perforación		0 – 21 m	390 mm
Entubación	Ciega	3 m	350 x 5 mm
		17 m	180 x 4 mm
	Filtro Puentecillo	4,5 m	180 x 4 mm
Limpieza		2 horas	

**10/05/2010**

**EMPLAZAMIENTO**

Se lleva a cabo la visita del emplazamiento con el alguacil del ayuntamiento por la mañana. En espera de la llegada de la máquina de perforación se localiza una retroexcavadora para que acondicione la zona de trabajo, desbrozándola. Esta tarea tiene lugar por la tarde (2 horas).



**Imagen 1.** Adecuación del emplazamiento del sondeo de Velilla de Cinca (Huesca).

El equipo de perforación llega por la noche, con retraso debido a que durante el traslado se ha producido el pinchazo de un neumático.

**11/05/2010**

### PERFORACIÓN

El equipo de perforación está compuesto por una Máquina SCHOTT –DUBON con una potencia de 200 CV y 2.400 revoluciones por minuto, que cuenta con un motor Pegaso.



**Imagen 2.** Emplazamiento del sondeo de Velilla de Cinca (Huesca).

Se comienza a perforar, una vez que se ubica la máquina en el punto a sondear y se han realizado los preparativos necesarios, a las 12:30 h, aproximadamente.

Conforme se van perforando los primeros centímetros, se va hincando una tubería de acero, que hace de entibación auxiliar, con el fin de evitar la inestabilidad de los materiales superficiales. Esta tubería tiene una profundidad aproximada de metro y medio. Una vez hincada en su totalidad, se continúa perforando por su interior con el mismo trépano (de 390 mm).



**Imagen 3.** Perforación del emboquille.

Debido a la naturaleza de los materiales atravesados (gravas) y a la presencia del nivel freático a un metro más o menos, se hace necesario introducir una tubería de 400 mm de diámetro para estabilizar las paredes del sondeo, en los primeros 4 metros de perforación, que será extraída una vez colocada la tubería definitiva.

A lo largo de esta jornada se perforan una totalidad de 18 m, con un diámetro de 390 mm.

**12/05/2010**

### PERFORACIÓN

Se continúa perforando, y se da por finalizado el sondeo a los 21 m de profundidad, según aparece en proyecto, a las 9:55 h.

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

- 0 – 5 m: Gravas con matriz areno-arcillosa, en su mayoría cuarcíticas, redondeadas y heterométricas (desde 3 mm a 8 cm). La arena presenta un tamaño de grano medio. El color de esta matriz es marrón beige oscuro. La proporción de arcillas aumenta hacia muro, siendo menor en los 3 m.
- 6 m: Arcilla con algo de arena media a gruesa, con alguna gravilla. De color similar a la capa anterior pero con cierto tono rojizo.
- 7 m: Arcilla que presenta una elevada compactación, y cierta dureza, de color marrón algo verdoso a rojizo. Parece bastante plástica.
- 8 m: Arcilla de color marrón rojizo, con alguna gravilla. Plástica.

- 9 – 11 m: Arcilla de color marrón ocre claro, que parece muy plástica, y presenta alguna a bastantes gravas carbonatadas de color blanquecino. Reacciona al HCl.
- 12 – 14 m: Arcilla de color marrón ocre amarillento, plástica, que no presenta gravillas. La arcilla forma agregados que a priori parecen gravas, pero no lo son.
- 15 m: Arcilla de color rojizo, quizás algo limosa, que presenta mayor grado de compactación. Con presencia de algún clasto arcilloso.
- 16 – 20 m: Arcilla de color ocre claro, plástica con indicios de gravillas y gravas finas de arenisca.
- 21 m: Arcilla muy compacta que reacciona con el HCl.

La composición de estos materiales arcillosos es carbonatada, ya que se observa en todas las muestras reacción frente al HCl.

Durante la perforación se han detectado dos aportes de agua, a 1,50 m y a 7 m, aproximadamente.



**Imagen 4.** Muestras obtenidas durante la perforación del sondeo de Velilla de Cinca.

## ENTUBACIÓN Y ENGRAVILLADO

A partir de la columna litológica se diseña la columna de entubación quedando de la siguiente manera:

Profundidad	Diámetro	Longitud	Tipo	Material
21 – 7,5	180 x 4	13,5 m	Ciego	Chapa de acero
7,5 - 3	180 x 4	4,5 m	Filtro Puentecillo	Chapa de acero
3- 0	180 x 4	3 m	Ciego	Chapa de acero

En total, la entubación final está constituida por 21 m de tubería metálica en chapa de acero de 180 x 4 mm, de los cuales 16,5 m corresponden a tubería ciega y 4,5 m corresponden a filtro puentecillo. La tubería se ha dispuesto apoyada y con una tapa de fondo, y sobresale con respecto al terreno medio metro.

La entubación comienza a las 11:30 h, siguiendo el diseño propuesto.



**Imagen 5.** Trabajos de soldadura durante la entubación.

Una vez colocada la tubería, se dispone el empaque de gravas (6 toneladas) hasta la profundidad de 3 m, a continuación se introduce en el sondeo la tubería de emboquille, de 350 x 5 mm.



**Imagen 6.** Colocación del empaque de gravas.

## LIMPIEZA

Se comienza con la fase de limpieza a las 15:50 h, mediante el método de valvuelo, y tiene una duración de 2 h.



**Imagen 7.** Realización de limpieza.

Se han tomado varias medidas de conductividad, una al comienzo de la limpieza de 2,39 mS/cm, otra hacia la mitad, con una conductividad de 2,06 mS/cm y otra antes de la finalización de la limpieza, de 1.989  $\mu$ S/cm. También se ha tomado una muestra de agua para su posterior análisis en el laboratorio.



**Imagen 8.** Medida de la conductividad in situ.

Durante la jornada de hoy, se ha producido la visita de Miguel Ángel Gutiérrez García, coordinador de Seguridad y Salud.

#### CIERRE Y SELLADO

Se lleva a cabo el cierre provisional del sondeo y la cementación del emboquille, desde los 3 m hasta una profundidad de 1m, mediante el empleo de hormigón.



**Imagen 9.** Aspecto final del cierre provisional del sondeo.

Esther Torresquebrada Aguirre.  
Elena Malo Moreno. Hidrogeólogas.



## **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 VELILLA DE CINCA (090.060.001)**

Localización Geográfica (UTM, Uso 31):

X: 273.073 Y: 4.607.305 Z: 113 (m s. n. m)

RESUMEN DE UNIDADES	
Profundidad de la bomba	11 m
Horas de bombeo	20 h.
Horas de recuperación	0,50 h

### ENSAYO DE BOMBEO

Llegada del equipo de aforos, a fecha 3 de agosto de 2010, al sondeo a las 13:45 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 manguera de impulsión de 50 mm de diámetro, de polietileno. Se utiliza una bomba Belardi modelo 4F-13 con una potencia de 4 CV situada a aproximadamente 11 m de profundidad.



*Imagen 1. Detalle de la bomba utilizada durante el ensayo.*



**Imagen 2.** Instalación del equipo de aforo.

El ensayo de bombeo comienza a las 17:00 h, una vez equipado el sondeo. Las características del ensayo de bombeo son las que se describen en la siguiente tabla:

	VELILLA DE CINCA				
	Q (l/s)	t (min)	N inicial	N final	s (m)
<b>Escalón 1</b>	0,50	30	1,00	2,18	1,18
<b>Escalón 2</b>	1	60	2,18	3,67	1,49
<b>Escalón 3</b>	2	10	3,67	11,00	7,33
<b>Recuperación 1</b>	-	20	11,00	1,00	10,00 (*)
<b>Escalón 4</b>	1,25	20	1,00	11,00	10,00
<b>Recuperación 2</b>	-	10	11,00	1,00	10,00 (*)
<b>Escalón 5</b>	1 – 0,50	1.080	1,00	2,34	1,34
<b>Recuperación 3</b>	-	10	2,34	1,00	1,34 (*)

(\*) El nivel asciende.

- **Escalón 1**

El Escalón 1 comienza a las 17:00 h y acaba a las 17:30 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 1,18 m.



*Imagen 3. Caudal extraído durante el primer escalón.*

- **Escalón 2**

Da comienzo a las 17:30 h, con un caudal de 1 l/s, y tiene una duración de 60 min. El nivel al inicio se encontraba a 2,18 m, y al final a 3,67 m, con lo que el descenso observado es de 1,49 m.



*Imagen 4. Caudal extraído durante el segundo escalón.*

- **Escalón 3**

Da comienzo a las 18:30 h, con un caudal de 2 l/s. El descenso observado es muy acusado, de manera que el nivel se sitúa en la rejilla (11,00 m) al transcurrir 10 minutos, siendo en total de 7,33 m.



*Imagen 5. Caudal extraído durante el tercer escalón (al final).*

Inmediatamente después, da comienzo la recuperación (Recuperación 1) con una duración de 20 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar el nivel inicial antes del comienzo del ensayo, de 1,00 m.

- **Escalón 4.**

Da comienzo a las 19:00 h, con un caudal de 1,25 l/s, y tiene una duración de 20 minutos. Debido al rápido descenso observado, y ante el temor de que el nivel se vaya de nuevo a la rejilla, se para de bombear. El nivel al final de este escalón se encuentra a 11,00 m.



*Imagen 6. Caudal extraído durante el cuarto escalón.*

Inmediatamente después, da comienzo la recuperación (Recuperación 2) con una duración de 10 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar el nivel estático del pozo (1,00 m).

- **Escalón 5 (larga duración).**

Da comienzo a las 19:30 h, con un caudal de 1 l/s, y tiene una duración de 1.080 minutos (18 horas), de manera que finaliza a las 13:30 h del 04/08/2010.

Durante las primeras 16 horas, el caudal extraído ha sido de 1 l/s, pero ante el descenso del nivel a la rejilla (11,00 m), se ha reducido el caudal a extraer a 0,50 l/s, por lo que se ha frenado el descenso, que se ha traducido en un ascenso hasta 2,31 m, que posteriormente, se ha quedado en 2,34 m, al finalizarse este escalón.



*Imagen 7. Caudal extraído durante el quinto escalón (1 l/s).*

Inmediatamente después, da comienzo la recuperación (Recuperación 2) con una duración de 10 min., donde el nivel del agua asciende hasta alcanzar los 1,00 m de profundidad (nivel estático).

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

- **Escalón 1 (Q= 0,50 l/s)**

Inicio del Escalón 1: CE= 3.820  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;  $T^a$  = 21,1 °C; pH= 7,30.

- **Escalón 2 (Q= 1 l/s)**

Final del Escalón 2: CE= 1.480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;  $T^a$  = 22,7°C; pH= 6,68.

- **Escalón 4 (Q= 1,25 l/s)**

Final del Escalón 4: CE= 1.330  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;  $T^a$  = 22,4 °C; pH= 6,84.

- **Escalón 5 (Q= 1 l/s a Q= 0,50 l/s ). Larga duración.**

Inicio del Escalón 5: CE= 1.330  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;  $T^a$  = 22,7 °C; pH= 6,67.

Medio del Escalón 5: CE= 1.420  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;  $T^a$  = 22,3 °C; pH= 76,60.

Final del Escalón 5: CE= 1.470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;  $T^a$  = 22,8 °C; pH= 6,56.



***Imagen 8. Análisis de parámetros in situ.***

Además, antes de finalizarse el último escalón, el de larga duración, se ha tomado una muestra de agua para su posterior análisis en el laboratorio.

Esther Torresquebrada Aguirre  
Hidrogeóloga.



Γ 7

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

L J

Fecha: 04 DE AGOSTO DE 2010

<b>Sondeo:</b> 090.060.001	<b>Termino municipal:</b> VELILLA DE CINCA	<b>Provincia:</b> HUESCA
----------------------------	--	--------------------------

<b>Comienzo:</b> Día 03/08/2010 Hora 17:00 NE. 1,00	<b>Terminación:</b> Día 04/08/2010 Hora 13:30 ND.11,00
---	--

<b>Grupo generador</b>	<b>Grupo motobomba</b>	<b>Perforación 21 m.</b>	
<b>Marca:</b> MECC-ALTE	<b>Marca:</b> BELARDI	144 Ø PVC m	<b>Profundidad rejilla:</b> 11 m.
<b>KVA.:</b> 250	<b>Tensión:</b> 760		<b>Q. medidas con:</b> TUBO PITOT
<b>Motor:</b> FIAT-AIFO	<b>Tipo:</b> 4F-13		<b>Niveles medidos con:</b> SONDA
<b>Potencia:</b> 400 CV	<b>Potencia:</b> 4 CV		<b>Ø Tubería:</b> 50 mm.

RECUPERACIÓN					
Tiempo minutos	Recuperación metros	Tiempo minutos	Recuperación metros	Tiempo minutos	Recuperación 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	1,00	NE	0m	ND	2,18	ND	0m	ND	3,67	ND
1m	0,5	2,25	COLOR	1m	1	3,25	CLARA	1m	2	5,00	COLOR
2m	0,5	2,18	COLOR	2m	1	3,14	CLARA	2m	2	6,00	SUCIA
3m	0,5	2,18	COLOR	3m	1	3,32	CLARA	3m	2	6,80	SUCIA
4m	0,5	2,18	COLOR	4m	1	3,37	CLARA	4m	2	7,67	SUCIA
5m	0,5	2,18	COLOR	5m	1	3,41	COLOR	5m	2	9,20	SUCIA
6m	0,5	2,17	COLOR	6m	1	3,47	COLOR	6m	2	10,00	SUCIA
7m	0,5	2,17	COLOR	7m	1	3,51	COLOR	7m	1,3	11,00	SUCIA
8m	0,5	2,17	COLOR	8m	1	3,53	COLOR	8m	1,3	11,00	SUCIA
9m	0,5	2,17	COLOR	9m	1	3,56	COLOR	9m	1,3	11,00	SUCIA
10m	0,5	2,18	COLOR	10m	1	3,57	COLOR	10m	1,3	11,00	SUCIA
15m	0,5	2,18	COLOR	15m	1	3,60	COLOR				
20m	0,5	2,18	COLOR	20m	1	3,62	COLOR				
25m	0,5	2,18	COLOR	25m	1	3,65	COLOR				
30m	0,5	2,18	CLARA	30m	1	3,67	COLOR				
				40m	1	3,67	CLARA				
				50m	1	3,67	CLARA				
				60m	1	3,67	CLARA				

1º Recuperacion				4º Escalon				2º Recuperacion			
Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.		Hora	Q l/s	N.D. m.	
0m		11,00		0m	NE	1,00	NE	0m	ND	7,38	ND
1m		7,53		1m	1,25	2,82	COLOR	1m		5,88	
2m		6,39		2m	1,25	3,47	COLOR	2m		4,86	
3m		5,38		3m	1,25	3,74	COLOR	3m		3,69	
4m		4,30		4m	1,25	4,08	COLOR	4m		2,15	
5m		2,70		5m	1,25	4,30	COLOR	5m		1,39	
6m		1,60		6m	1,25	4,57	COLOR	6m		1,09	
7m		1,19		7m	1,25	4,81	COLOR	7m		1,00	
8m		1,04		8m	1,25	5,06	COLOR	8m		1,00	
9m		1,00		9m	1,25	5,29	COLOR	9m		1,00	
10m		1,00		10m	1,25	5,51	COLOR	10m		1,00	
15m		1,00		15m	1,25	6,63	COLOR				
20m		1,00		20m	1,25	7,38	CLARA				

5º Escalon				3ª Recuperacion			
Hora	Q	N.D.		Hora	Q	N.D.	
	l/s	m.			l/s	m.	
0m	NE	1,00	NE	0m		21,34	
1m	1	2,41	COLOR	1m		1,22	
2m	1	2,77	COLOR	2m		1,09	
3m	1	3,00	COLOR	3m		1,00	
4m	1	3,20	COLOR	4m		1,00	
5m	1	3,26	COLOR	5m		1,00	
6m	1	3,32	COLOR	6m		1,00	
7m	1	3,37	COLOR	7m		1,00	
8m	1	3,39	COLOR	8m		1,00	
9m	1	3,41	COLOR	9m		1,00	
10m	1	3,42	CLARA	10m		1,00	
15m	1	3,60	CLARA				
20m	1	3,61	CLARA				
25m	1	3,62	CLARA				
30m	1	3,62	CLARA				
40m	1	3,64	CLARA				
50m	1	3,64	CLARA				
60m	1	3,64	CLARA				
70m	1	3,65	CLARA				
80m	1	3,65	CLARA				
90m	1	3,66	CLARA				
100m	1	3,66	CLARA				
110m	1	3,68	CLARA				
120m	1	3,70	CLARA				
135m	1	3,71	CLARA				
150m	1	3,71	CLARA				
165m	1	3,72	CLARA				
180m	1	3,73	CLARA				
210m	1	3,74	CLARA				
240m	1	3,74	CLARA				
5h	1	3,75	CLARA				
6h	1	3,75	CLARA				
7h	1	3,75	CLARA				
8h	1	3,76	CLARA				
9h	1	3,76	CLARA				
10h	1	3,77	CLARA				
11h	1	3,78	CLARA				
12h	1	3,78	CLARA				
13h	1	3,79	CLARA				
14h	1	3,80	CLARA				
15h	1	4,86	CLARA				
16h	0,74	11,00	CLARA				
16,5h	0,74	11,00	CLARA				
17h	0,5	2,31	CLARA				
	0,5	2,34	CLARA				
	0,5	2,34	CLARA				
	0,5	2,34	CLARA				
18h	0,5	2,34	CLARA				



## **ANEJO N° 6: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**



### INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 000037506

Solicitado por:

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

Denominación de la muestra:

SONDEO VELILLA DE CINCA- AFORO

Matriz: **Agua continental**

Nº de muestra: **000034417**

Tipo de muestra: **Puntual**

Tomada por: **El cliente**

Toma de Muestra: **04/08/2010**

Hora: **11:45**

Recepción: **17/08/2010**

Inicio análisis: **17/08/2010**

Fin análisis: **26/08/2010**

DETERMINACION	RESULTADO	INCERT. METODOLOGIA	
AMONIO	0,09 mg/l	±0,03	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	9,22 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SILI)
*BICARBONATOS	324,49 mg/l		Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,13 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	149,62 mg/l		Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l		Acidimetría, con fenoltaleína (PIE-ALCA)
CLORUROS	225,44 mg/l	±13,53	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	1648 µS/cm	±33	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,27 mg P-PO4 <sup>3-</sup> /l	±0,03	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	26,64 mg/l		Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	0,02 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
NITRATOS	4,43 mg/l	±0,53	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
NITRITOS	< 0,1 mg/l		Cromatografía iónica. (PIE-CION)
pH	7,36 ud. de pH	±0,37	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	4,62 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	204,10 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
SULFATOS	324,87 mg/l	±19,49	Cromatografía iónica. (PIE-CION)

\* Resultado aproximado (no acreditado):

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.*

**27 de agosto de 2010**



Fdo.: *Susana Avilés Espiñeiro*  
Leda. 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	225,44	6,36	34,35
SULFATOS	324,87	6,76	36,54
BICARBONATOS	324,49	5,32	28,73
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	4,43	0,07	0,39
SODIO	204,10	8,88	47,59
MAGNESIO	26,64	2,19	11,75
CALCIO	149,62	7,47	40,02
POTASIO	4,62	0,12	0,63

CLASIFICACIÓN DEL AGUA: **SULFATADA - SÓDICA**

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,05 °C
Sólidos disueltos	1273,96 mg/l
CO2 libre	22,54 mg/l
Dureza total	48,33 °Francés
Dureza total	483,30 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Dureza permanente	217,32 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	266,13 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad total	266,13 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca

### RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	2,47
$rNa+rK/rCa+rMg$	0,93
$rNa/rK$	75,13
$rNa/rCa$	1,19
$rCa/rMg$	3,41
$rCl/rHCO_3$	1,20
$rSO_4/rCl$	1,06
$rMg/rCa$	0,29
i.c.b.	-0,41
i.d.d.	-0,22

Nº Registro: 34417

**INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO Nº 000035346**

Solicitado por:

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

Denominación de la muestra:

VELLLA DE CINCA

Matriz: Agua continental

Nº de muestra: 000032568

Tipo de muestra: Puntual

Tomada por: El cliente

Toma de Muestra: 13/05/2010

Recepción: 03/06/2010

Inicio análisis: 03/06/2010

Fin análisis: 07/06/2010

DETERMINACION	RESULTADO	INCERT.	METODOLOGIA
AMONIO	< 0,04 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-AMON)
*ANHIDRIDO SILICICO	36,32 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-SIL)
*BICARBONATOS	207,15 mg/l		Acidimetría, con anaranjado de metilo (PIE-ALCA)
*BORO	0,13 mg/l		Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-BORO)
*CALCIO	158,32 mg/l		Complexometría (PIE-CALC)
*CARBONATOS	< 5 mg/l		Acidimetría, con fenolftaleína (PIE-ALCA)
CLORUROS	256,35 mg/l	±15,38	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
CONDUCTIVIDAD 20 °C	1818 µS/cm	±36	Electrometría (PIE-COND)
FOSFATOS	0,31 mg P-PO4 <sup>3-</sup> /l	±0,03	Espectrofotometría de absorción molecular (PIE-FOSF)
*HIDROXIDOS	0,00 mg/l		Volumetría (PIE-ALCA)
*HIERRO	0,07 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-FeAA)
*MAGNESIO	48,25 mg/l		Complexometría (PIE-DURE)
*MANGANESO	< 0,02 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-MnAA)
NITRATOS	12,31 mg/l	±1,48	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
NITRITOS	1,32 mg/l	±0,17	Cromatografía iónica. (PIE-CION)
pH	7,72 ud. de pH	±0,39	Electrometría (PIE-PH)
*POTASIO	13,61 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
*SODIO	218,58 mg/l		Espectrometría de absorción atómica en llama (PIE-NaKA)
SULFATOS	478,43 mg/l	±28,71	Cromatografía iónica. (PIE-CION)

\* Resultado aproximado (no acreditado):

AMONIO

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.

14 de junio de 2010



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	256,35	7,23	34,79
SULFATOS	478,43	9,96	47,92
BICARBONATOS	207,15	3,39	16,33
CARBONATOS	0,00	0,00	0,00
NITRATOS	12,31	0,20	0,96
SODIO	218,58	9,51	43,76
MAGNESIO	48,25	3,97	18,27
CALCIO	158,32	7,90	36,36
POTASIO	13,61	0,35	1,60

CLASIFICACIÓN DEL AGUA: **SULFATADA - SÓDICA**

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de congelación	-0,05 °C
Sólidos disueltos	1431,15 mg/l
CO2 libre	6,29 mg/l
Dureza total	59,40 °Francés
Dureza total	594,02 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Dureza permanente	424,22 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de bicarbonatos	169,90 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de carbonatos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad de hidróxidos	0,00 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad total	169,90 mg/l de CO <sub>3</sub> Ca

### RELACIONES GEOQUÍMICAS E INDICES DE EQUILIBRIO AGUA-LITOFACIE

rCl+rSO <sub>4</sub> /rHCO <sub>3</sub> +rCO <sub>3</sub>	5,06
rNa+rK/rCa+rMg	0,83
rNa/rK	27,31
rNa/rCa	1,20
rCa/rMg	1,99
rCl/rHCO <sub>3</sub>	2,13
rSO <sub>4</sub> /rCl	1,38
rMg/rCa	0,50
i.c.b.	-0,36
i.d.d.	-0,19

Nº Registro: 32568

**ANEJO N° 7: FICHA I.P.A. Y FICHA MMA**



## FICHA DE PIEZÓMETRO

TOPONIMIA		VELILLA MARM. Area Recreativa.			CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.412.001	
CÓDIGO IPA		3115-6-0016	Nº MTN 1:50.000	3115	MUNICIPIO		Velilla de Cinca	PROVINCIA
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO						
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		060   ALUVIAL DEL CINCA						
U. HIDROGEOLÓGICA		Depresión del Ebro						
ACUÍFERO(S)		06001   Cuaternario aluvial - Llanura de inundación y terrazas bajas						
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	773246	DATOS OBTENIDOS DE:		GIS-Oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS		BROCAL
	Y	4608921						
COTA DEL SUELO msnm	Z	141	DATOS OBTENIDOS DE:		GPS	ALTURA SOBRE EL SUELO m		0
POLÍGONO		8			PARCELA		157	
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Velilla de Cinca						
PERSONA DE CONTACTO								
ACCESO		El sondeo se sitúa en el área recreativa de Velilla de Cinca. Se accede al mismo tomando la primera calle a la izquierda una vez se cruza el canal a la entrada de Velilla de Cinca desde Ballobar. Tras recorrer unos metros por el cauce de un barranco acondicionado hay que tomar el desvío que está indicado como parque. Siguiendo esta indicación se llega al área recreativa, encontrándose el sondeo en las cercanías de la entrada al mismo.						

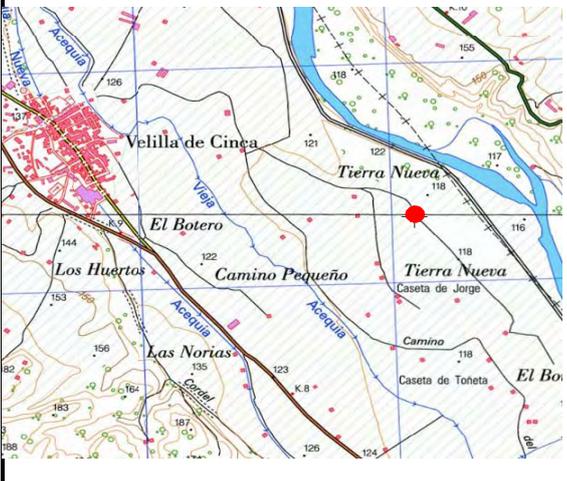
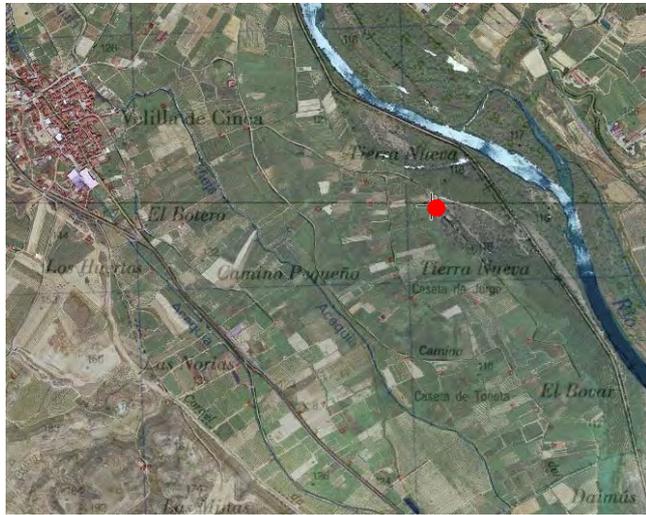
### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO

MÉTODO		Percusión		PROFUNDIDAD DEL SONDEO				21		EMPAQUE		SI	
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION			
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA		
0	21	390	0	3	300	Metálica	3	7,5	Puentecillo	0	3		
			0	21	180	Metálica							

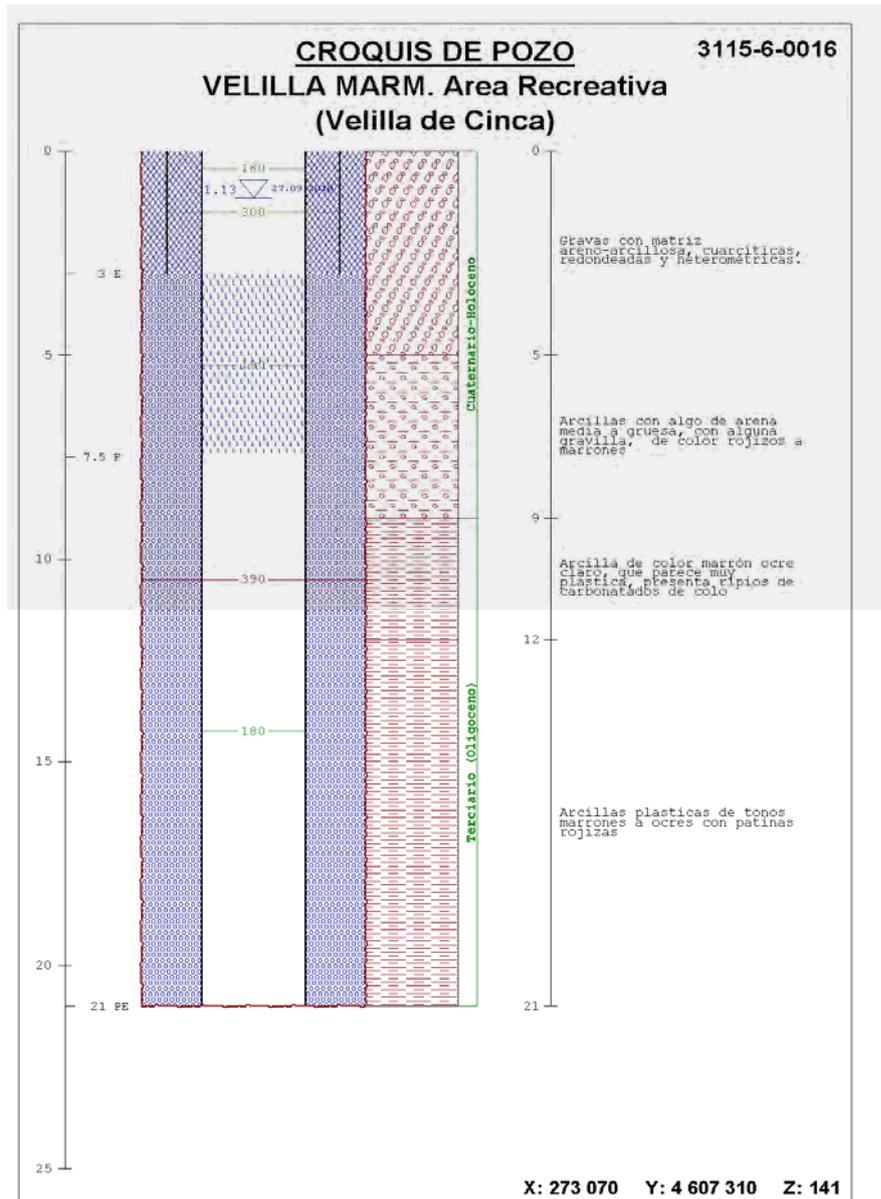
### HISTORIA

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

### LOCALIZACIÓN

MAPA TOPOGRÁFICO 1.50.000	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:** (3115) FRAGA

**UTMX:** 273070

**UTMY:** 4607310

**COTA:** 141

**Provincia:** HUESCA

**Municipio:** VELILLA DE CINCA

**Localidad:** VELILLA DE CINCA

**Paraje:** VELILLA MARM. Area Recreativa.

**Polígono:** 8

**Parcela:** 157

**Dominio Hidrogeológico:** Depresión del Ebro

**Unidad:** Aluvial del Cinca

**Acuífero:** Cuaternario aluvial

**Masa Subterránea A:** ALUVIAL DEL CINCA

**Masa Subterránea B:**
**Acuífero:** Cuaternario aluvial

**Redes:**

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

**Río:** CINCA

**Cuenca:** EBRO

**Acceso:** El sondeo se sitúa en el área recreativa de Velilla de Cinca. Se accede al mismo tomando la primera calle a la izquierda una vez se cruza el canal a la entrada de Velilla de Cinca desde Ballobar. Tras recorrer unos metros por el cauce de un barranco acondicionado hay que tomar el desvío que está indicado como parque. Siguiendo esta indicación se llega al área recreativa, encontrándose el sondeo en las cercanías de la entrada al mismo.

**Observaciones:** SONDEO PROYECTO ADECUACIÓN REDES DE PIEZOMETRÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

**CLAVE** 09.822-0003/2111


DSCN3489\_Velilla de Cinca (11/05/2012)

N°	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
28	TCL	CHE (OPH)	29/06/2012		meto ortoimagen de situación facilitada por Javier Ramajo.

## PERFORACIÓN

**Contratista:** CGS (Hijos de Manuel Ruiz de Pablo S.C)

**Año:** 2010

**Tipo perforación:** PERCUSION

**Profundidad total:** 21

**Observaciones:**

Desde	Hasta	Diámetro (mm)
0	21	390

## REVESTIMIENTO

Desde	Hasta	Diámetro(mm)	Espesor (mm)	Tipo	Empaque
0	3	300	5	Metálica ciega	CEMENTACION
0	3	180	4	Metálica ciega	EMPAQUE DE GRAVA
3	7.5	180	4	Metálica puentecillo	EMPAQUE DE GRAVA
7.5	21	180	4	Metálica ciega	EMPAQUE DE GRAVA

## LITOLOGÍA

**Descripción geológica:** El sondeo se localiza sobre los materiales de la terrazas bajas del Rio Cinca, atravesando los mismos y alcanza los materiales del oligoceno infrayacentes

Desde	Hasta	Litología	Edad	Tipo acuífero
0	5	GRAVAS	CUATERNARIO ALUVIAL	ACUIFERO
<b>Observaciones:</b> Gravas con matriz areno-arcillosa, en su mayoría cuarcíticas, redondeadas y heterométricas (desde 3 mm a 8 cm). La arena presenta un tamaño de grano medio. El color de esta matriz es marrón beige oscuro. La proporción de arcillas aumenta hacia muro, sien				
5	9	ARCILLAS	PLIOCUATERNARIO	
<b>Observaciones:</b> Arcillas con algo de arena media a gruesa, con alguna gravilla. De color rojizos a marrones mas arcillosa hacia la base				
9	12	ARCILLAS	OLIGOCENO	
<b>Observaciones:</b> Arcilla de color marrón ocre claro, que parece muy plástica, y presenta alguna a bastantes ripios carbonatados de color blanquecino. Reacciona al HCl.				
12	15	ARCILLAS	OLIGOCENO	
<b>Observaciones:</b> Arcilla de color marrón ocre amarillento, plástica, que no presenta gravillas. La arcilla forma agregados que a priori parecen gravas, pero no lo son.				
15	21	ARCILLAS	OLIGOCENO	
<b>Observaciones:</b> Arcillas plasticas de tonos marrones a ocre con patinas de oxido-reducción y restos de carbonatos				

## ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal (l/s)	Nivel Inicial (m)	Depresión (m)	Duración (h)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)	S	Fuente Información
04/08/2010	0	2.34	1.34	0			CHE (OPH)

**Observaciones:** Recuperación final

04/08/2010	0.5	11	8.66	0.1	CHE (OPH)
------------	-----	----	------	-----	-----------

**Observaciones:** Se tuvo que disminuir el bombeo al interferir el bombeo de un pozo que deprimio los niveles bruscaments

03/08/2010	1	1	-10	0.6	CHE (OPH)
------------	---	---	-----	-----	-----------

**Observaciones:** Escalón continuo

03/08/2010	0	7.38	6.38	0	CHE (OPH)
------------	---	------	------	---	-----------

**Observaciones:** Recuperación

03/08/2010	1.25	1	-6.38	0	CHE (OPH)
------------	------	---	-------	---	-----------

**Observaciones:** Cuarto escalón

03/08/2010	0	11	10	0	CHE (OPH)
------------	---	----	----	---	-----------

**Observaciones:** Recuperación

03/08/2010	2	3.67	-7.33	0	CHE (OPH)
------------	---	------	-------	---	-----------

**Observaciones:** Tercer escalón

03/08/2010	1	2.18	-1.49	0	CHE (OPH)
------------	---	------	-------	---	-----------

**Observaciones:** Segundo escalón

03/08/2010	0.5	1	-1.18	0	CHE (OPH)
------------	-----	---	-------	---	-----------

**Observaciones:** Primer escalón**PIEZOHIDROMETRÍA**

NIVEL: NIVEL1

Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica
18	2.02	0.9	1.12	1.5039	0.3177

**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.
04/08/2010	6.3504	6.7681	5.3195	0.0715	8.8739	2.2017	7.4623	0.1182	1470	6.6	0.7887	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
	225.44	324.87	324.49	4.43	204.1	26.64	149.62	4.62				
04/08/2010									1420	7.6		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

03/08/2010									1330	6.7	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
03/08/2010									1330	6.8	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
03/08/2010									1480	6.7	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
03/08/2010									3820	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
11/06/2010									2060		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
11/06/2010									2390		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
13/05/2010	7.2211	9.9673	3.3959	0.1985	9.5035	3.9876	7.8963	0.3481	1989	4.4807	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

---

256.35 478.43 207.15 12.31 218.58 48.25 158.32 13.61

---

**OTRAS FOTOS**



Acceso Vista general camino de acceso (01/09/2010)



Vista general (01/09/2010)



Vista general y de acceso Parque las Bardinas (01/09/2010)



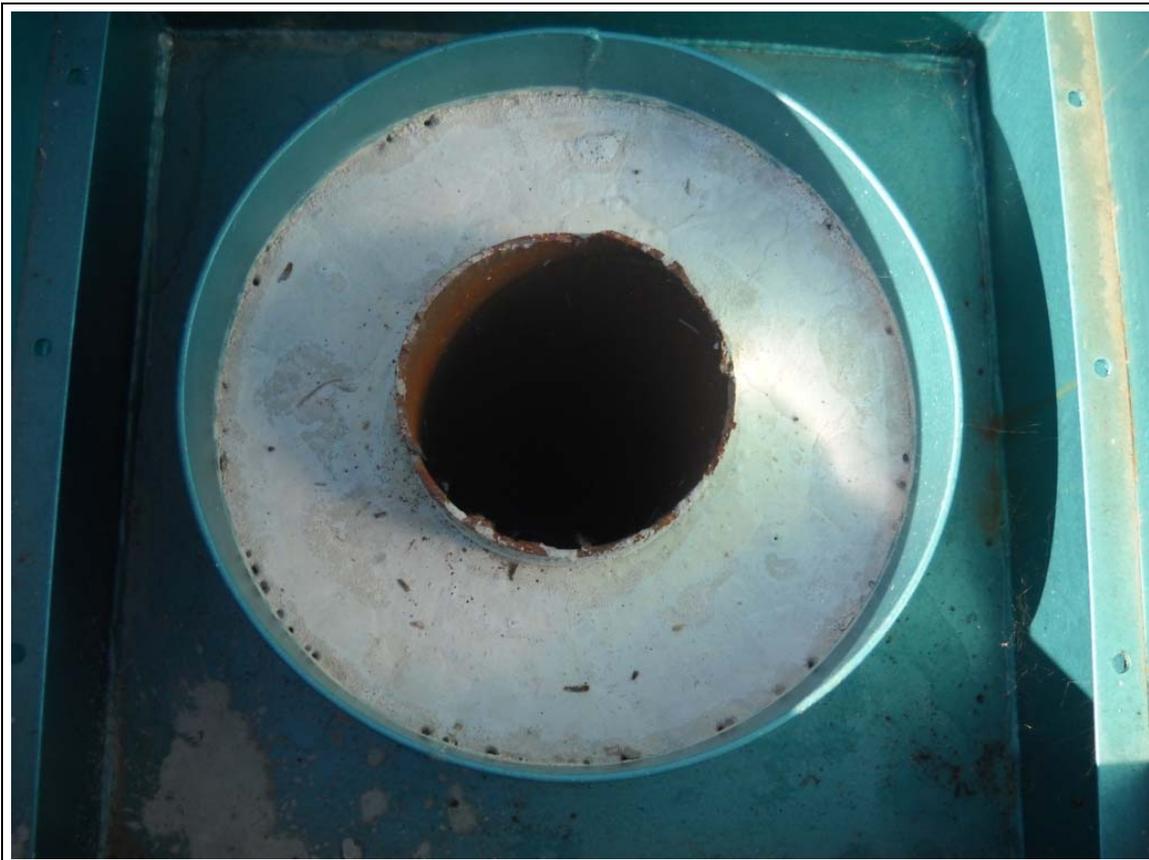
Vista de detalle (01/09/2010)



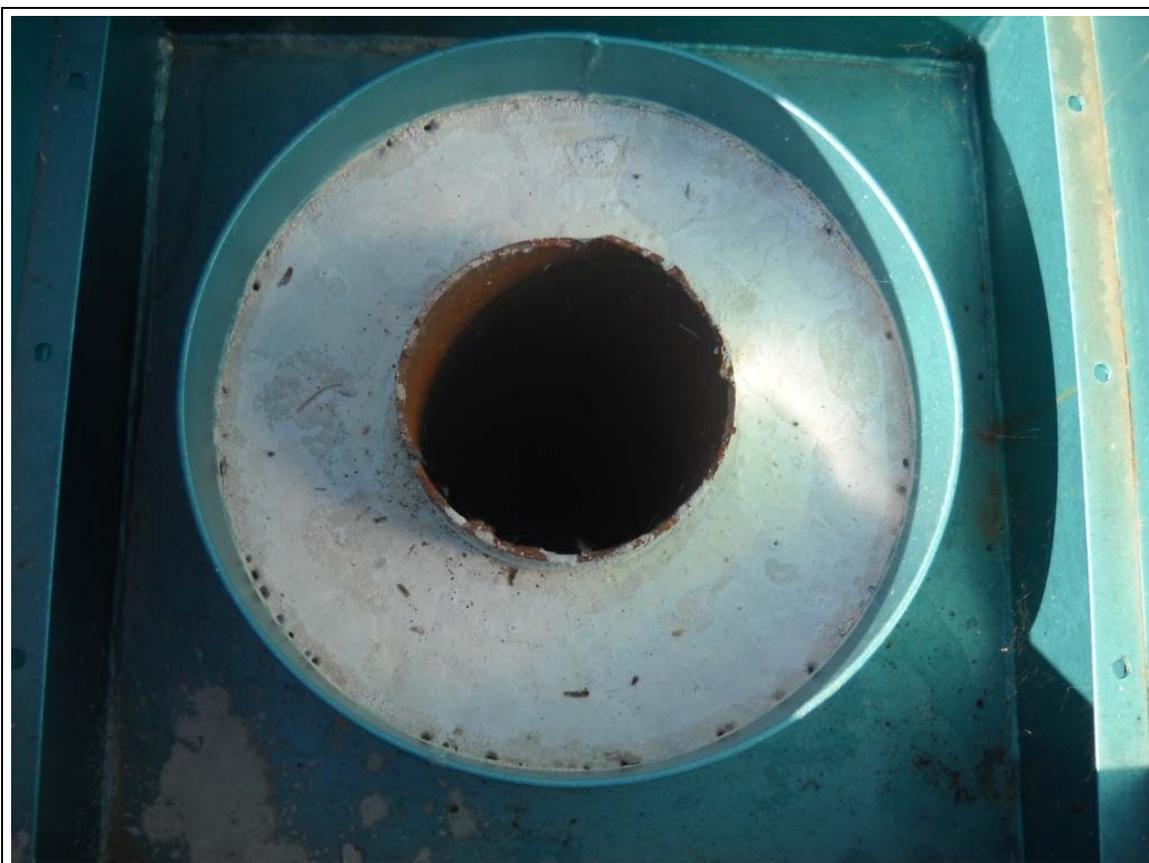
Vista detalle indicaciones de acceso (01/09/2010)



Vista detalle Parque las Bardinas (01/09/2010)



DSCN3486\_Velilla de Cinca (31/05/2012)



DSCN3486\_Velilla de Cinca (31/05/2012)



VELILLA DE CINCA (29/06/2012)





**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**

*Oficina de Planificación Hidrológica*

**INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

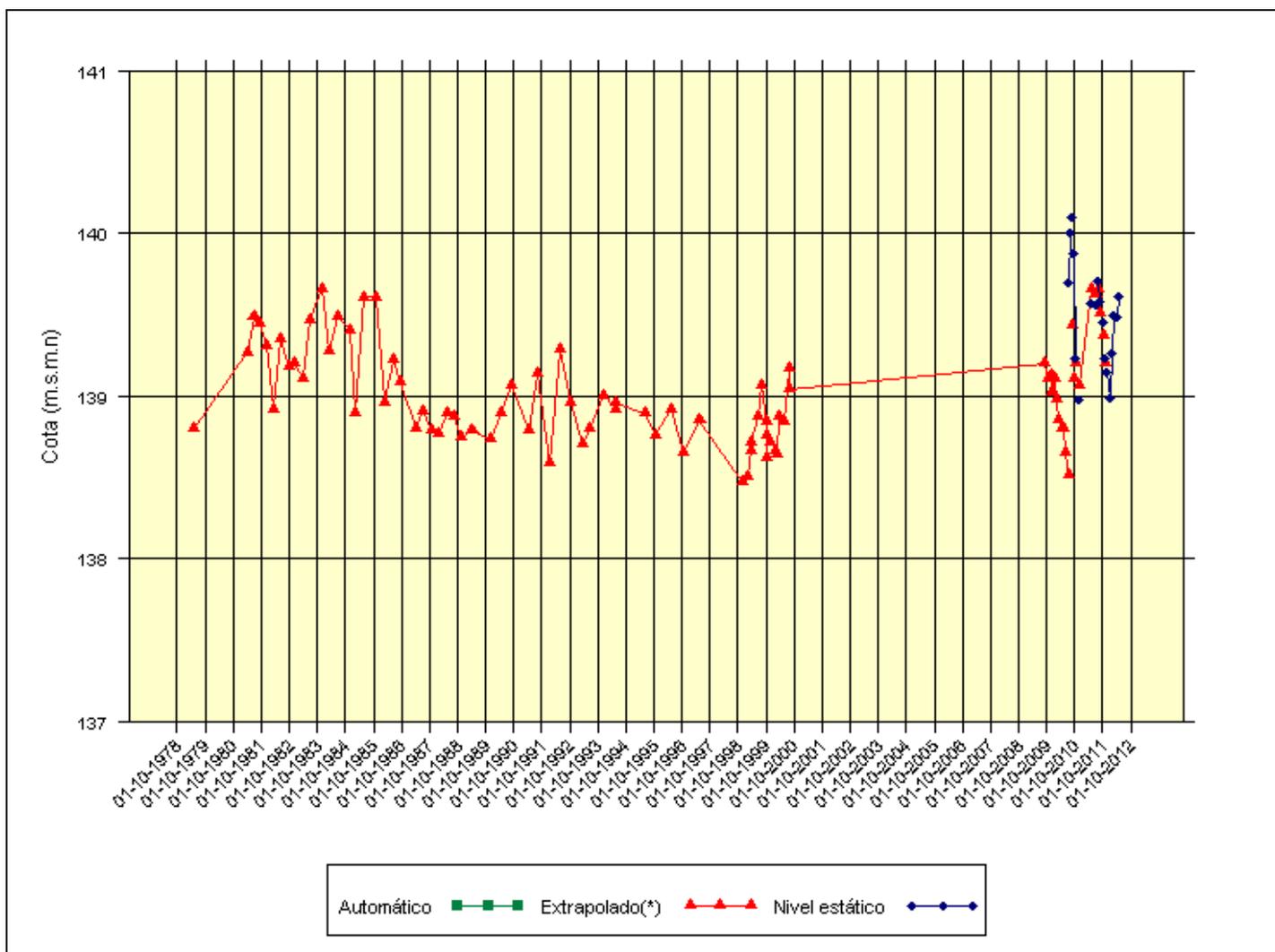
**CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN**

**Contacto:** Ayuntamiento de Velilla de Cinca (Ayuntamiento de Velilla de Cinca ). Tlf: 974461221 . .

**Cierre:** Llave MARM

**Referencia:**

**HIDROGRAMA NIVEL 1: cuaternario aluvial**



\*Extrapolado del punto 311450003

**ESTADÍSTICA PIEZOMÉTRICA NIVEL 1: cuaternario aluvial**

Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica
102	2.5273	0.9	1.6273	1.8967	0.3549

**MEDIDAS PIEZOMÉTRICAS RECIENTES NIVEL 1: cuaternario aluvial**

Fecha muestreo	Nivel (m)	Observaciones
08/05/2012	1.39	
13/04/2012	1.52	
06/03/2012	1.51	
08/02/2012	1.74	
10/01/2012	2.01	
07/12/2011	1.86	
10/11/2011	1.77	Extrapolado con el 311450003
14/10/2011	1.55	
08/09/2011	1.42	
02/08/2011	1.3	
06/07/2011	1.44	
12/05/2011	1.43	
24/11/2010	2.02	
20/10/2010	1.77	

**ENCUADRE HIDROGEOLÓGICO**

El sondeo se localiza en el dominio hidrogeológico 4: "Depresión del Ebro". En la masa de agua subterránea (090.060.) denominada "Aluvial del Cinca". El acuífero atravesado son las gravas con arenas y arcillas, de edad cuaternaria, de los depósitos aluviales del río Cinca alcanzando. Se alcanza el sustrato de materiales terciarios correspondientes a las facies lutíticas y margosas del Oligoceno. Este piezómetro se encuentra ubicado, desde el punto de vista hidrogeológico, probablemente en las cercanías de la zona de descarga del acuífero hacia el río Cinca.

**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 en el área recreativa de Velilla de Cinca. Se accede al mismo tomando la primera calle a la izquierda una vez se cruza el canal a la entrada de Velilla de Cinca desde Ballobar. Tras recorrer unos metros por el cauce de un barranco acondicionado hay que tomar el desvío que está indicado como parque. Siguiendo esta indicación se llega al área recreativa, encontrándose el sondeo en las cercanías de la entrada al mismo.

### ORTOIMAGEN CON LA RUTA DE ACCESO



Coordenadas UTM del punto:  
X: 273070, Y:4607310 (Huso 31)

**FOTOS ADICIONALES**

**PANORÁMICA**



09/2010 Vista general

**ACCESO**

**DETALLE**



05/2012 DSCN3489 Velilla de Cinca

**ACCESO**



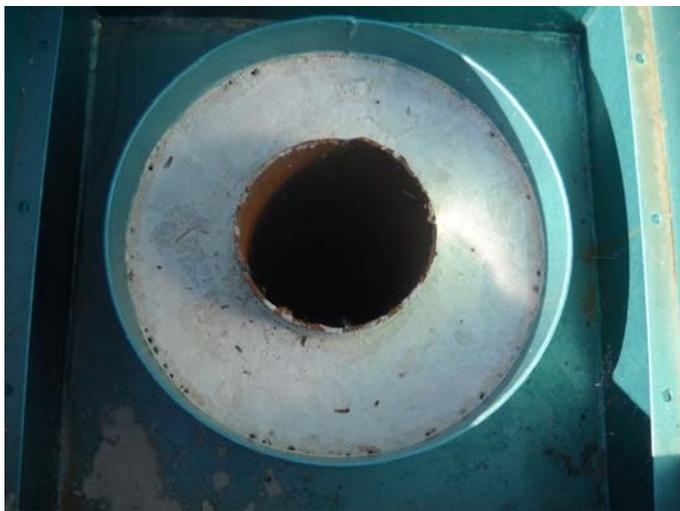
09/2010 Acceso Vista general camino de acceso

**DETALLE REFERENCIA**



09/2010 Vista general y de acceso Parque las Bardinas

**INSTALACIÓN**



05/2012 DSCN3486 Velilla de Cinca