



## **INFORME PIEZÓMETRO DE TUBILLA DEL AGUA: 09.102.01**



## **ÍNDICE**

### **1. PROYECTO**

1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS DE ASISTENCIA TÉCNICA

1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO

### **2. LOCALIZACIÓN**

### **3. SITUACIÓN GEOLÓGICA**

### **4. MARCO HIDROGEOLÓGICO**

### **5. EQUIPO DE PERFORACIÓN**

### **6. DATOS DE LA PERFORACIÓN**

### **7. COLUMNA LITOLÓGICA**

### **8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA**

### **9. ENTUBACIÓN REALIZADA**

### **10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS**

### **11. HIDROQUÍMICA**

### **12. CONCLUSIONES**

### **ANEJOS**

**ANEJO N° 0: REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN**

**ANEJO N° 1: INFORMES DÍARIOS DE PERFORACIÓN**

**ANEJO N° 2: INFORME GEOLÓGICO**

**ANEJO N° 3: GEOFÍSICA**

**ANEJO N° 4: ENSAYO DE BOMBEO**

**ANEJO N° 5: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**

**ANEJO N° 6: FICHA I.P.A. Y FICHA MMA**

## **1. PROYECTO**

### **1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS**

En 1992, la D.G.O.H. Y C.A. realizó el estudio "Establecimiento y explotación de redes oficiales de control de aguas subterráneas", en el que se establecen los criterios generales de uniformidad para el diseño y operación de las redes de observación en las cuencas intercomunitarias. A partir de este marco de referencia, este mismo organismo realizó en 1996 el "Proyecto de instalación, mantenimiento y operación de redes oficiales de control de aguas subterráneas. Piezometría, hidrometría y calidad, Cuenca del Ebro", en el que se proyectó una red piezométrica constituida por 178 puntos, de los cuales 107 eran de nueva construcción y el resto puntos ya existentes.

La investigación hidrogeológica realizada desde entonces y la construcción por parte del Parque de Maquinaria del MIMAM de diversos sondeos, llevaron a la Oficina de Planificación de la Confederación Hidrográfica del Ebro a realizar una actualización del proyecto original, que se ha convertido en el proyecto constructivo.

Se han diseñado 80 sondeos. En total suponen 18.450 m de perforación, de los que 14.375 se realizan mediante rotoperCUSión y 4.075 mediante rotación con circulación inversa, En su mayor parte los sondeos no superan los 300 m de profundidad.

Con fecha 23 de febrero de 2004 fueron adjudicadas, por el procedimiento de Concurso Abierto las obras correspondientes al PROYECTO 01/2003 de CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRANEAS DE LA CUENCA DEL EBRO (Clave: 09.820.030/2111), por un presupuesto de adjudicación de 2.498.780,69

€, a la Unión Temporal de Empresas "UTE – CUENCA DEL EBRO" constituida por las empresas MICROTEC AMBIENTE, S.A.U. y SACYR, S.A.U.

El plazo de ejecución de las obras inicialmente previsto era de 36 meses.

El contrato se firmó el 30 de marzo de 2004, el Acta de Replanteo se firmó y se remitió a la Dirección General del agua del Ministerio de Medio Ambiente con fecha 30 de Abril de 2004 y las obras dieron comienzo el día siguiente.

Con fecha 11 de febrero de 2005 se contrató a la empresa CONTROL Y GEOLOGÍA S.A. (CYGSA), la Asistencia Técnica para la INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRANEAS DE LA CUENCA DEL EBRO, TT. MM. VARIOS Clave: 09.820-030/0612.

Dentro de los trabajos a realizar por (CYGSA), se encuentra la redacción de un informe de cada uno de los piezómetros controlados. En este documento se recoge tanto el seguimiento de la perforación como los ensayos efectuados y sus resultados.

## 1.2 METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS TRABAJOS DE ASISTENCIA TÉCNICA

El seguimiento de las obras lo podemos clasificar en trabajos antes de la perforación, durante y al final de la misma.

- Trabajos anteriores a la perforación
  - Comprobación de replanteos (geográficos e hidrogeológicos)
  - Comprobación de accesos
  
- Perforación
  - Seguimiento de la perforación
  - Interpretación de la testificación geofísica
  - Propuesta de entubación a la Dirección de Obra
  - Control de tareas finales como limpieza del sondeo, toma de muestras de agua del piezómetro perforado y construcción y colocación del cierre con arqueta antivandálica.
  
- Ensayos de Bombeo
  - Seguimiento del ensayo en campo, tanto del bombeo como de la recuperación.
  - Representación e interpretación de datos obtenidos.
  
- Seguimiento de la Seguridad y Salud
  - Presentación ante la autoridad Laboral de los Avisos Previos y sus actualizaciones.
  - Revisión del Plan de Seguridad y Salud.
  - 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).

Este apartado de Seguridad y Salud es objeto de un informe aparte donde se recoge el seguimiento realizado antes y durante las obras.

- Redacción de informe final de cada piezómetro

Para facilitar la comunicación y la coordinación entre la Dirección de Obra, Empresa Constructora y Asistencia Técnica, se creó un Centro de Trabajo Virtual en el que se ha ido incorporando la documentación generada en la obra de forma casi inmediata.

### **1.3. OBJETIVO DEL PIEZÓMETRO**

El piezómetro se planteó en la zona donde se encajan los ríos Ebro y Rudrón en los extensos páramos de Sédano y Lora para registrar los niveles del acuífero del Cretácico superior y más concretamente del Santoniense.

Está emboquillado en el tramo margoso del Santoniense y el acuífero que capta pertenece a la formación de Calizas con Lacazinas en la zona de tránsito entre la recarga que se produce en los páramos de Masa y Sédano y la descarga que se dirige hacia el río Rudrón o Ebro.

## 2. LOCALIZACIÓN

El piezómetro está situado al W del municipio de Tubilla del Agua, junto a la puerta del cementerio.

A este emplazamiento se accede desde la carretera que pasa por el núcleo urbano de Tubilla del Agua, dirección norte. Se toma la segunda calle a la izquierda y luego la primera, otra vez, a la izquierda. Se avanzan unos 300 m y se llega al cementerio municipal. El piezómetro se ubica al lado de la puerta de éste.

Las coordenadas exactas del punto son:

X= 434.007      Y= 4.729.027      Z= 770 m.s.n.m.



Figura 1. Ortofoto ubicación del piezómetro de Tubilla del Agua

### 3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en materiales del Cretácico Superior que se diferencian dentro del Mapa Geológico de la Cuenca del Ebro como unidad 450, de edad Turoniense-Santonense. Esta unidad se corresponde con la unidad  $C_{24}^{2-3}$  de la Hoja MAGNA nº 135 (Sedano) de edad Santoniense, siempre según la Cartografía MAGNA. Posiblemente esta unidad se correlacione Fm. Tubilla del Agua de trabajos posteriores, como los llevados a cabo por Floquet (1991) y Martín-Chivelet *et al.* (2002).

El piezómetro se encuentra situado sobre el flanco norte (flanco sur en la Cartografía Magna) de una estructura sinclinal de gran radio, pero próximo a la zona del eje del pliegue. Esta estructura se conoce como sinclinal de Sedano. Como consecuencia de esa disposición los buzamientos en esta zona son tendidos, y difícilmente superan los 10 grados de inclinación hacia el S. Lo habitual es la disposición subhorizontal, como es el caso de la zona donde se ubica el piezómetro.

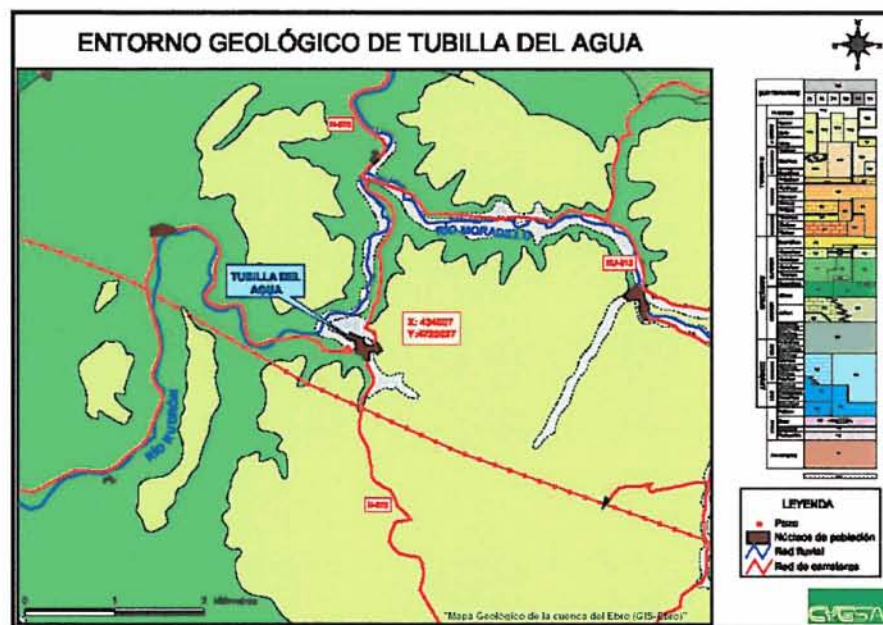


Figura 2. Entorno geológico del piezómetro de Tubilla del Agua.



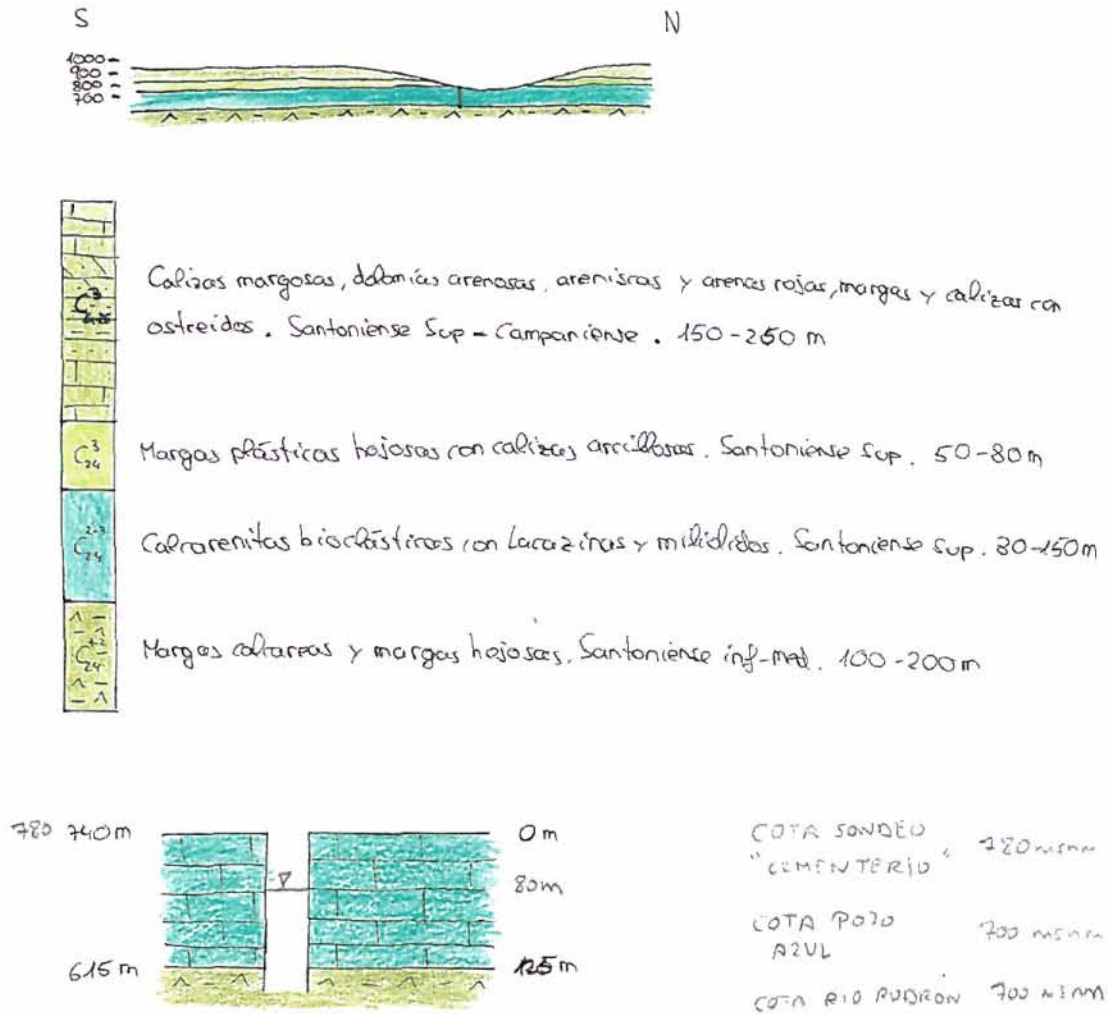


Figura 3. Corte geológico y columna prevista para el piezómetro de Tubilla del Agua.

## 4. MARCO HIDROGEOLÓGICO

El piezómetro se localiza en el dominio hidrogeológico 1 "Vasco – Cantábrico". Este dominio queda limitado al sur por el cabalgamiento surpirenaico, al este por el río Arga y en el resto por el límite de los afloramientos permeables más próximos al límite de la cuenca. Se caracteriza por la abundancia de formaciones carbonatadas karstificadas, del Cretácico superior y del Eoceno, en estructuras sinclinales (Villarçayo), parameras (La Lora, Urbasa, Andía, Lóquiz, Aralar) que facilitan el desarrollo de acuíferos libres muy extensos, y conglomerados terciarios. Para el ITGE (1.970 – 1.982) se trataba de los Sistemas Acuíferos 64 (Cretácico de La Lora y Sinclinal de Villarçayo), 65 (Paleoceno del Condado de Treviño y Mesozoico de la sierra de Cantabria), 66 (Paleoceno de la Sierra de Urbasa) y 07 (Calizas Mesozoicas de la Sierra de Aralar).

Se sitúa dentro de la unidad hidrogeológica 102 "Sedano La Lora", correspondiente a la masa de agua subterránea con Código 090.002 también denominada "Páramo de Sedano y Lora", y el acuífero a controlar son las calcarenitas bioclásticas del Santoniense.

El acuífero principal de la masa de agua 090.002 es un acuífero predominantemente libre, de edad Cretácico superior, y está constituido por un conjunto calcáreo formado por tres litologías: calcarenitas y calizas arenosas del Cenomaniense con potencia entre 40-100 m; calizas dolomitizadas del Turoniense-Santoniense inferior, de espesor 100-200 m; y calcarenitas bioclásticas del Santoniense medio-superior de 80-150 m de espesor. Estos materiales se disponen formando amplias mesetas estructurales con pliegues muy suaves y de gran amplitud, que se ven modificadas únicamente por el diapiro de Poza de la Sal. La estructura es atravesada por los ríos provocando que los principales acuíferos se desconecten entre sí. La recarga se debe a las precipitaciones infiltradas en los afloramientos permeables. La descarga natural se realiza hacia el río Ebro y a través de manantiales. Es destacable el sumidero

de Basconcillos del Tozo por el que se infiltra totalmente el río Hurón y que da lugar aguas abajo al nacimiento del río Rudrón.

El piezómetro se encuentra situado en una de estas amplias mesetas, sobre materiales de edad Santoniense Inferior, con disposición subhorizontal.

(Entorno geológico y corte geológico y columna prevista pueden consultarse en figuras 2 y 3 respectivamente.)

## **5. EQUIPO DE PERFORACIÓN**

La construcción del pozo la ha realizado la empresa adjudicataria SACYR – MICROTEC. Se ha contado con un equipo de perforación a rotoperCUSIÓN ST30/1400 sobre camión, un grupo compresor Atlas con grúa autocarga, compresor INGERSOLL – RAND.

## **6. DATOS DE LA PERFORACIÓN**

La perforación se inició el 27 de octubre de 2004 a las 18:00 horas y se terminó el 3 de noviembre de 2004. El día 3 de noviembre de 2004 se mide el nivel con la sonda hidronivel. El nivel se sitúa en 38,80 metros, aunque todavía queda algún resto de espumante, por lo que la lectura del nivel podría variar.

Se realizó un emboquille de 11 m de profundidad, perforado con un diámetro de 315 mm y entubado con tubería metálica ciega de 300 mm de diámetro y 5 mm de espesor.

A partir de esa profundidad y hasta los 201 metros finales del piezómetro se perforó con el martillo de 220 mm. El piezómetro se entubó con tubería metálica ciega y tubería metálica con filtro de tipo puentecillo de diámetro de 180 mm de diámetro y 4 mm de espesor. A los 10 m de profundidad se corta humedad, de caudal aproximado de 0,1 l/s.

(Ver Anejo 1, Informes diarios de perforación.)

## 7. COLUMNA LITOLÓGICA

Durante la realización de la perforación, se efectuó una descripción de las litologías extraídas observando las muestras del ripio de perforación cada metro; de todas ellas, se eligieron las más representativas cada 5 metros, guardándolas en sus correspondientes botes.

Tabla 1. Descripción de campo de la columna perforada:

0-8 m	Relleno coluvial limo-arcilloso con algo de tierra vegetal.
8-10 m	Alternancia de calcarenita fosilífera y arenisca con matriz limosa marrón clara.
10-42 m	Calcarenita con fósiles y algunos niveles de arenisca de grano medio-fino. Aparecen fragmentos más gruesos que pueden indicar zonas fracturadas.
42-55 m	Lumaquela (bioesparita formada por restos de foraminíferos, bivalvos) de color gris y marrón claro.
55-60 m	Lumaquela con algunos niveles de calcarenita también fosilífera.
60-100 m	Biomicrita gris (wackstone) y niveles aislados de calcarenita fosilífera.
100-107 m	Calcarenita fosilífera y margocaliza negra. Aparecen mineralizaciones negras dispersas.
107-125 m	Calcarenita fosilífera de grano grueso color gris verdosa y blancuzca. Disminuye el tamaño de grano con la profundidad.
125-135 m	Margocaliza negra.
135-152 m	Calcarenita fosilífera de grano fino color gris verdosa y blancuzca. Aparecen mineralizaciones de silex.
152-190 m	Calizas fosilíferas (bioesparitas y biomicritas casi lumaquelas) de color gris claro. También contiene mineralizaciones de silex.
190-201 m	Caliza micrítica- caliza arenosa gris con bajo contenido en fósiles. Todas las litologías perforadas pertenecen al Santoniense.

El Instituto Geológico Minero, mediante convenio de colaboración con la Confederación Hidrográfica del Ebro, efectuó una detallada descripción litoestratigráfica de las muestras extraídas. El informe correspondiente se recoge en el Anejo 2.

La edad de las litologías atravesadas, según el informe geológico del IGME, son las siguientes:

De 0 m a 8 m.- Cuaternario.

De 8 m a 17 m.- Fm. T. del A. Santoniense.

De 17 m a 56 m.- Mb. San Pantaleón de Losa. Santoniense.

De 56 m a 120 m.- Fm. Nocado de Burgos. Santoniense.

De 120 m a 176 m.- Fm de Nidaguila / Hortezuelos. Coniaciense.

De 176 m a 201 m.- Mb Ribera Alta. Coniaciense.

(Columna litológica y descripción ampliada en Anejo 2, Informe geológico.)

## **8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA**

La testificación geofísica se realizó el día 4 de noviembre de 2004. En ella se registraron los parámetros de gamma natural, potencial espontáneo y resistividad, así como la verticalidad y desviación de la perforación. Se detectó dos claras zonas aportantes entre 104-108 metros y 111 – 116 metros, y varias zonas con menor importancia de aportes en los metros 59, 67, 83, 146, 151, 163, 170 y 181-186.

La desviación del sondeo fue de 4,9 grados, es decir, una distancia de 10,98 metros para los 200 metros de profundidad.

La litología testificada se corresponde bien con la descrita "de visu", sobretodo los niveles de margocalizas.

Con esos valores, se diseñó la columna de entubación y la profundidad a la que colocar los tramos de tubería filtrante (tipo puentecillo).

## 9. ENTUBACIÓN REALIZADA

Para la entubación de este piezómetro se han utilizado tramos de 6 metros de longitud de tubería de acero al carbono de 300 mm y 180 mm de diámetro con espesores de la pared de 5 mm y 4 mm respectivamente.

Para la captación de los niveles aportantes se ha colocado tubería filtrante "tipo puentecillo", de 180 mm de diámetro, con una luz de malla de 0,2 mm. La situación de los tramos filtrantes viene dada por los aportes detectados durante la perforación y los datos de potencial espontáneo y resistividad registrados en la testificación geofísica.

Tabla 2. Entubación realizada:

REVESTIMIENTO				
Tramo (m)	Diámetro tubería (mm)	Espesor pared (mm)	Tipo	Filtro
0-11	300	5	Acero al carbono	Ciega
0-63	180	4	Acero al carbono	Ciega
63-69	180	4	Acero al carbono	Puente
69-99	180	4	Acero al carbono	Ciega
99-105	180	4	Acero al carbono	Puente
105-111	180	4	Acero al carbono	Ciega
111-117	180	4	Acero al carbono	Puente
117-135	180	4	Acero al carbono	Ciega
135-141	180	4	Acero al carbono	Puente
141-183	180	4	Acero al carbono	Ciega
183-189	180	4	Acero al carbono	Puente
189-201	180	4	Acero al carbono	Ciega

Cada uno de los tramos de tubería ha sido soldado a medida que se introducían en el piezómetro construido.

Una vez finalizado todo el proceso se evita que la columna de entubación se apoye en el fondo del sondeo mediante el "colgado" y sujeción de la tubería de 180 mm de diámetro a la de 300 mm del emboquille.

Para terminar la adecuación del piezómetro, en la cabeza del sondeo se coloca una arqueta antivandálica. La arqueta, a su vez, queda protegida por un dado de hormigón de 1X1X0.7m, que se construye a su alrededor.

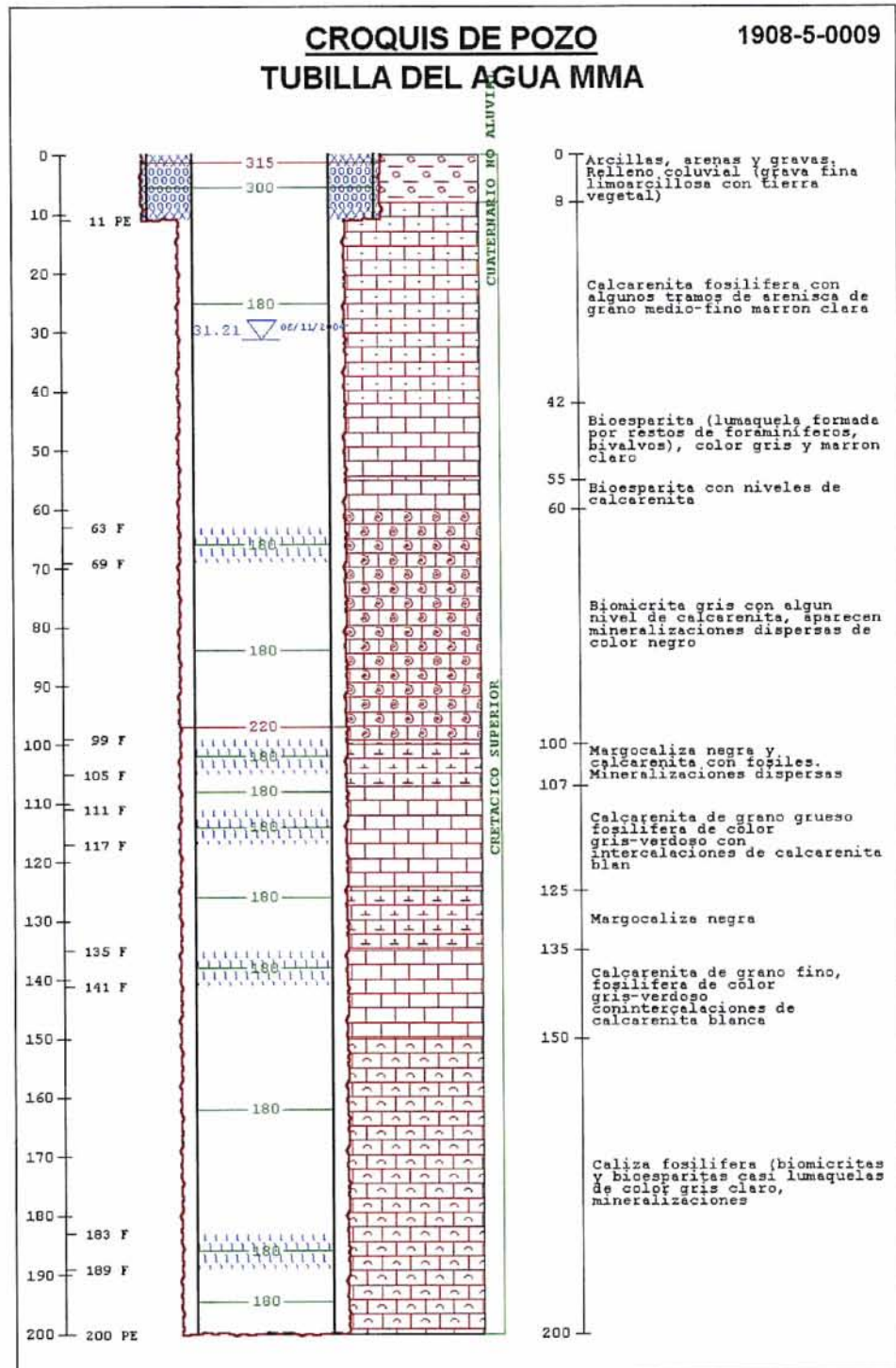


Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo.



## 10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El acuífero a controlar son las calcarenitas bioclásticas con lacazinas y miliólidos del Cretácico Superior (Santoniense Medio – Superior).

Durante la perforación, a los 9 metros de profundidad aparece agua (humedad), con un caudal de 0,1 l/s.

El nivel estático del sondeo finalizado está en 31,21 metros (6 de noviembre de 2004, 16:40 horas).

El 4 de noviembre de 2004, durante la limpieza del sondeo, se toma una muestra de agua para analizar. La conductividad y la temperatura del agua medida en el campo fue de  $C = 363 \mu\text{S}/\text{cm}$  y  $T^a = 15,2^\circ \text{C}$ .

Tabla 3. Datos mensuales de nivel medidos hasta el ensayo de bombeo:

Fecha	Nivel (metros)
06/11/2004	31,21
21/12/2004	30,89
20/01/2005	27,88
17/03/2005	26,16
19/04/2005	29,46
06/05/2005	29,9

### ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO

Durante los días 9 y 10 de mayo de 2005 se realizó un ensayo de bombeo escalonado de 24 horas con su correspondiente recuperación. El nivel estático inicial estaba en 30,94 metros y la aspiración se situó a una profundidad de 142,68 metros. El primer escalón duró 60 minutos, el caudal medio extraído fue de 3,2 l/s y el descenso del nivel fue de 83,88 m. El

segundo escalón duró 1020 minutos. El caudal medio fue de 2,6 l/s. El descenso total del nivel fue de 109,65 m, llegando hasta la rejilla. El tercer y último escalón duró las últimas 5 horas. El caudal extraído fue de 1,8 l/s. El descenso total del nivel fue de 48,53 m. En ningún momento llegó a estabilizar el nivel, sino que fue descendiendo progresivamente hasta alcanzar la rejilla durante las 19 primeras horas y fue recuperando durante las 5 últimas horas.

El agua salió totalmente clara a partir de las 3 horas de bombeo. La conductividad media del agua durante el ensayo fue de 415  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el pH de 7,8 y la temperatura de 13 $^{\circ}$  C. Se tomaron dos muestras de agua para analizar, una a las 12 horas de bombeo y otra a las 24 horas (resultados análisis de muestras de agua en anejo 5, Análisis químicos realizados).

Tras el bombeo se midió una recuperación de 60 minutos. En ese tiempo el nivel pasó del metro 79,47 al metro 32,07. Sólo quedaron 1,13 metros por recuperar.

Tabla 4, Resumen de la tabla de datos del ensayo de bombeo:

Tiempo de bombeo (minutos)	Profundidad (metros)	Descenso (metros)	Caudal (l/s)
0	30,94	0,00	0
1	42,94	12,00	3,22
2	50,16	19,22	3,22
4	58,70	27,76	3,22
10	75,09	44,15	3,22
30	101,25	70,31	3,22
60	114,82	83,88	3,22
70	117,42	86,48	2,6
120	121,82	90,88	2,6
300	128,97	98,03	2,6
500	131,28	100,34	2,6
780	142,68	111,74	2,6
1140	80,64	49,70	1,8

Tiempo de bombeo (minutos)	Profundidad (metros)	Descenso (metros)	Caudal (l/s)
1260	78,10	47,16	1,8
1440	79,47	48,53	1,8
1441	67,05	36,11	0
1442	64,88	33,94	0
1443	63,51	32,57	0
1444	61,44	30,50	0
1445	60,23	29,29	0
1450	51,77	20,83	0
1460	44,40	13,46	0
1480	38,26	7,32	0
1500	32,07	1,13	0

El Instituto Geológico Minero, mediante convenio de colaboración con la Confederación Hidrográfica del Ebro, realiza la correspondiente interpretación del ensayo de bombeo.

De acuerdo con esta presunción, la interpretación se ha realizado mediante la simulación del bombeo y la recuperación mediante prueba-error con el programa MABE (Método directo), utilizando la solución de Theis y Hantush. También se ha utilizado los métodos basados en la aproximación logarítmica de Jacob (métodos de Jacob y Recuperación de Theis).

Tabla 5. Parámetros hidrogeológicos del acuífero obtenidos a partir de la interpretación del ensayo de bombeo:

Método	Transmisividad	r <sup>2</sup> .S	r/B	R. Equiv.	Δh
Aprox. Log (Método de Jacob)	3.44 m <sup>2</sup> /día	---	---	---	11.98 m
Aprox. Log (Recuperación de Theis)	7.56 m <sup>2</sup> /día	---	---	---	3.77 m
Simulación bombeo (solución Theis)	3.11 m <sup>2</sup> /día	1.83 E-6 m <sup>2</sup>	---	0.11 m	---
Simulación recuperación (solución Theis)	6.50 m <sup>2</sup> /día	2.47 E-8 m <sup>2</sup>	---	0.11 m	---
Simulación bombeo (solución Hantush)	3.15 m <sup>2</sup> /día	2.47 E-7 m <sup>2</sup>	2.75 E-3	0.14 m	---
Simulación recuperación (solución Hantush)	3.16 m <sup>2</sup> /día	2.47 E-7 m <sup>2</sup>	3.89 E-3	0.08 m	---

Se considera que los parámetros obtenidos mediante la simulación del bombeo con la solución de Hasntush son los adecuados.

(Los partes, gráficos e interpretación ampliada del ensayo de bombeo se encuentran en el anejo A-4.)

## **11. HIDROQUÍMICA**

Tanto durante la perforación como en el ensayo de bombeo se tomaron datos in situ de conductividad eléctrica, pH y temperatura; también se tomaron 3 muestras de agua, para su posterior análisis, procedentes de las siguientes fases de la obra:

- Final de la limpieza, con aire comprimido, de la perforación. (Conductividad: 347  $\mu\text{S/cm}$ , pH: 7,93.)
- Muestra tomada a las 12 horas del inicio de ensayo de bombeo. (Conductividad: 408  $\mu\text{S/cm}$ , pH: 7,76.)
- Muestra tomada al final del ensayo de bombeo (a las 24 horas). (Conductividad: 410  $\mu\text{S/cm}$ , pH: 7,73.)

De todas las muestras, se ha efectuado un ensayo físico – químico para su caracterización.

Los valores obtenidos se han comparado con los recogidos en la Directiva 98/83/CE y el R. D. 140/2003 para aguas dulces de consumo humano.

Según los valores de conductividad eléctrica se considera un agua DULCE de MINERALIZACIÓN MEDIA (según la clasificación en función del total de sólidos disueltos), por su dureza (cantidad de iones  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  en solución) se considera un agua MUY DURA, y por su composición se clasifica como AGUA BICARBONATADA – CÁLCICA (según clasificación de Piper, clasificación en función de los iones dominantes).

Los indicadores de contaminación en ese punto no superan los límites establecidos por la Directiva 98/83/CE y el R. D. 140/2003 para aguas dulces de consumo humano, aunque si lo hacen los fosfatos en la última muestra, con un

valor de 1,21 mg/l, superando el rango de los valores habituales en aguas subterráneas (0,01 – 1).

Respecto a los valores habituales y de referencia de los iones mayoritarios en aguas subterráneas (datos según Custodio y Llamas, ed. 1996) y los marcados por la Directiva 98/83/CE y R.D. 140/2003, están todos dentro del rango establecido.

Tabla 5. Resultados de los análisis de agua:

<b>Determinación</b>	<b>Agua de limpieza</b>	<b>Muestra 2 Ensayo de bombeo</b>	<b>Muestra 3 Ensayo de bombeo</b>
Cloruros	9,29 mg/l	5,02 mg/l	5,02 mg/l
Sulfatos	12,73 mg/l	14,18 mg/l	15,90 mg/l
Bicarbonatos	200,60 mg/l	275,83 mg/l	279,59 mg/l
Carbonatos	0,00 mg/l	0,00 mg/l	0,00 mg/l
Nitratos	0,17 mg/l	32,46 mg/l	0,00 mg/l
Sodio	6,96 mg/l	2,08 mg/l	2,03 mg/l
Magnesio	20,16 mg/l	28,89 mg/l	29,61 mg/l
Calcio	30,65 mg/l	61,24 mg/l	62,84 mg/l
Potasio	8,00 mg/l	0,58 mg/l	0,61 mg/l
Nitritos	0,09 mg/l	0,00 mg/l	0,02 mg/l
Amonio	0,07 mg/l	0,07 mg/l	<0,04 mg/l
Boro	0,00 mg/l	0,00 mg/l	0,00 mg/l
Fosfato		0,79 mg/l	1,21 mg/l
Anhídrido Fosfórico	0,36 mg/l		
Anhídrido Silícico	5,58 mg/l	3,78 mg/l	4,21 mg/l
Hierro	0,01 mg/l	0,01 mg/l	0,02 mg/l
Manganeso	0,00 mg/l	0,00 mg/l	0,01 mg/l

## **12. CONCLUSIONES**

Se ha construido un piezómetro en el término municipal de Tubilla del Agua con el objeto de valorar las características del acuífero, determinar la calidad química del recurso y 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 rotoperCUSión. El diámetro de la perforación es de 220 mm y la profundidad alcanzada ha sido de 201 metros. El acuífero atravesado está constituido por calcarenitas bioclásticas con lacazinas y miliólidos de edad Cretácico Superior (Santoniense Medio - Superior). El nivel está situado en torno a los 31 metros de profundidad.

El caudal medio, valorado mediante el correspondiente ensayo de bombeo, está en 1,8 l/s. Los parámetros hidrogeológicos del acuífero, calculados mediante el método directo MABE, solución Hantush, son:  $T = 3,15 \text{ m}^2/\text{día}$ ,  $r^2 \cdot S = 2,47 \cdot 10^{-7}$ ,  $r/B = 2,75 \text{ a } 3,9 \times 10^{-3}$  y  $R. \text{ equivalente} = 0,08 - 0,14 \text{ m}$ .

El agua extraída durante la perforación y el bombeo, tras los análisis químicos, se considera agua dulce de mineralización media, muy dura, y se clasifica como bicarbonatada – cálcica (según clasificación de Piper).

## **ANEJO 0**

# **REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN**



PUNTO N° : 1  
PIEZÓMETRO N°: P-09.102.01  
IPA: 1908-5-0009  
TOPONIMIA: Tubilla del agua  
MUNICIPIO: Tubilla del Agua  
POLÍGONO:  
PARCELA:

**OBSERVACIONES:**

Como se indicaba en las notas de replanteo de la primera visita a la zona (12/04/04) el punto marcado en el proyecto constructivo es totalmente inaccesible para una máquina de sondeos como las que se van a utilizar.

El 20/05/04 se ha visitado de nuevo la zona en compañía de D. Alfonso Padilla (alcalde de Tubilla). Dado que el objetivo hidrogeológico es captar el acuífero de calcarenitas bioclásticas del Cretácico superior (Santoniense), se podría reubicar en terrenos públicos y accesibles, en dos posibles emplazamientos:

1. En las inmediaciones del cementerio del pueblo,  
X= 434.002  
Y=4729004  
Z=780 m s.n.m.



**Foto n° 1. Detalle de la ubicación. Zona cementerio**



Foto nº 2. Panorámica de la ubicación en zona cementerio

La columna litológica prevista en el proyecto constructivo creemos que no es correcta, ya que estaría formada (de arriba abajo) por:

- Calcarenitas bioclásticas con lacazinas y miliolidos del Santoniense medio-superior. (Acuífero objetivo)
- Margas hojosas y calcareas del Santoniense inferior y medio (final del sondeo)

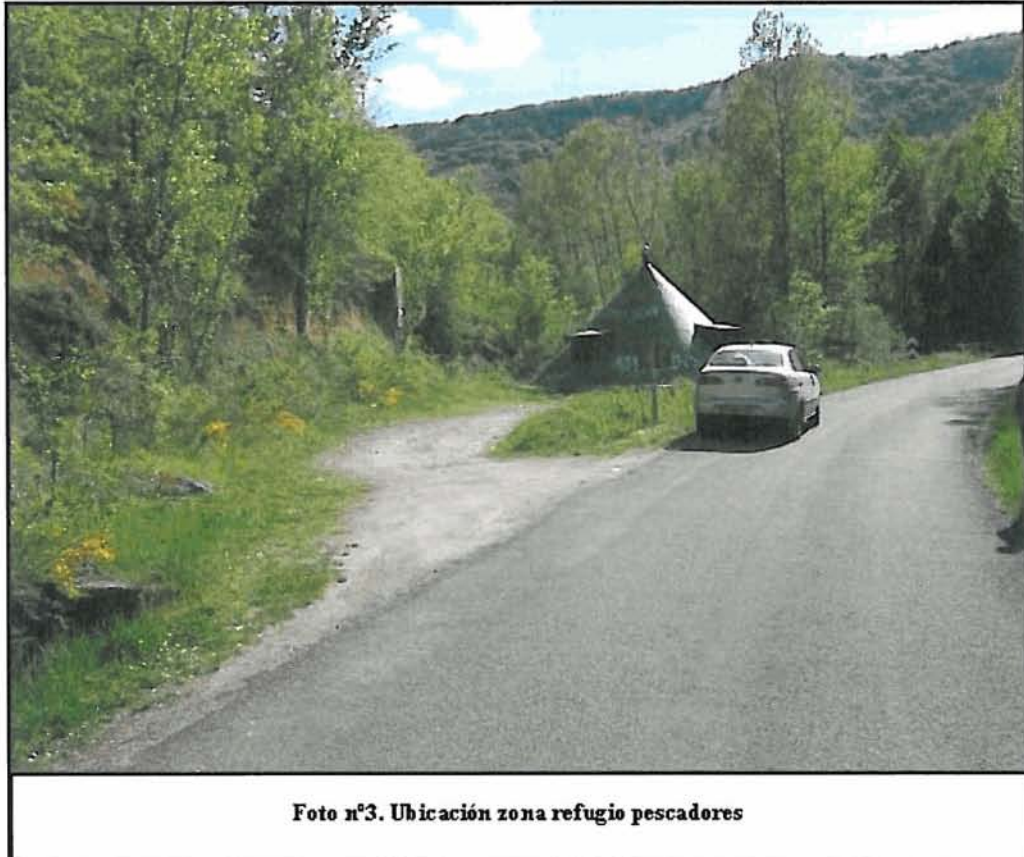
Un segundo emplazamiento podría ser el llamado refugio de pescadores que se sitúa en la ctra de Tubilla del agua a Tablada del Rudrón, justo antes de atravesar el río Rudrón.

Zona refugio pescadores

X= 432.930

Y=4729113

Z=740 m s.n.m.



En ambos casos la perforación sería mas corta, ahorrándose metros en la formación carbonatada suprayacente del Campanéense y posiblemente en las margas grises y verdosa, iniciándose el sondeo directamente en el acuífero a captar.

Para ambas ubicaciones el sondeo tendría una profundidad de unos 200 metros ya que se emboquilla en la propia formación acuífera (Calcarenitas bioclásticas con lacazinas y miliolidos del Santoniense medio-superior).

Nos inclinariamos más por la segunda ubicación (foto nº 3) para evitar el cuaternario aflorante en la primera ubicación.

La solicitud de disponibilidad de terrenos hay que enviarla a:

**AYTO DE TUBILLA DEL AGUA**  
**C/ La Villa nº 20**  
**09143 Tubilla del Agua. BURGOS**  
**Alcalde: ALFONSO PADILLA IGLESIA**

**AYUNTAMIENTO  
DE  
TUBILLA DEL AGUA (Burgos)**

De conformidad con su escrito referente a la SOLICITUD DE DISPONIBILIDAD DE TERRENOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OBSERVACION DE UN PIEZOMETRO, se hace constar que por Acuerdo de Pleno, de fecha 8 de octubre de 2004, 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 100 m<sup>2</sup>; necesarios para construir el sondeo 09.102.01 en terreno público de este municipio, en el paraje "Cementerio" o similar.
2. La ocupación durante un periodo de treinta años, prorrogable al término del mismo, de un espacio de unos 3 m<sup>2</sup>, 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.
4. Las condiciones para conceder la autorización solicitada, esta vinculada a la entrega por parte de los interesados del proyecto y memoria de dicha instalación.

En Tubilla del Agua, a 19 de octubre de 2004

EL ALCALDE



Fdo.: D. Alfonso Padilla Galesia



ILMO. SR. JEFE DE LA OFICINA DE PLANIFICACIÓN HIDROLOGICA DE LA CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO

# **ANEJO 1**

## **INFORMES DIARIOS DE PERFORACIÓN**

**OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**

<b>FECHA:</b> 4/11/04	<b>Nº pag.:</b>
<b>Nº SONDEO:</b> P-09.102 01	<b>POBLACIÓN:</b> Tubilla del Agua
<b>PERFORACIÓN</b>	<b>PROF.:</b> 200 m.
<b>INICIO:</b> 27/10/04	<b>SISTEMA:</b> ROTOPERCUSIÓN
<b>DIAMETRO:</b> 380 y 220 mm	
<b>VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:</b> 30 m/hora (con 220 mm)	

**OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO**

*(Litologías, entubaciones, tramos filtrantes, niveles de agua, fósil)*

El sondeo alcanza los 200 metros previstos ayer por la tarde.

Por la mañana se mide el nivel con la sonda piezométrica marcando 38 metros aunque todavía existe algún resto de espumante por lo que puede variar algo la lectura cuando desaparezca.

Se inicia la testificación geofísica a las 9:15 horas.

La litología perforada ha sido la siguiente:

- 0 - 8 m., Relleno coluvial limo-arcilloso con algo de tierra vegetal.
  - 8 - 10 m. Alternancia de calcarenita fosilífera y arenisca con matriz limosa marrón clara.
  - 9 - 42 m. Calcarenita con fósiles y algunos niveles de arenisca de grano medio-fino. Aparecen fragmentos más gruesos que pueden indicar zonas fracturadas.
  - 42 - 55 m. Lumaquela (bioesparita formada por restos de foraminíferos, bivalvos) de color gris y marrón claro.
  - 55 - 60 m. Lumaquela con algunos niveles de calcarenita también fosilífera.
  - 60 - 100 m. Biomicrita gris (Wackstone) y niveles aislados de calcarenita fosilífera. Aparecen mineralizaciones dispersas de color negro.
  - 100 - 107 m. Calcarenita fosilífera y margocaliza negra. Aparecen mineralizaciones negras dispersas.
  - 107 - 125 m. Calcarenita fosilífera de grano grueso color gris verdosa y blancuzca. Disminuye el tamaño de grano con la profundidad.
  - 125 - 135 m. Margocaliza negra.
  - 135 - 152 m. Calcarenita fosilífera de grano fino color gris verdosa y blancuzca. Aparecen mineralizaciones de silex.
  - 152 - 190 m. Calizas fosilíferas (bioesparitas y biomicritas casi lumaquelas) de color gris claro. También contiene mineralizaciones de silex.
  - 190 - 201 m. Caliza micrítica- caliza arenosa gris con bajo contenido en fósiles.
- Todas las litologías perforadas pertenecen al Santoniense.

La testificación geofísica se termina a las 11:45 horas. El nivel estático aparece a los 31 metros.

La litología testificada se corresponde bien con la descrita "de visu", sobre todo los niveles de margocalizas.

La desviación del sondeo ha sido de casi 5 grados.  
Se ha detectado una clara zona aportante entre 104-108 y 111 -116m, el resto son pequeñas zonas (59, 67, 83, 138, 146, 151, 163, 170 y 181-186m). Se decide, tras consulta con la dirección de obra, la siguiente tramificación:

0-63m Ciega.

63-69 m. Puentecillo.

69-99 m. Ciega.

99-105 m. Puentecillo.

105-111 m. Ciega.

111-117 m. Puentecillo.

117-135 m. Ciega.

135-141 m. Puentecillo.

141-183 m. Ciega.

183-189 m. Puentecillo.

189 – 201 m. Ciega.

Resumen: 30 metros y 181 metros de tubería ciega.



Testificación geofísica en Tubilla del Agua.

El 5/11/2004 11:30 están realizando el dado de hormigón del sondeo por lo que no se puede medir el nivel definitivo del sondeo.



Nivel estático sondeo finalizado:

6/11/2004 (16:40): 31.21 m



## **ANEJO 2**

# **INFORME GEOLÓGICO**

CODIGO IPA: 1908/5/09  
CODIGO MMA: 09-102-01

MUNICIPIO: TUBILLA DEL AGUA  
PROVINCIA: BURGOS

HOJA N° 1908

COORDENADAS UTM HUSO 30  
434007  
4728027  
770

PRECISION (X,Y)  
PRECISION Z:  
GPS  
GPS

FECHA INICIO: 26/10/2004  
FECHA FINAL: 05/11/2004  
AUTOR FICHA: Javier F. Igos Lloréns

VELOCIDAD m/s	ESQUEMA CONSTRUCTIVO	METROS	LITOLOGIA	TEXTURA				ESTRUCTURADO	SUBSTRATO	PERFORACION	MUESTRA	DESCRIPCION	MUESTRA	TRAMO	U. LITO	U. CROQUIS
				LARGO	LADO	ANCHO	ALTO									
32	315 mm 300 mm	10										0-8 m. Cantos y limos grs-rojizos, con algo de arcillas y tierra vegetal. Los cantos son de naturaleza carbonatada, provenientes de materiales del Cretácico Superior circundante. Coluvial.	1			
29		20										8-17 m. Calcarentitas ocreas, con areniscas anaranjadas y escasas margas/lutitas. Las calcarenitas al igual que las areniscas son de grano fino. Los granos son de cuarzo y el cemento calcáreo. Presencia de bioclastos como equinodermos (radiolas), así como bivalvos. A partir del metro 10 se registra humedad en la muestra.	2			
27	220 mm 180 mm	30										17-56 m. Calcarentitas ocreas-rojizas y calizas grises claras con muy puntuales areniscas de color rojizo. Las calizas presentan texturas predominantemente granosostenidas, aunque hacia la base del tramo se reconocen también no granosostenidas de manera continua. Son muy abundantes hacia techo del tramo los niveles de packstone e incluso grainstone peloidales, con escasos bioclastos (bivalvos). De manera puntual sobre estos peloides se puede reconocer envueltas incipientes y por tanto la facies es oolítica. Aparecen también intraclastos micríticos. En cuanto a la fracción bioclastica, destacar la presencia de equinodermos bivalvos, y escasos foraminíferos (Lacazinas). La clasificación es muy variable, oscilando de muy buena a muy pobre, sobre todo en función de la participación de intraclastos en la facies.	3			
29		60										Estas calizas presentan a su vez numerosos extraclastos de cuarzo, estableciéndose un continuo entre caliza calcarenitas y llegando al extremo, areniscas. El cuarzo está mal clasificado e igualmente mal redondeado. La proporción es muy variable, superando en algunos casos el 50%. El tamaño de grano es de fino a medio.				
27		60										56-82 m. Calizas grises generalmente no granosostenidas. Presentan un aspecto de muy compactas, bien cementadas. Las texturas más típicas son los wackestone bioclastico, con una menor proporción de peloides. No obstante los bioclastos son muy variados reconociéndose rudistas, brozoos, serpulidos, equinodermos, bivalvos y foraminíferos. Hay una transición continua del wackestone hasta incluso términos de packstone bioclastico aunque estos son minoritarios. Es característica la presencia de Lacazinas localmente muy abundantes en este tramo. También aparecen milóidos tipo quinqueloculina de manera ubica. De manera puntual aparecen niveles de packstone peloidal intercalados entre los bioclasticos. Estos están muy bien clasificados y la participación de bioclastos en los mismo es casi nula. Los aportes de agua son muy puntuales y de poca entidad.	4			
26		90										82-120 m. Calizas grises oscuras a claras con escasas intercalaciones de dolomías grises.				
23		100										Las calizas se organizan en una secuencia granodecreciente, de modo que los términos más fangosos se concentran hacia la parte más superficial del tramo. En esta parte dominan los wackestone compuestos fundamentalmente por bivalvos, además de la micrita dominante. Hacia la parte inferior se va ganando en grano, hasta llegar a los términos packstone que allí dominan, llegando incluso en ocasiones a texturas grainstone. No están muy cementadas, confiriendo un aspecto de porosidad muy marcado. Están compuestas fundamentalmente por peloides. Estos se encuentran muy bien clasificados y redondeados y apenas hay bioclastos acompañando. Por su parte, las dolomías son de grano fino, microcristalinas. Entre los metros 105 y 110 se registra un importante aumento del caudal, con valores de unos 15 litros por segundo.	5			
28		110														
27		120														
25		140										120-176 m. Calizas blancas y negras, calizas dolomíticas grises y dolomías negruzcas. Las calizas son muy variadas en este tramo. Aparecen tanto facies granosostenidas como no granosostenidas. No se puede hablar de dominio de una sobre otra, pero lo que si que se observa es la concentración de las facies no granosostenidas hacia la parte media del tramo, de modo que los términos más granudos se concentran tanto por la base como por el techo del tramo.	6			
28		160										En general podemos hablar de calizas packstone a grainstone de peloides, bastante bien clasificados y redondeados, en los que la participación de bioclastos es de modo accesorio. Puntualmente se encuentran bioclastos (bivalvos) de más tamaño que merman la clasificación de la facies. En cuanto a los términos fangosos, quedan representados por calizas wackestone con escasos peloides y con abundantes fragmentos de bivalvos, equinodermos y foraminíferos.				
27		170										Es frecuente en este tramo la presencia de calizas en estado inopiente de recristalización o dolomitización. En estas hay impronta tanto sedimentaria como diagenética. El término extremo queda marcado por la presencia de dolomías, que en la mayor parte de los casos son microcristalinas y aún permiten el reconocimiento de fantasmas de bioclastos. En menor medida aparecen dolomías de grano medio con un aspecto más poroso.				
26		180										No es descartable la presencia de pequeñas intercalaciones margosas o interestratos sobre todo en la parte superior del tramo.				
		190										Hay aportes puntuales aunque no aumentan el caudal significativamente.				
		200										176-201 m. Calcarentitas grises y beigeas, dolomías grises oscuras y calizas grises. Ocasionalmente podían aparecer interestratos margosos. Las calcarenitas son generalmente de grano fino. Los granos son esencialmente de cuarzo, aunque no es descartable la presencia de escasos feldespatos. Estos granos se encuentran flotando en una matriz micrítica. En líneas generales, la clasificación de los mismos no es muy buena, y sobre todo los granos de cuarzo son angulosos. Las dolomías pueden ser tanto de grano fino como de grano medio. En el caso de las de grano medio se reconocen cristales rombocédicos individuales y una estructura más porosa. No se reconocen fantasmas de componentes en las mismas. Las calizas suelen ser granosostenidas. Aunque hay escasos wackestone bioclasticos (bivalvos), lo habitual es la presencia de packstone peloidales a intraclásticos, con clasificación pobre. Los bioclastos están casi ausentes, con la excepción de foraminíferos. Entre los metros 181-196 hay aportes de agua	7			

Mb. San Pantaleón de Losa  
Mb. Nacedo de Burgos  
Mb. de Nidaquial/Hortezuelos  
Mb. Ribera Alta



MINISTERIO  
DE EDUCACION  
Y CIENCIA



Instituto Geológico  
y Minero de España

**INFORME GEOLÓGICO**

**PIEZÓMETRO N° 1908-5-009  
(P-09.102.01)**

**TUBILLA DEL AGUA (BURGOS)**

CORREO

zaragoza@igme.es

Fernando El Católico, 59 – 4° C  
50006-ZARAGOZA  
TEL.: 976 555153 – 976 555282  
FAX: 976 553358



## 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 Tubilla del Agua 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 “Caracterización Litoestratigráfica de las Columnas Litológicas de los Sondeos de la Futura Red de Control Piezométrico de la Cuenca del Ebro” del IGME.

El sondeo se ha realizado mediante la técnica de Rotopercusión con recuperación de “ripios” de la perforación y toma de muestras cada 5 metros. La perforación se inició con el martillo de diámetro 315 mm. Se realizó un emboquille de 11 m de profundidad entubado con tubería metálica ciega de 300 mm de diámetro y 5 mm de espesor. A partir de esa profundidad y hasta los 201 metros finales del piezómetro se perforó con el martillo de 220 mm. El piezómetro se entubó con tubería metálica ciega y tubería metálica con filtro de tipo puentecillo de diámetro de 180 mm de diámetro y 4 mm de espesor.

Presenta la siguiente disposición: De 0 a 63 m tubería ciega. De 63 m a 69 m filtro de puentecillo. De 69 m a 99 m tubería ciega. De 99 m a 105 m filtro de puentecillo. De 105 m a 111 m tubería ciega. De 111 m a 117 m filtro de puentecillo. De 117 m a 135 m tubería ciega. De 135 m a 141 m filtro de puentecillo. De 141 m a 183 m tubería ciega. De 183 m a 189 m filtro de puentecillo. De 189 m a 201 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 5 metros. Estas muestras resultan únicamente significativas a lo hora de identificar las facies y características de las litología más competentes. Su estudio se ha realizado mediante la observación con lupa de mano y binocular, habiéndose sido lavadas previamente las muestras seleccionadas para su observación con el fin de eliminar los restos de los lodos de sondeo. Con estos datos y con los obtenidos del análisis de las diagramas 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 cuyo código de identificación es 1908-5-009 (P-09.102.01) se localiza en el término municipal de Tubilla del Agua. El piezómetro está situado al Oeste del municipio de Tubilla del Agua, junto a la puerta del cementerio. A este emplazamiento se accede desde la carretera que pasa por el núcleo urbano de Tubilla del Agua, dirección norte. Se toma la segunda calle a la izquierda y luego la primera, otra vez, a la izquierda. Se avanzan unos 300 m y se llega al cementerio municipal. El piezómetro se ubica al lado de la puerta de éste. Las coordenadas exactas del punto son: X= 434.007, Y= 4.729.027, Z= 770 m.s.n.m. (Fig.1).

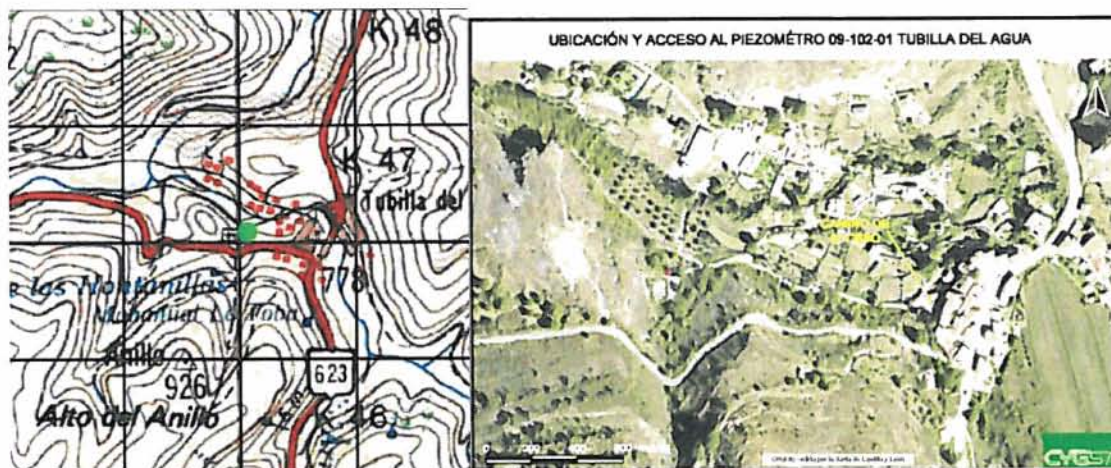


Fig. 1. Situación geográfica del sondeo y ortofoto (tomadas del Visor SIGPAC). Espaciado del mapa topográfico, 500 metros.

## SITUACIÓN GEOLÓGICA

### *EMPLAZAMIENTO Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA*

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en materiales del Cretácico Superior que se diferencian dentro del Mapa Geológico de la Cuenca del Ebro como unidad 450, de edad Turoniense-Santoniense. Esta unidad se corresponde con la unidad C<sup>2-3</sup><sub>24</sub> de la Hoja MAGNA nº 135 (Sedano) de edad Santoniense, siempre según la Cartografía MAGNA. Posiblemente esta unidad se correlacione Fm. Tubilla del Agua de trabajos posteriores, como los llevados a cabo por Floquet (1991) y Martín-Chivelet *et al.* (2002).

El piezómetro se encuentra situado sobre el flanco norte (flanco sur en la Cartografía Magna) de una estructura sinclinal de gran radio, pero próximo a la zona del eje del pliegue. Esta estructura se conoce como sinclinal de Sedano. Como consecuencia de esa disposición los buzamientos en esta zona son tendidos, y difícilmente superan los 10 grados de inclinación hacia el S. Lo habitual es la disposición subhorizontal, como es el caso de la zona donde se ubica el piezómetro.

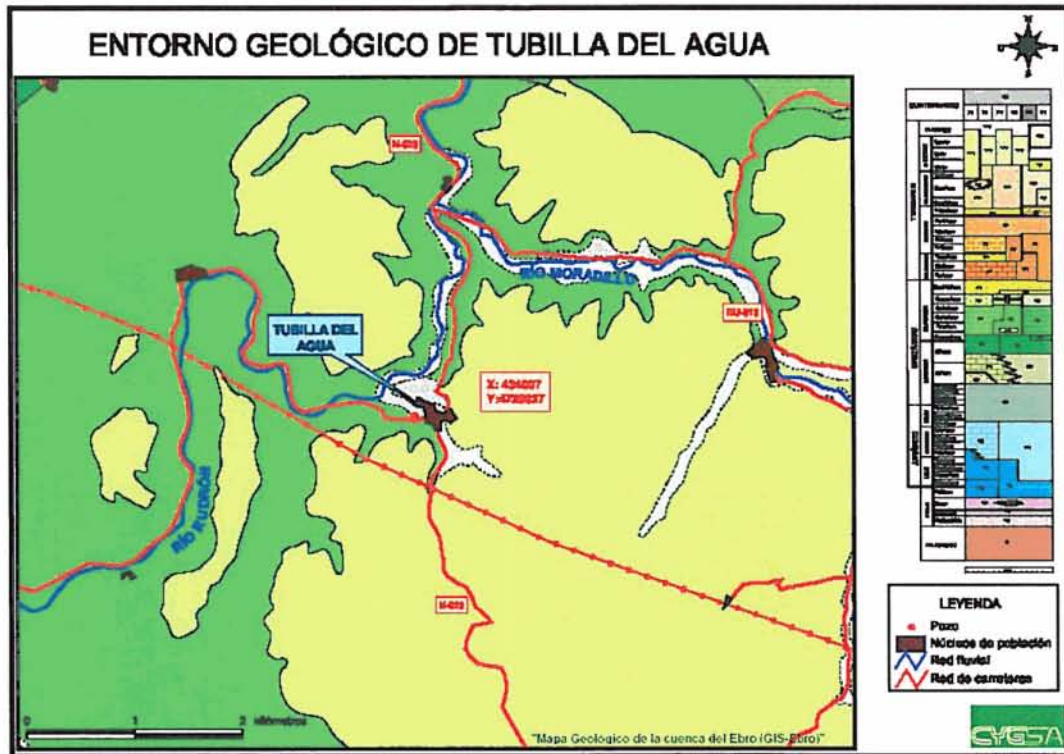


Fig.2. Situación del sondeo en la Cartografía Geológica de la Cuenca del Ebro. GIS-Ebro.

### FORMACIONES GEOLÓGICAS ATRAVESADAS

El sondeo se encuentra emboquillado en unos depósitos de materiales Cuaternarios no aluviales compuestos fundamentalmente por cantos de naturaleza diversa y limos.

Inmediatamente por debajo aparece la Megasecuencia del Cretácico Superior. Para la caracterización de las diferentes unidades litoestratigráficas presentes en este intervalo temporal, se ha recurrido a la terminología de Floquet (1991), que permite precisar más la estratigrafía de estos materiales.

De esta manera, la primera de las unidades del Cretácico atravesadas es la Fm. Tubilla del Agua que si bien se extiende por el techo hasta el Campaniense basal, la mayor parte de su tiempo de depósito fue durante el Santiense superior.

Esta unidad presenta una amplia variabilidad litológica con términos calcáreo-margosos con Lacazinas y calcarenitas. Esta unidad es la que se atraviesa entre los metros 8 y 17 del sondeo, de modo que sólo se corta su parte inferior. El miembro inferior de esta unidad, que se denomina Mb. San Pantaleón de Losa, se caracteriza por calcarenitas rojas bioclásticas poco cementadas y muy porosas. Este tramo, que suele ser fácilmente identificable, es el que se atraviesa entre los metros 17 y 56.



Tradicionalmente estas unidades se han tratado como depositadas en un ambiente marino y en relación con aportes deltaicos, antes de la somerización del mismo y la implantación de los frentes y llanuras deltaicas (Floquet, 1991).

Por debajo de esta unidad aparece la Fm. Nocado de Burgos, cuya edad va desde el Santoniense inferior hasta el superior. Se caracteriza por la presencia de calizas y dolomías sin tanta influencia siliciclástica y con abundantes términos granosostenidos peloidales, con bioclastos. En su parte media dominan la biomicritas, de ambientes más abiertos. Esta unidad es atravesada desde el metro 56 al 120, representando la parte más abierta en torno al metro 70, con el dominio de las facies no granosostenidas. Esta unidad se interpreta como depositada en un ambiente de plataforma media, de energía más o menos elevada y buena circulación marina.

La siguiente de las unidades atravesadas en este sondeo, es la Fm. Nidaguila, que es predominantemente calco-margosa a margosa en función de la situación geográfica. En este caso se trata más de la primera de las opciones. Las calizas típicas de esta unidad son micríticas con influencia margosa notoria y con bioclastos propios de medios abiertos. Esta unidad es la que se atraviesa a partir del metro 120. Se puede interpretar como depositada en una plataforma abierta al mar, en unas condiciones energéticas bajas.

Podría discutirse si los últimos 20 metros del sondeo se corresponderían con el denominado Mb. Ribera Alta, que se ubica en la base de la Fm. Nidaguila. Se caracteriza por presentar una mezcla de calizas, con margas ocasionales y calcarenitas. No obstante, esta atribución debe realizarse con mucha precaución.

#### *COLUMNA LITOLÓGICA.*

##### **TRAMO 1**

0-8 m. Cantos y limos gris-rojizos, con algo de arcillas y tierra vegetal. Los cantos son de naturaleza carbonatada, provenientes de materiales del Cretácico Superior circundante. Coluvial.

##### **TRAMO 2**

8-17 m. Calcarenitas ocreas, con areniscas anaranjadas y escasas margas/lutitas. Las calcarenitas al igual que las areniscas son de grano fino. Los granos son de cuarzo y el cemento calcáreo. Presencia de bioclastos como equinodermos (radiolas), así como bivalvos. Las calcarenitas presentan una mala clasificación en cuanto a granos se refiere. Además son bastante angulosos. A partir del metro 10 se registra humedad en la muestra.



### TRAMO 3

17-56 m. Calcarenitas ocre-rojizas y calizas grises claras, con muy puntuales areniscas de color rojizo.

Las calizas presentan texturas predominantemente granosostenidas, aunque hacia la base del tramo se reconocen también no granosostenidas de manera continua. Son muy abundantes hacia el techo del tramo los niveles de *packstone* e incluso *grainstone* peloidales, con escasos bioclastos (bivalvos). De manera puntual sobre estos peloides se puede reconocer envueltas incipientes, y por tanto la facies es oolítica. Aparecen también intraclastos micríticos. En cuanto a la fracción bioclástica, destacar la presencia de equinodermos, bivalvos, y escasos foraminíferos (Lacazinas). La clasificación es muy variable, oscilando de muy buena a muy pobre, sobre todo en función de la participación de intraclastos en la facies.

Estas calizas presentan a su vez numerosos extraclastos de cuarzo, estableciéndose un continuo entre caliza, calcarenitas y llegando al extremo, areniscas. El cuarzo está mal clasificado e igualmente mal redondeado. La proporción es muy variable, superando en algunos casos el 50 %. El tamaño de grano es de fino a medio.

### TRAMO 4

56-82 m. Calizas grises generalmente no granosostenidas. Presentan un aspecto de muy compactas, bien cementadas. Las texturas más típicas son los *wackestone* bioclástico, con una menor proporción de peloides. No obstante los bioclastos son muy variados, reconociéndose rudistas, briozoos, serpúlidos, equinodermos, bivalvos y foraminíferos. Hay una transición continua del *wackestone* hasta incluso términos de *packstone* bioclástico, aunque estos son minoritarios. Es característica la presencia de Lacazinas localmente muy abundantes en este tramo. También aparecen miliólidos tipo quinqueloculina de manera ubicua.

De manera puntual aparecen niveles de *packstone* peloidal intercalados entre los bioclásticos. Estos están muy bien clasificados y la participación de bioclastos en los mismos es casi nula.

Los aportes de agua son puntuales y de poca entidad.

### TRAMO 5

82-120 m. Calizas grises oscuras a claras con escasas intercalaciones de dolomías grises.





Las calizas se organizan en una secuencia granodecreciente, de modo que los términos más fangosos se concentran hacia la parte más superficial del tramo. En esta parte dominan los *wackestone* compuestos fundamentalmente por bivalvos, además de la micrita dominante. Hacia la parte inferior se va ganando en grano, hasta llegar a los términos *packstone* que allí dominan, llegando incluso en ocasiones a texturas *grainstone*. No están muy cementadas, confiriendo un aspecto muy poroso. Están compuestas fundamentalmente por peloides. Estos se encuentran muy bien clasificados y redondeados y apenas hay bioclastos acompañando.

Por su parte, las dolomías son de grano fino, microcristalinas.

Entre los metros 105 y 110 se registra un importante aumento del caudal, con valores de unos 15 litros por segundo.

## TRAMO 6

120-176 m. Calizas blancas y negras, calizas dolomíticas grises y dolomías negruzcas.

Las calizas son muy variadas en este tramo. Aparecen tanto facies granosostenidas como no granosostenidas. No se puede hablar de dominio de una sobre otra, pero lo que sí que se observa es la concentración de las facies no granosostenidas hacia la parte media del tramo, de modo que los términos más granudos se concentran tanto por la base como por el techo del tramo. En general podemos hablar de calizas *packstone* a *grainstone* de peloides, bastante bien clasificados y redondeados, en los que la participación de bioclastos es de modo accesorio. Puntualmente se encuentran bioclastos (bivalvos) de más tamaño que merman la clasificación de la facies. En cuanto a los términos fangosos, quedan representados por calizas *wackestone* con escasos peloides y con abundantes fragmentos de bivalvos, equinodermos y foraminíferos.

Es frecuente en este tramo la presencia de calizas en estado incipiente de recristalización o dolomitización. En estas hay impronta tanto sedimentaria como diagenética. El término extremo queda marcado por la presencia de dolomías, que en la mayor parte de los casos son microcristalinas y aún permiten el reconocimiento de fantasmas de bioclastos. En menor medida aparecen dolomías de grano medio con un aspecto más poroso.

No es descartable la presencia de pequeñas intercalaciones margosas o interestratos, sobre todo en la parte superior del tramo.

Hay aportes puntuales de agua, que no modifican sustancialmente el caudal.



## TRAMO 7

176-201 m. Calcarenitas grises y beige, dolomías grises oscuras y calizas grises. Ocasionalmente podrían aparecer interestratos margosos.

Las calcarenitas son generalmente de grano fino. Los granos son esencialmente de cuarzo, aunque no es descartable la presencia de escasos feldespatos. Estos granos se encuentran flotando en una matriz micrítica. En líneas generales, la clasificación de los mismos no es muy buena, y sobre todo los granos de cuarzo son angulosos.

Las dolomías pueden ser tanto de grano fino como de grano medio. En el caso de las de grano medio se reconocen cristales romboédricos individuales y una estructura más porosa. No se reconocen fantasmas de componentes en las mismas.

Las calizas suelen ser granosostenidas. Aunque hay escasos *wackestone* bioclásticos (bivalvos), lo habitual es la presencia de *packstone* peloidales a intraclásticos, con clasificación pobre. Los bioclastos están casi ausentes, con la excepción de foraminíferos.

Entre los metros 181-186 hay aportes de agua.

## REFERENCIAS

FLOQUET, M. (1991). – *La Plate-forme Nord-Castillane au Cretace Superieur* (Espagne). Tesis Doctoral. Memorias Geológicas de la Universidad de Dijon 14, 925 pp.

<http://oph.chebro.es/ContenidoCartoGeologia.htm>

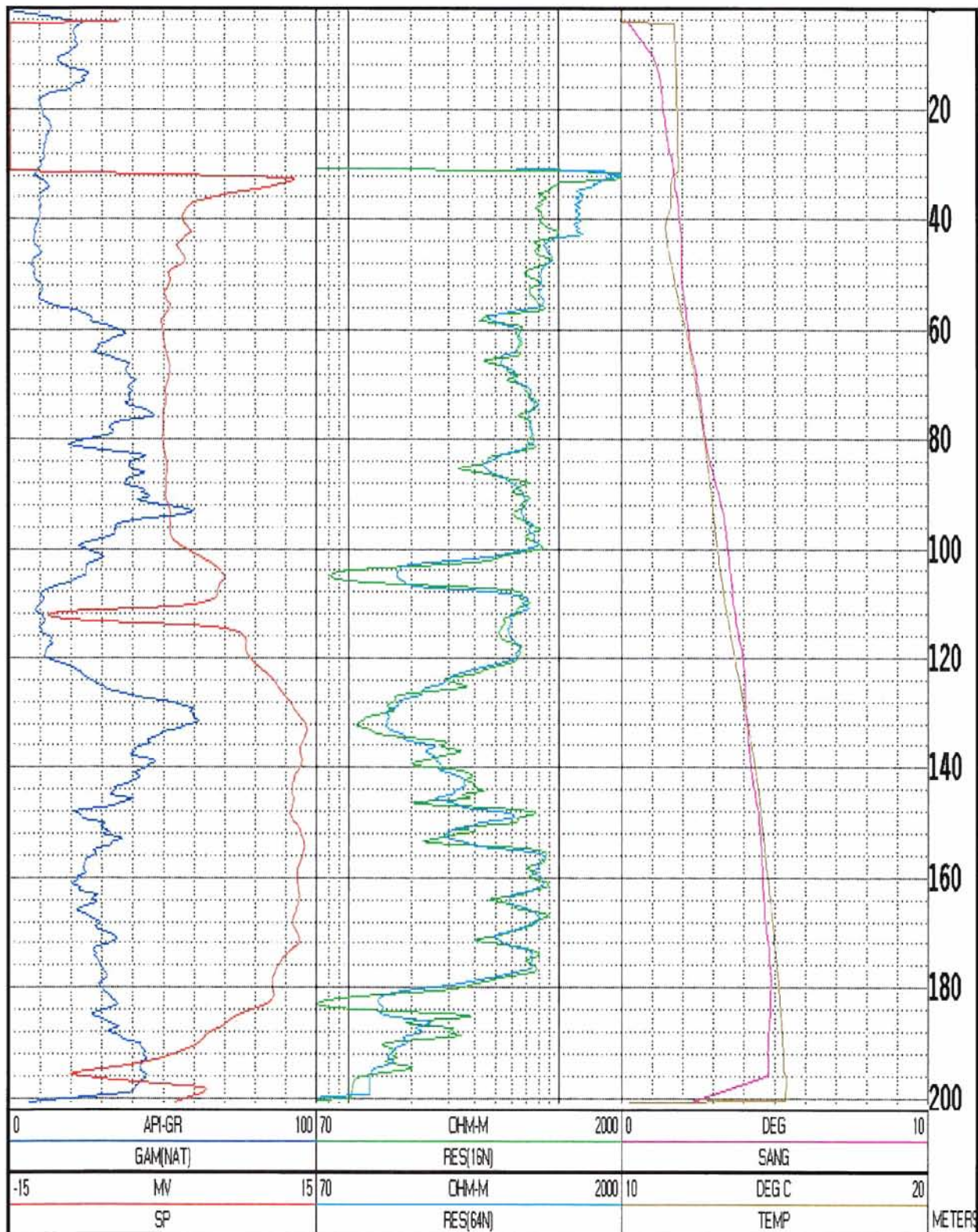
<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (MAGNA) HOJA 1:50.000 N° 135-SEDANO (1977).

MARTÍN-CHIVÉLET, J., BERÁSTEGUI, X., ROSALES, I., VILAS, L., VERA, J.A., CAUS, E., GRÄFE, K.-U., SEGURA, M., PUIG, C., MAS, R., ROBLES, S., FLOQUET, M., QUESADA, S., RUIZ-ORTIZ, P.A., FREGENAL-MARTÍNEZ, M.A., SALAS, R., GARCÍA, A., MARTÍN-ALGARRA, A., ARIAS, C., MELÉNDEZ, N., CHACÓN, B., MOLINA, J.M., SANZ, J.L., CASTRO, J.M., GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., CARENAS, B., GARCÍA-HIDALGO, J., GIL, J. Y ORTEGA, F. (2002): Cretaceous. En: *Geology of Spain* (W. Gibbons, W. y M.T. Moreno, Eds.). Geological Society of London, 255-292.

## **ANEJO 3 GEOFÍSICA**

# SONDEO: 09-102-01 TUBILLA DEL AGUA



**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE**  
**SECRETARIA GENERAL PARA EL TERRITRIO Y LA BIODIVERSIDAD**

**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**



**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE  
CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA  
RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS  
DE LA CUENCA DEL EBRO.**

**TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA DEL SONDEO  
“09-102-01 TUBILLA DEL AGUA” EN  
TUBILLA DEL AGUA (BURGOS)**

Noviembre de 2004





**Sacyr**



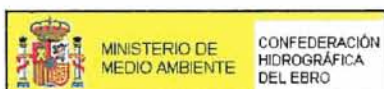
CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com



**TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA DEL SONDEO  
"09-102-01 TUBILLA DEL AGUA" EN TUBILLA DEL  
AGUA (BURGOS)**



BURGOS, NOVIEMBRE DE 2004

**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN  
DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

## ÍNDICE

	Páginas.
<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
2.1. VENTAJAS DE LA TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA .....	3
2.2. TIPOS DE PARÁMETROS .....	4
2.3. PRESENTACIÓN GENERAL DE LAS TESTIFICACIONES .....	5
2.4. EQUIPO DE TOMA DE DATOS .....	6
<b>3. TRABAJO REALIZADO .....</b>	<b>9</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS .....	10
3.2. PROCESADO DE DATOS .....	17
3.3. REGISTROS GEOFÍSICOS .....	18
<b>4. RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>23</b>

## ANEXOS

- ANEXO-I:**           DIAGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA A ESCALA AMPLIADA.
- ANEXO-II:**        LISTADO DE VALORES DE DESVIACIÓN



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-1

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El día 4 de noviembre 2004 se procedió, por parte de la Compañía General de Sondeos, a la testificación geofísica del sondeo "09-102-01 TUBILLA DEL AGUA", ubicado en el término municipal Tubilla del Agua, en la provincia de Burgos, tal y como se muestra en el mapa de situación geográfica de la figura.-1.

El objetivo fundamental de la testificación geofísica es diferenciar los tramos porosos y permeables, para determinar los materiales susceptibles de aportar agua a la perforación, con el fin de, posteriormente, proceder a la colocación de filtros en los tramos más adecuados.

También constituye un importante objetivo la determinación de las características constructivas, como son la verticalidad y desviación del sondeo, para proceder de la forma más correcta a la entubación del mismo.

Mediante la testificación geofísica hemos realizado la medición de ciertos parámetros físicos, que nos han permitido evaluar las zonas más porosas y permeables capaces aportar agua a la perforación y el cálculo de la inclinación y desviación a lo largo de todo el sondeo.





CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-2

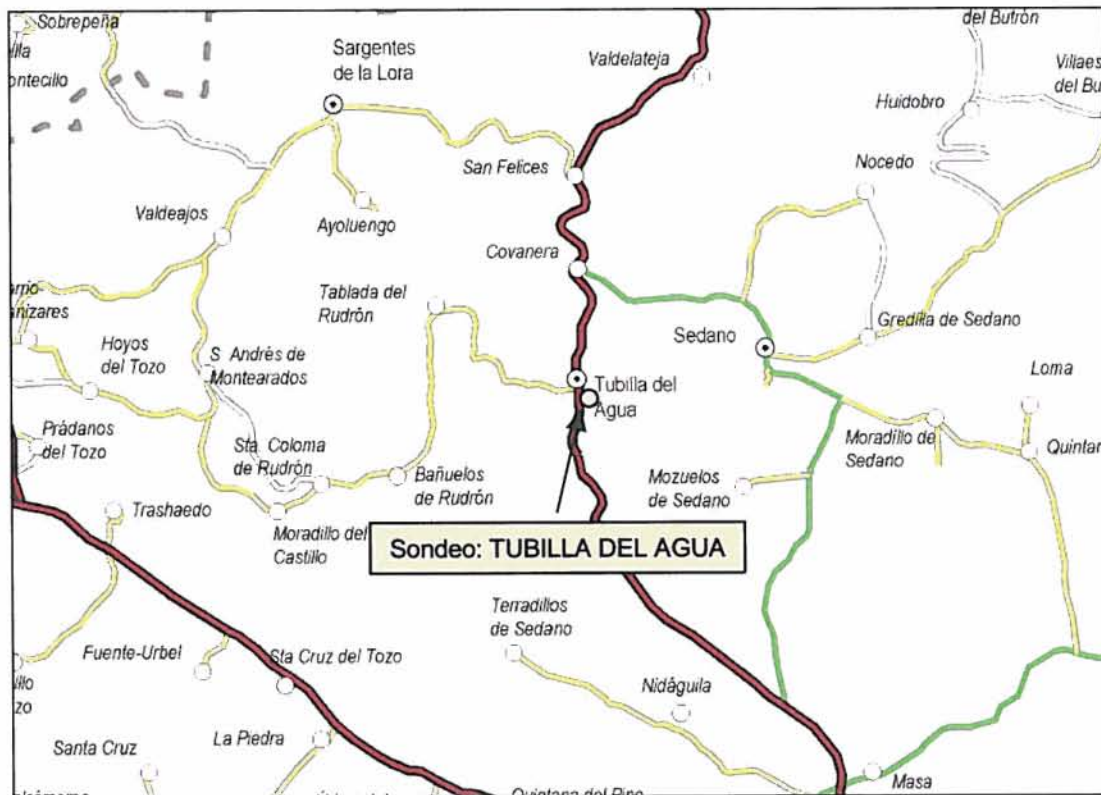


Figura.-1 Situación geográfica de la zona de estudio



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-3

## 2. METODOLOGÍA

La obtención y estudio de los fragmentos del terreno extraídos de un sondeo durante la perforación se llama testificación mecánica.

La testificación geofísica estudia el material que se encuentra en torno al sondeo a través de técnicas geofísicas. Es decir, mide y registra ciertas propiedades físicas del terreno perforado, con equipos cuya filosofía es similar a los empleados en geofísica de superficie.

### 2.1. VENTAJAS DE LA TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

La geofísica de sondeos o testificación geofísica, presenta varias ventajas respecto a la geofísica de superficie.

- Su operación es más sencilla. Todos los componentes del sistema de medida y registro se localizan en la superficie, próximos al sondeo, y en el interior del mismo, por lo que el espacio necesario para trabajar es fijo y reducido.
- El equipo empleado para la toma de datos en el interior del sondeo va sujeto a un cable que se maniobra fácilmente desde la superficie mediante un motor.
- La señal registrada proviene de una zona localizada frente al equipo en el interior del sondeo.
- El registro obtenido es continuo a lo largo de la zona barrida por el equipo dentro del sondeo.

Respecto a la testificación mecánica, la testificación geofísica tiene las siguientes ventajas:



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-4

- Se requiere menos tiempo en alcanzar la información puesto que se puede perforar sin necesidad de obtener testigo, y, por otra parte, el análisis de los datos es más rápido.
- Se obtiene información a todo lo largo del sondeo. En determinados terrenos, por ejemplo, en los terrenos blandos, es muy difícil obtener testigo mecánico, mientras que las medidas geofísicas siempre pueden obtenerse al hacerse en las paredes del sondeo, que son más fáciles de conservar.
- La testificación geofísica proporciona datos del terreno in situ, tal como se encuentra durante la toma de medidas. El testigo puede alterar sus características durante el periodo de tiempo que transcurre desde que se obtiene hasta que se analiza.
- La realización de la testificación geofísica es más económica que la testificación mecánica. Además, el almacenaje, el acceso y el manejo de datos son más sencillos y económicos.
- La testificación geofísica es un documento objetivo, que revaloriza en cualquier momento la costosa obra de perforación.

## 2.2. TIPOS DE PARÁMETROS

Las propiedades físicas de las rocas que pueden medirse en un sondeo son las mismas que las utilizadas en la geofísica de superficie: potencial espontáneo, resistividad eléctrica, radiactividad natural, velocidad de las ondas sísmicas mecánicas, densidad susceptibilidad magnética, etc.

La forma de hacer las medidas se brinda, sin embargo, a una mayor gama de posibilidades, al estar los sensores mucho más próximos a las formaciones geológicas y al desplazarse de forma continua a lo largo del sondeo.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-5

Una misma propiedad física de las rocas, puede medirse con distintos tipos de dispositivo, dando lugar a lo que se denominan parámetros de testificación. Cada parámetro informa de un aspecto distinto de las propiedades de las rocas atravesadas.

Una característica esencial de la testificación geofísica, es que sistemáticamente se miden varios parámetros en un mismo sondeo, lo que posibilita aún más la obtención de información fiable.

Los tipos de parámetros que se obtienen se clasifican en los siguientes grupos:

- *Eléctricos.* Potencial Espontáneo, Resistencia, Resistividad Normal, Resistividad Lateral, Resistividad Focalizada, Inducción, Resistividad del Fluido y Buzometría.
- *Radiactivos.* Gamma Natural, Gamma gamma, Neutrón y Espectrometría.
- *Sísmicos.* Sónicos y Tren de ondas.
- *Mecánicos.* Flujometría y Calibre.
- *Especiales.* Inclinación y Desviación del sondeo, Temperatura, gravedad, Magnetismo, Radar, Microescaner, Televiewer y Vídeo.

### 2.3. PRESENTACIÓN GENERAL DE LAS TESTIFICACIONES

El equipo en el interior del sondeo se desplaza a una velocidad determinada, midiendo habitualmente de forma continua, si bien algunos parámetros se miden de forma discreta. Esta medida se transmite para ser registrada en la superficie y se representa en un gráfico denominado DIAGRAFÍA o LOG. Con el mismo equipo y a la misma vez se obtienen varias diagrafías.

En el eje horizontal se presenta en escala lineal o logarítmica el valor de la medida realizada, y en el eje vertical y en sentido descendente se expresa la profundidad. En la presentación de las diagrafías es habitual dibujar unas líneas de referencia a intervalos regulares para facilitar las lecturas.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -6

Los datos se representan gráficamente a medida que se van obteniendo y, además, se procede a su digitalización y almacenamiento en soporte magnético para su posterior procesado.

De cada sondeo testificado se conserva una serie de datos donde se incluye información general del sondeo, de la perforación y la testificación.

#### 2.4. EQUIPO DE TOMA DE DATOS

Un equipo de testificación geofísica se compone de los siguientes elementos:

- *Sonda*: Es la parte que se introduce en el sondeo y convierte el parámetro registrado en señal eléctrica. Según el tipo de sonda se obtiene un tipo de diagráfia.

En general, se puede decir que en el interior de cada sonda existe:

- Un sistema generador de un campo físico, (eléctrico, radiactivo, electromagnético, onda mecánica, etc...).
- Un sistema detector de la respuesta que el terreno produce a la acción del campo original, y de la que se deducirá el tipo de terreno del que se trata.
- Un convertidor de la señal, (nuestro equipo digitaliza la señal directamente de la sonda).
- La fuente de alimentación necesaria para el funcionamiento de los componentes electrónicos de la sonda.
- *Cable*: Tiene varias funciones: Soportar la sonda, llevar energía a la misma y enviar la señal de la sonda a la superficie.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-7

- *Sistema de control de la profundidad:* Mide la longitud del cable introducido en el sondeo, para conocer la profundidad a la que se encuentra la sonda y se realiza la medida.
- *Cabrestante y motor:* En el cabrestante se encuentra arrollado el cable y se mueve a una velocidad controlada por el operador. Desde el final del cable, en el cabrestante, se toman las señales transmitidas desde la sonda.
- *Equipo de superficie:* Incluye, entre otros, todos los elementos de comunicación con la sonda, controlando su desplazamiento y operación, registro y grabación de la señal.

El conjunto de todo el equipo forma parte de una unidad que, en nuestro caso, va incorporada en un vehículo de la marca Ford, modelo Custom-250.

El equipo de testificación geofísica utilizado, en el presente trabajo, ha sido el equipo CENTURY COMPU-LOG-III, del cual adjuntamos, en la figura.-2, una ficha técnica del mismo.



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-8

## EQUIPO CENTURY COMPU-LOG-III



### UTILIDADES

El equipo **CENTURY COMPU-LOG-III** es un equipo digital de última generación de **testificación geofísica** que dispone de las sondas necesarias para registrar los siguientes parámetros :

- Potencial espontáneo
- Resistencia monoelectrónica
- Resistividad normal (16" y 64")
- Resistividad lateral
- Conductividad
- Gamma natural
- Densidad
- Porosidad
- Sónico
- Flujometría
- Calibre
- Inclinación
- Desviación
- Temperatura

### ALGUNAS APLICACIONES

- Definición de litologías
- Identificación de acuíferos
- Fracturación
- Calidad del agua
- Porosidad de las rocas
- Grado de compactación
- Desviación e inclinación

### COMPONENTES

- Ordenador Pentium II
- Impresora
- cabrestante de 1500 m.
- Hidráulico
- Alternador
- sondas
- Fuente de alimentación
- Programa de adquisición de datos PCL
- Programa de procesado de datos ACL

Todo montado sobre un vehículo todo terreno marca Ford Custom

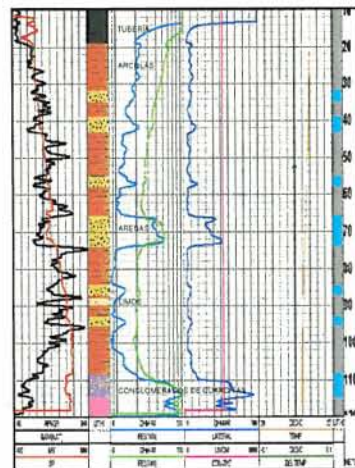


Figura.-2 Equipo de Testificación Geofísica CENTURY COMPU-LOG



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-9

### 3. TRABAJO REALIZADO

El sondeo "TUBILLA DEL AGUA" se testificó desde la superficie hasta los 201 metros de profundidad tomando como cota cero el ras de suelo.

#### DATOS DEL SONDEO

PROFUNDIDAD DEL SONDEO:	201 mts.	
PROFUNDIDAD TESTIFICADA:	201 mts.	
ENTUBADO:	De 0 a 11 mts.	
DIÁMETRO DE ENTUBACIÓN:	300 mm.	
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN:	220 mm.	
NIVEL FREÁTICO (durante la testificación):	31 mts.	
CONDUCTIVIDAD MEDIA NORMALIZADA A 25º C:	410 µs/cm	
TESTIFICADO CON LAS SONDAS:	9040 y 9055	
COORDENADAS DEL SONDEO:	X	0433883
	Y	4728827
	Z	706

Se han utilizado las sondas 9040 (hidrogeológica) y 9055 (desviación) que registran los siguientes parámetros:

#### *Sonda 9040 (hidrogeológica)*

- GAMMA NATURAL
- POTENCIAL ESPONTÁNEO
- RESISTIVIDAD NORMAL CORTA
- RESISTIVIDAD NORMAL LARGA
- RESISTIVIDAD LATERAL
- RESISTIVIDAD DEL FLUIDO
- TEMPERATURA
- DELTA DE TEMPERATURA





CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-10

### Sonda 9055 (desviación)

- PROFUNDIDAD
- DISTANCIA
- DESVIACIÓN NORTE
- DESVIACIÓN ESTE
- INCLINACIÓN
- ACIMUT

### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS

**Gamma Natural:** Mide la radiactividad natural de las formaciones geológicas.

Los Rayos Gamma son ondas de energía electromagnética, emitida espontáneamente por los elementos radiactivos, como parte del proceso de conversión de masa en energía, o desintegración nuclear.

Cada isótopo radiactivo tiene unos niveles de emisión característicos. La energía emitida por una formación geológica es proporcional a la concentración en peso de material radiactivo que contiene. Es absorbida por la propia formación, en mayor grado cuanto mayor sea su densidad, por lo que la emisión recibida en la sonda es la que proviene de una distancia media no superior a los 0.3 metros.

En las rocas sedimentarias, los isótopos radiactivos se localizan fundamentalmente en las arcillas, mientras que las arenas limpias no tendrán emisiones de Rayos Gamma.

Los niveles de calizas y dolomías tampoco son radiactivos, mientras que las rocas ígneas, sobre todo el granito y las riolitas, tienen importantes concentraciones de isótopos de <sup>40</sup>k.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -11

La sonda contiene un detector de centelleo que detecta las radiaciones que llegan a la sonda en la unidad de tiempo.

Las unidades empleadas son cuentas o eventos radiactivos detectados en la unidad de tiempo (c.p.s.). Puesto que no todos los detectores son iguales, se ha definido la unidad normalizada llamada "API", como una fracción de la lectura, expresada en unidades c.p.s., realizada por la sonda en una formación tipo, dispuesta en un sondeo patrón artificial en USA.

**Potencial Espontáneo:** Mide la diferencia de potencial entre un electrodo fijo en la superficie (A) y otro que se mueve a lo largo del sondeo (B).

Las diferencias de potencial medidas se deben a desequilibrios iónicos que tienen lugar normalmente entre las superficies de separación de líquido-sólido o sólido de diferente permeabilidad, dando lugar a corrientes eléctricas de origen natural. Los desequilibrios iónicos pueden tener varios orígenes: de difusión, absorción, potenciales redox, y electrofiltración principalmente.

Para efectuar la medición la sonda consta de un electrodo que se introduce en el sondeo en contacto con las paredes. Otro de referencia permanece en la superficie en un medio húmedo. Los dos electrodos son idénticos y químicamente inertes y estables. Un microvoltímetro de alta impedancia mide y registra la diferencia de potencial entre ambos.

El valor medio de Potencial Espontáneo es directamente proporcional a la intensidad de la corriente que circula por el lodo. A lo largo de la misma capa, la intensidad permanece constante, por lo que los valores de Potencial Espontáneo son iguales y el registro es una línea recta. En la zona de contacto entre formaciones permeables e impermeables, la variación de la intensidad de la corriente es máxima y esto da lugar a una curvatura en el registro o una desviación de la señal.

La unidad de medida de la sonda es el milivoltio.

**Resistividad:** Mide la resistividad eléctrica de las formaciones.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-12

La resistividad de una formación expresa el grado de oposición al paso de la corriente eléctrica por un volumen definido de formación. Se simboliza por R y se expresa en ohm x m.

La sonda mide la resistividad eléctrica a través de la determinación de diferencias de potencial entre electrodos situados en la sonda. El volumen que afecta a la medida se puede controlar al variar el número y la disposición de electrodos en la sonda. En consecuencia, aunque el parámetro medido sea la resistividad, esta puede ser la del lodo, la de la formación en una zona no afectada por la perforación, o la de la formación en las proximidades del sondeo donde hay invasiones del lodo de perforación en el terreno.

Nosotros hemos medido con tres dispositivos diferentes:

- Un microdispositivo para medir la resistividad del fluido.
- Un dispositivo de 64" para medir la resistividad de la formación que no ha sido invadida por el lodo.
- Un dispositivo de 16" para medir la resistividad de la formación que ha sido invadida por el lodo.

**Resistividad del fluido:** Mide la resistividad del fluido que rellena el sondeo.

La medida se realiza con una sonda que dispone de un resistivímetro/conductivímetro adaptado para medir en el lodo. La unidad de medida es ohm x m. En general este tipo de registro se obtiene durante el recorrido de descenso de la sonda, para no perturbar las condiciones estabilizadas del lodo.

Permite determinar el contenido de sales disueltas en el fluido que rellena el sondeo por lo que tiene aplicación (si las circunstancias en las que se efectúa la medida son adecuadas), para conocer la calidad del agua de los acuíferos atravesados por el sondeo en un momento dado, así como su evolución en el tiempo.

En combinación con otros registros permite detectar zonas de fracturas.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-13

**Temperatura:** Mide la temperatura del fluido que rellena el sondeo.

Se sabe que la temperatura de las formaciones aumenta con la profundidad, llamándose *gradiente térmico* al aumento de temperatura por unidad de profundidad.

El gradiente geotérmico es variable según la situación geográfica y según la conductividad térmica de las formaciones: los gradientes son débiles en las formaciones que tienen una alta conductividad térmica, y elevados en caso contrario.

La variación de temperatura puede ser también debida al aporte de acuíferos.

El registro se debe hacer durante el descenso, a fin de no romper el equilibrio térmico por una mezcla del lodo ocasionada por el paso de la sonda y del cable.

**Profundidad:** Mide la profundidad real en vertical del sondeo.

**Distancia:** Mide la distancia en horizontal de cada profundidad del sondeo con respecto de la vertical.

**Desviación norte:** Mide la distancia en horizontal de cada profundidad del sondeo con respecto a la vertical hacia el norte.

**Desviación este:** Mide la distancia en horizontal de cada profundidad del sondeo con respecto a la vertical hacia el este.

**Inclinación y Acimut:** La sonda de verticalidad proporciona un registro continuo de la verticalidad y desviación del sondeo y del acimut de la desviación. Tras un posterior procesado de estos datos se obtiene la profundidad real y posición de cada punto del sondeo con respecto a un punto de referencia, normalmente la boca del sondeo o el pie de la tubería.

La medida de desviación del sondeo se obtiene mediante la utilización de cinco transductores, alineados según los tres ejes de la sonda de testificación: a) Dos inclinómetros definen los dos ejes menores de la sonda, "x" e "y", midiendo la desviación del sondeo con respecto a la



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -14

vertical y la dirección de la desviación con respecto al punto de referencia.  
b) Tres magnetómetros tipo fluxgate, instalados según los tres ejes de la sonda "x", "y" y "z", permiten conocer la orientación rotacional de la sonda, y junto con las medidas de desviación proporcionan el valor del acimut del punto de referencia con respecto al Norte Magnético.

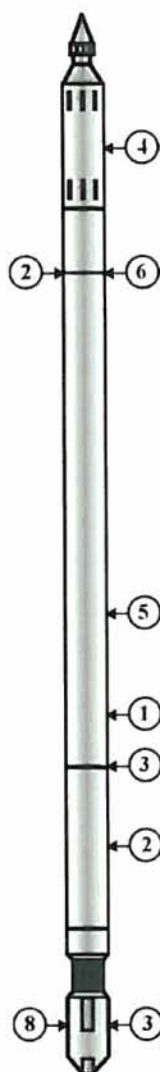
Las salidas de los cinco transductores son enviadas a la unidad de registro, donde son convertidas en lecturas de desviación y acimut en función de la profundidad. Posteriormente, las salidas son tratadas de forma que se obtiene la profundidad real y posición real del sondeo referido a un punto de referencia.

A continuación, en las figuras 3 y 4, presentamos dos fichas técnica con las características (peso, dimensiones, rango de lectura, dispositivo, presión, temperatura, velocidad del registro etc..) de las sondas 9040 (hidrogeológica) y 9055 (desviación)

## Sonda 9040 (hidrogeológica)

### Información general

La sonda 9040 es una sonda multiparmétrica que es capaz de medir 8 parámetros a la vez. Estos parámetros son: Gamma Natural, Potencial Espontáneo, Resistividad Normal Corta (16"), Resistividad Normal Larga (64"), Resistividad Lateral, Resistividad del Fluido, Temperatura y Delta de Temperatura.



### Ubicación de los sensores

1. Gamma Natural.
2. Resistividad (64").
3. Resistividad (16").
4. Resistividad fluido.
5. Resistividad Lateral.
6. Potencial Espont.
8. Temperatura y Delta de Tempera.

### Rango de respuesta de los sensores

- Gamma Natural: de 0 a 10.000 unidades API.
- Resistividades (64", 16" y Lateral.): de 0 a 3000 ohmios por metro.
- Potencial Espontáneo: de -100 a +400 mv.
- Temperatura: de 0º C a 56º C.
- Resistividad del fluido: de 0 a 100 ohmios por metro.

### Especificaciones

- Longitud: 2.13 mts.
- Diámetro: 64mm.
- Presión: 232 Kg/cm<sup>2</sup>
- Temperatura: 50º C.
- Peso: 15 Kg.
- Voltaje requerido: 50 V (DC).
- Velocidad de registro: 9 m/minuto.

Figura.-3 Sonda 9040 (hidrogeológica)

## Sonda 9055 (desviación)

### Información general

La sonda 9055 es una sonda multiparamétrica que mide 6 parámetros a la vez. Estos parámetros son: Gamma Natural, Potencial Espontáneo, Resistencia Monoeléctrica, Neutrón, Inclinación y Desviación.

Para la medida de Neutrón (con la que se calcula la porosidad), es necesario incorporar a la sonda una fuente radiactiva de  $Am^{241}Be$ , que tiene una intensidad de 1Cu.

### Ubicación de los sensores

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. Inclinación          | 2. Gamma Natural    |
| 3. Neutrón              | 4. Desviación       |
| 5. Potencial Espontáneo | 6. Resistencia Mon. |
| 7. Fuente Radiactiva    |                     |

### Rango de respuesta de los sensores

- Inclinación: de 0 a 45 grados.
- Gamma Natural: de 0 a 10.000 unidades API.
- Neutrón: de 0 a 10.000 unidades API.
- Desviación: de 0 a 360 grados.
- Potencial Espontáneo: de -400 a 400 mv.
- Resistencia Monoeléctrica: de 0 a 3000 ohms
- Porosidad: de -10 a 100%.

### Especificaciones

- Longitud: 2.90 mts.
- Diámetro: 46 mm.
- Presión: 232 Kg/cm<sup>2</sup>
- Temperatura: 85° C.
- Peso: 32 Kg.
- Velocidad de registro: 9 m/minuto.

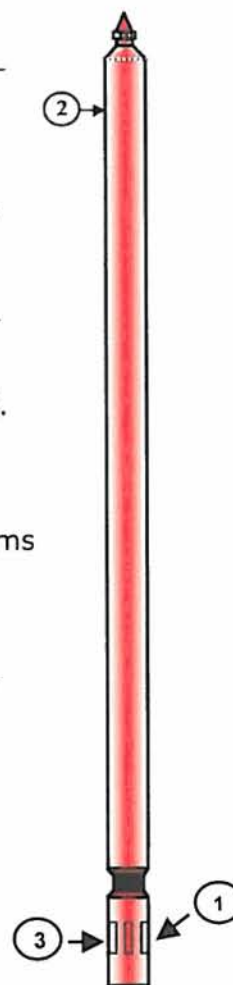


Figura.-4 Sonda 9055 (desviación)



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

### 3.2. PROCESADO DE DATOS

Los datos obtenidos en la testificación geofísica con las sondas 9040 y 9055 han sido procesados mediante el programa ACL de la casa CENTURY GEOPHYSICAL CORPORATION.

Este programa permite efectuar cualquier cálculo con las diagragfías registradas, así como la presentación y distribución de litologías, según se muestra en la ventana del programa ACL de la figura.-5.

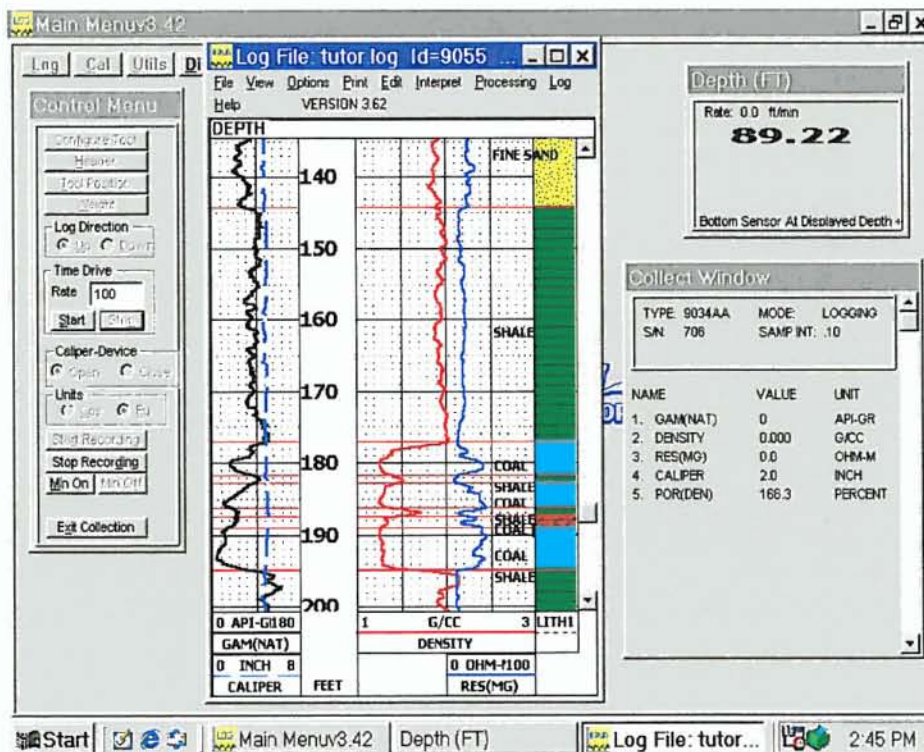


Figura.-5 Ventana de trabajo del programa ACL





CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ºA. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-18

De la Resistividad del fluido hemos calculado la conductividad del agua del sondeo, pero a la temperatura que tiene el sondeo en el momento de efectuar el registro. Para normalizarla a 25° C utilizamos la expresión:

$$LG(\text{CON}-25^{\circ} \text{C}) = LG(\text{CON}) \times (46.5 / (LG(\text{TEM}) + 21.5))$$

Donde:

$LG(\text{CON}-25^{\circ} \text{C})$  = Registro de Conductividad Normalizada a 25° C.

$LG(\text{CON})$  = Registro de Conductividad efectuado en el sondeo.

$LG(\text{TEM})$  = Registro de Temperatura efectuado en el sondeo.

### 3.3. REGISTROS GEOFÍSICOS

En la figura.-6, se ha representado la totalidad del Log registrado con la sonda 9040 (hidrogeológica), con el fin de tener una visión global del mismo.

En la pista número uno, se encuentran los registros de Gamma Natural y Potencial Espontáneo, con escalas comprendidas entre 0 y 100 unidades API, para el Gamma Natural, y de -30 a 20 Milivoltios, para el Potencial Espontáneo. En la pista número dos, están representados en color azul, los tramos más porosos y permeables elegidos como más favorables a la hora de aportar agua a la perforación. En la número tres, los registros de Resistividad Normal Corta y Resistividad Normal Larga, cuyas escalas logarítmicas van de 70 a 1600 Ohm x m. En la cuarta, la Resistividad Lateral y la Conductividad Normalizada a 25° C, con escalas, de 0 a 1000 Ohm x m para la Resistividad Lateral, y de 0 a 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , para la Conductividad Normalizada. Por último, en la pista número cinco, están los parámetros de Temperatura (escala de 10 a 20° C) y Delta de Temperatura (escala de -0.1 a 0.1° C).



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -19

En el ANEXO-I, se presenta en diferentes páginas, a una escala ampliada, la totalidad del Log para poder observar cada parámetro registrado con más detalle.

En la FIG.-7, hemos representado únicamente los parámetros de desviación medidos con la sonda 9055 (desviación)

En esta diagráfía, tenemos en la pista número uno la Profundidad y la Distancia, con escalas comprendidas entre 0 y 201 metros para la Profundidad y de 0 a 20 metros para la Distancia. En la pista número dos, la Desviación Norte y la Desviación Este, con escala de -10 a 10 metros, para ambas. Por último, en la pista número tres, se encuentran los registros de Inclinación y Acimut, con escalas de 0 a 10 grados para la Inclinación y de 0 a 500 grados para el Acimut.

En el ANEXO II, se presenta un listado de valores de desviación a intervalo de 2 metros de los parámetros de Profundidad, Distancia, Inclinación, Desviación Norte, Desviación Este y Acimut.

En la FIG.-8, está representada la gráfica de desviación del sondeo vista en planta, en la que se muestra los valores de Acimut y la distancia de la desviación con respecto a la vertical.



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-20

**SONDEO: 09-102-01 TUBILLA DEL AGUA**

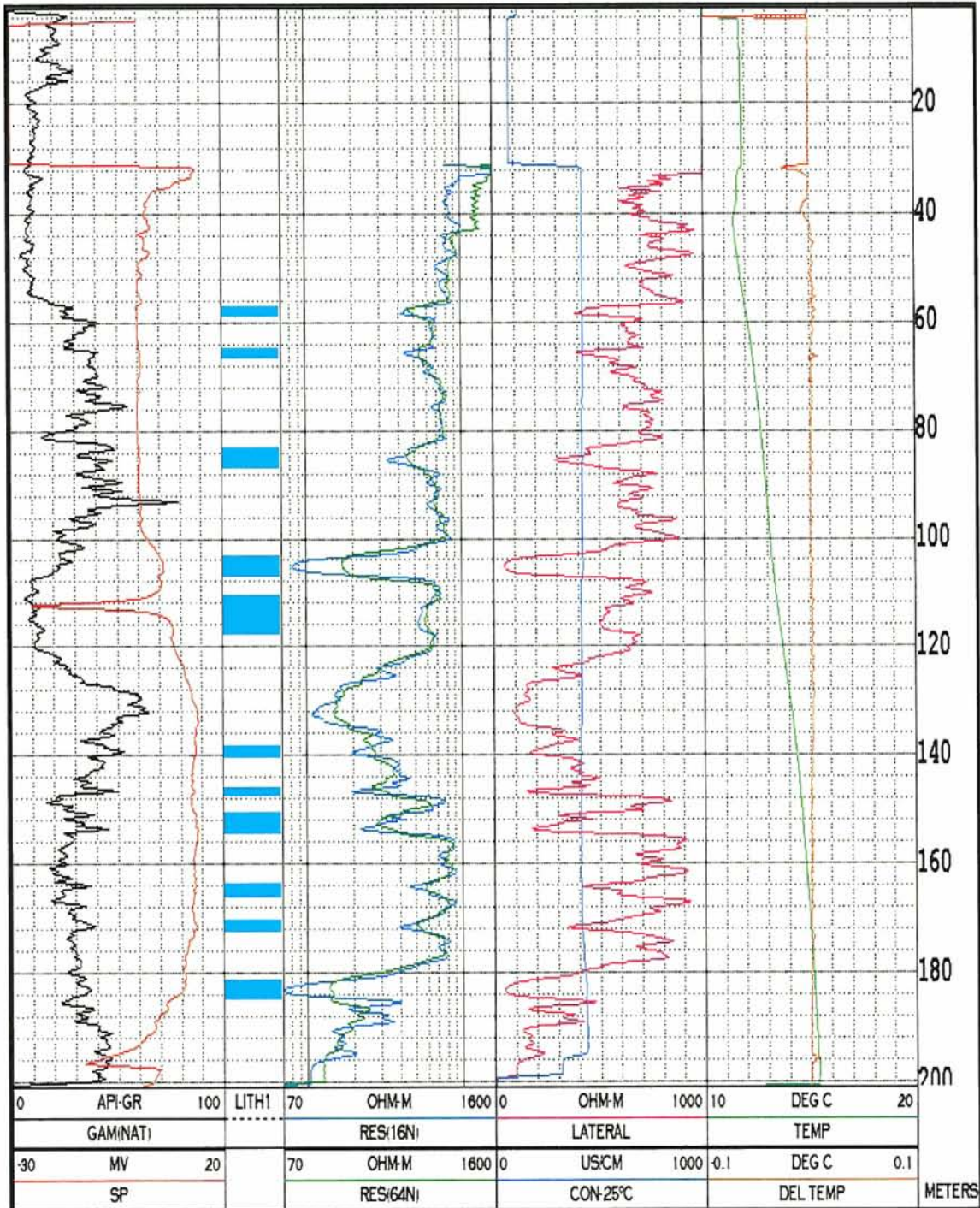


Figura.-6 Diagrafía hidrogeológica

**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



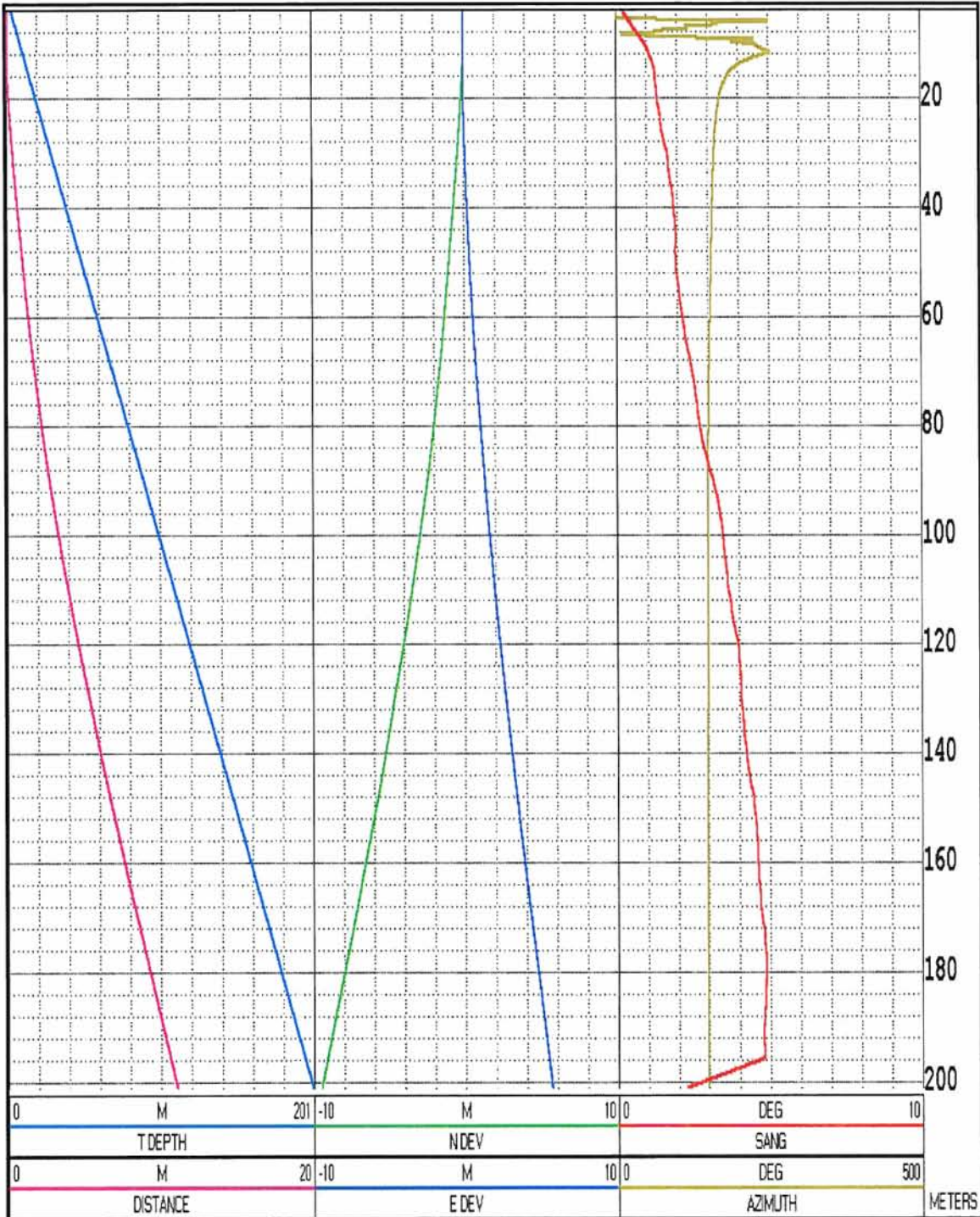
CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -21

**SONDEO: 09-102-01 TUBILLA DEL AGUA**



**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-22

Figura.-7 Diagrafía de desviación

SONDEO: 09-102-01 TUBILLA DEL AGUA

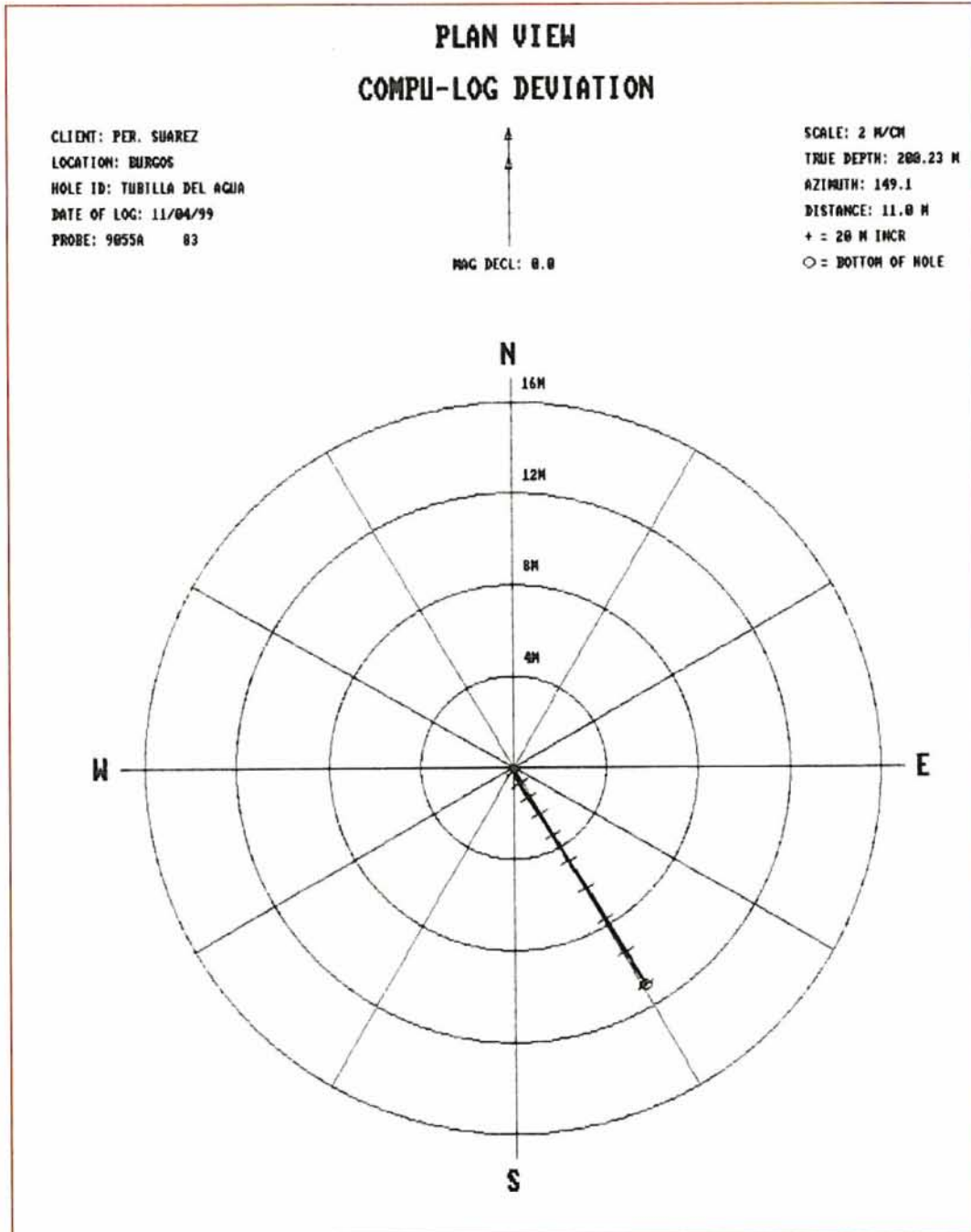


Figura.-8 Gráfica de desviación vista en planta



CENTRAL:  
 Nuñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 Tel.: 91 5455589  
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA  
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-23

#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

De la respuesta obtenida con la sonda 9040 (hidrogeológica), que registra los parámetros de Gamma Natural, Resistividad Normal corta y larga, Resistividad Lateral, Potencial Espontáneo, Temperatura y Conductividad, se han evaluado los tramos con mayor aporte de agua al sondeo, correspondiendo con las zonas más porosas y permeables, y confeccionado la siguiente tabla:

TRAMOS CON APORTE DE AGUA	ESPESOR
Tramo de 57 m. a 59 m.	2 m.
Tramo de 65 m. a 66.5 m.	1.5 m.
Tramo de 83 m. a 87 m.	4 m.
Tramo de 103 m. a 107 m.	4 m.
Tramo de 110.5 m. a 117.5 m.	7 m.
Tramo de 138 m. a 140 m.	2 m.
Tramo de 146 m. a 147 m.	1 m.
Tramo de 150.5 m. a 154.5 m.	4 m.
Tramo de 163.5 m. a 166 m.	2.5 m.
Tramo de 170 m. a 172 m.	2 m.
Tramo de 181 m. a 184.5 m.	3.5 m.

De la respuesta obtenida con la sonda 9055 (desviación) que mide la desviación e inclinación del sondeo se han obtenido los siguientes resultados:

- La distancia de máxima desviación con la vertical a los 200 metros de profundidad ha sido de 10,98 metros.



CENTRAL:  
Nuñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
Tel.: 91 5455589  
Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ª. 50009 ZARAGOZA  
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-24

- El Acimut mantiene una media aproximada de 150°.
- El sondeo se desvía progresivamente llegando a alcanzar los 4,9° al final del sondeo.

Fdo: José Luengo  
Geofísico  
Dto. Geofísica CGS

Rvsdo: Sergio Yeste  
Jefe de Obra  
Hidrogeología

VºBº: Javier Almoguera  
Jefe  
Hidrogeología

Burgos, noviembre de 2004



**C/ Núñez de Balboa, 81**  
**28006 MADRID**  
tf: 915455579 / fax: 914352259

---

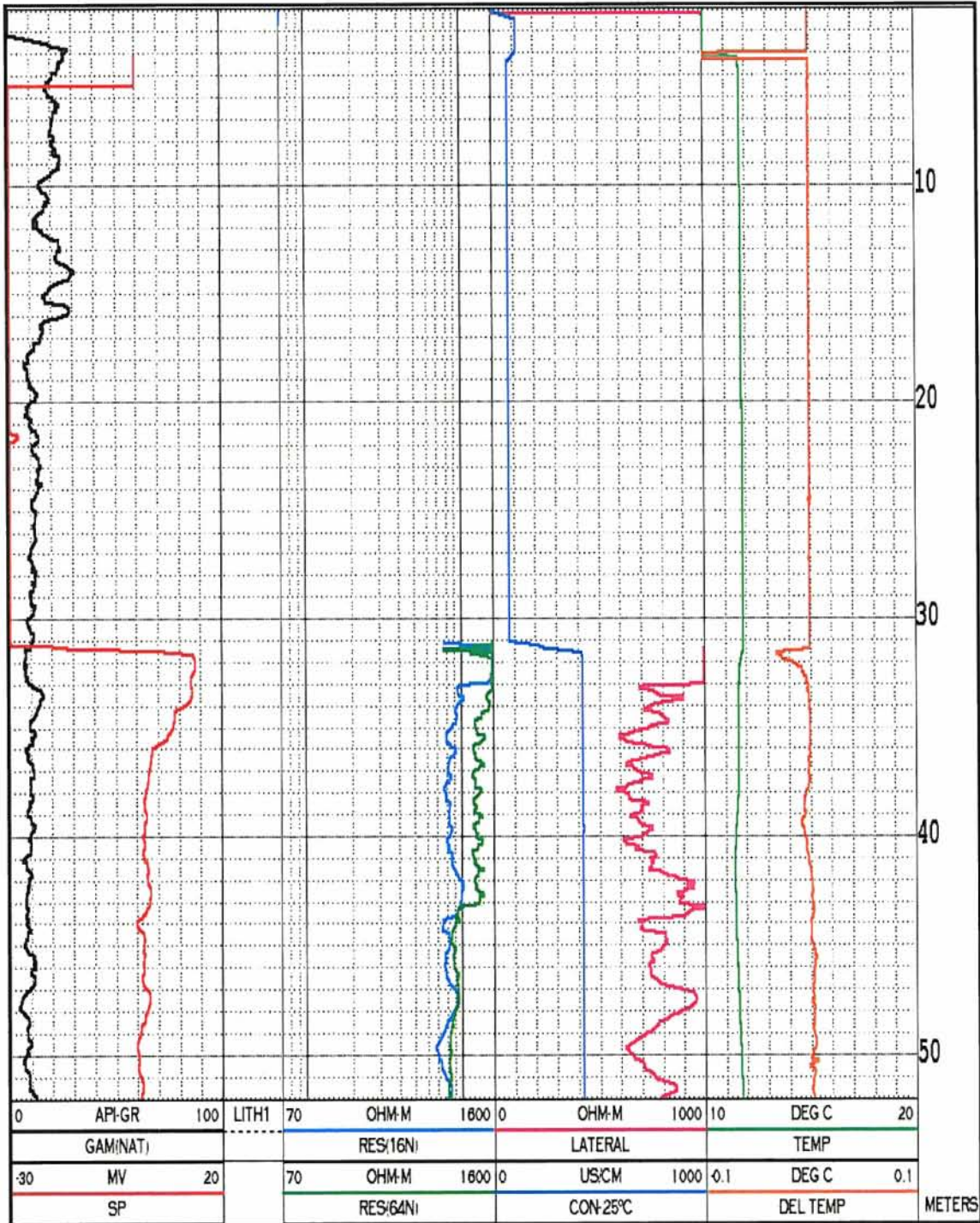
## **ANEXO -I**

**DIAGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA A ESCALA AMPLIADA**



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

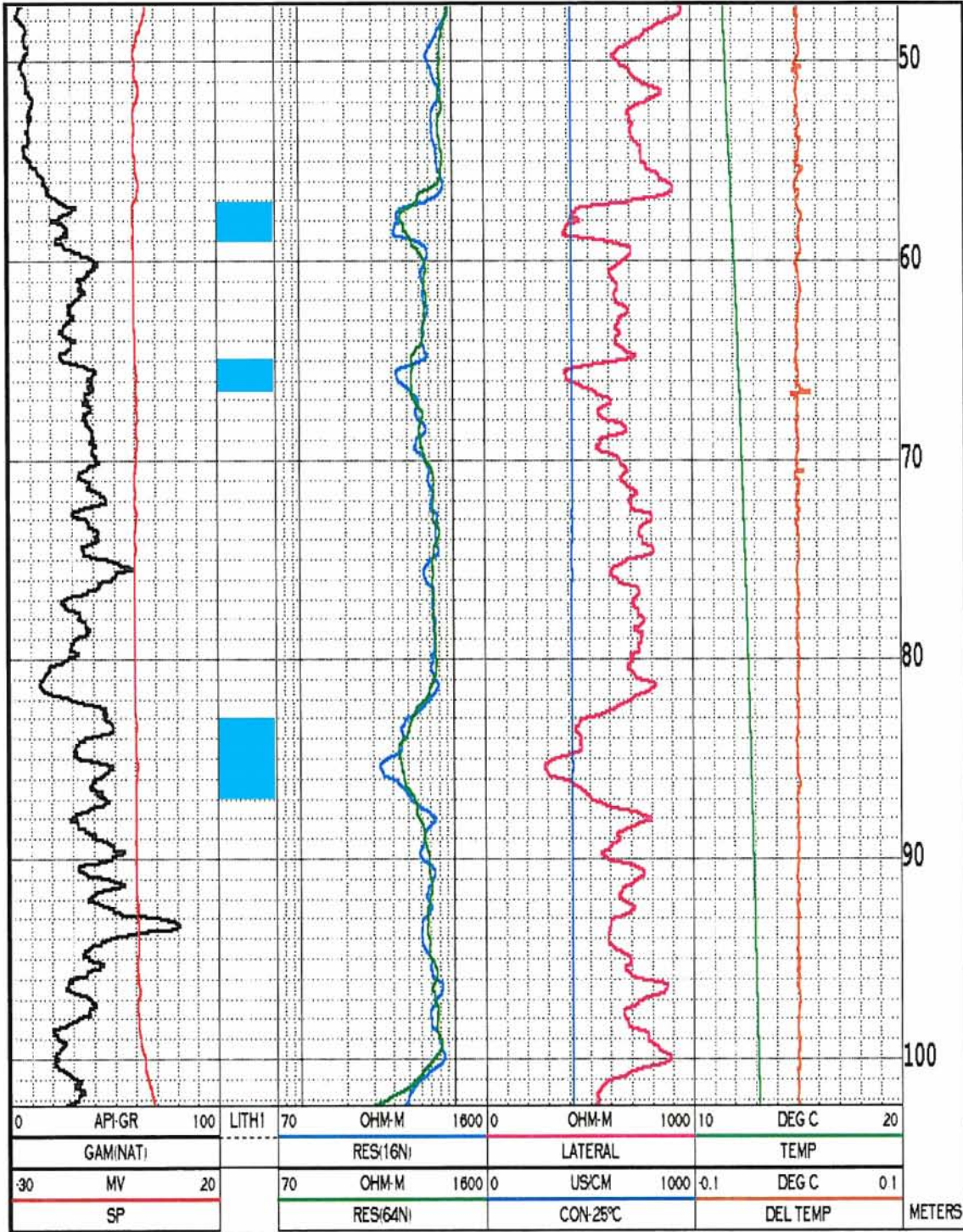
**SONDEO: 09-102-01 TUBILLA DEL AGUA**



**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**

C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

**SONDEO: 09-102-01 TUBILLA DEL AGUA**

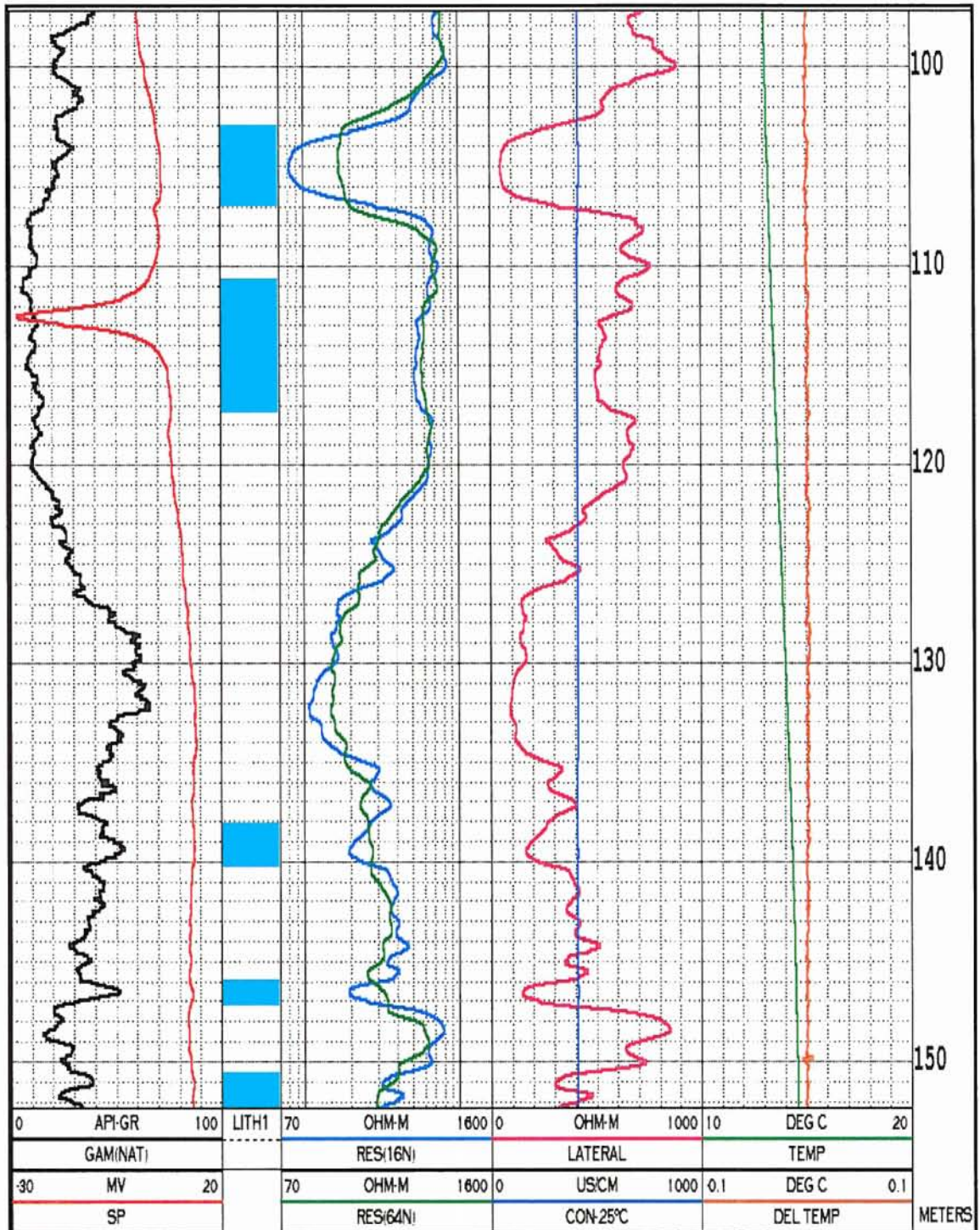


**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

**SONDEO: 09-102-01 TUBILLA DEL AGUA**

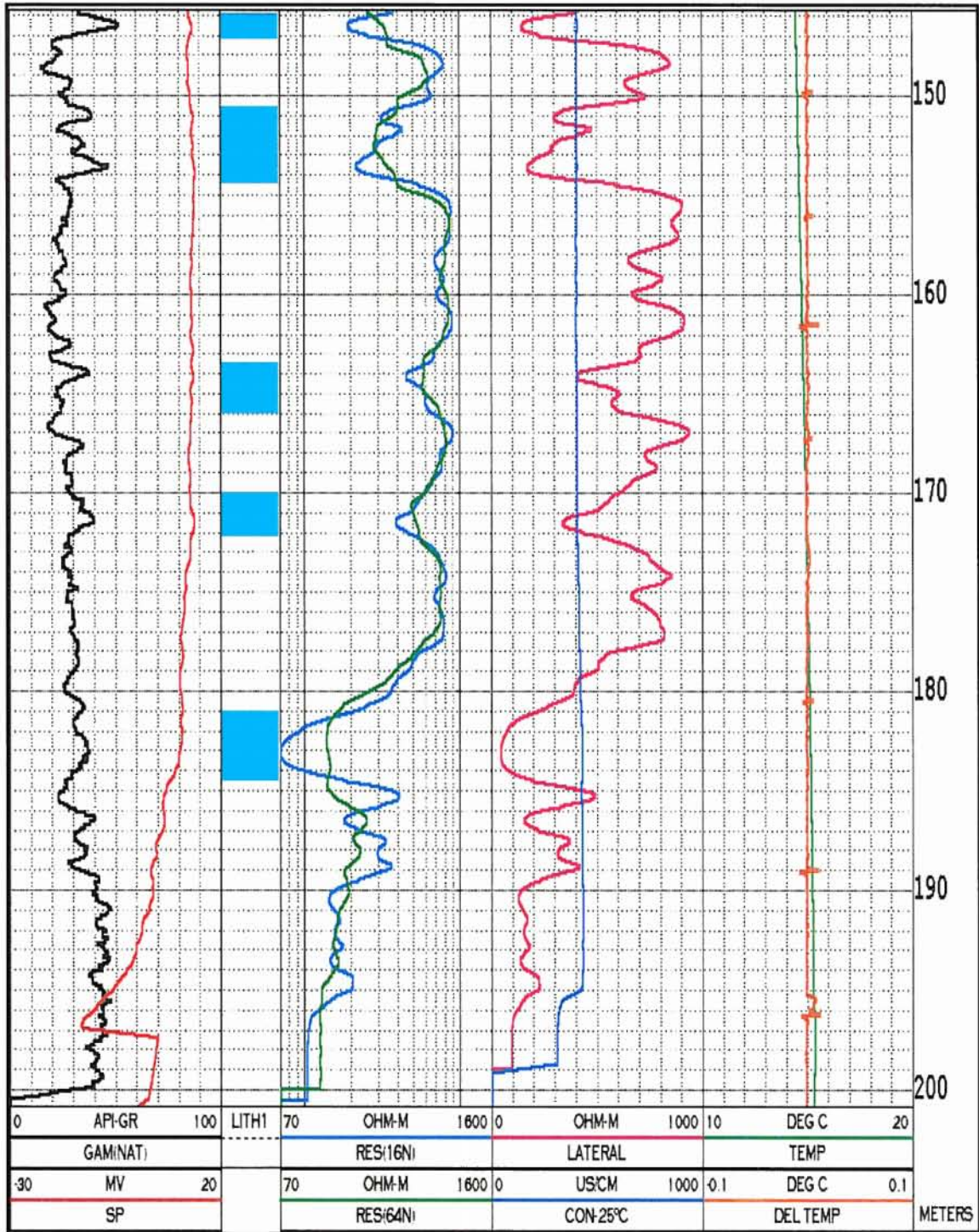


**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



C/ Núñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 tf: 915455579 / fax: 914352259

**SONDEO: 09-102-01 TUBILLA DEL AGUA**



**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

---

## ANEXO -II

### LISTADO DE VALORES DE DESVIACIÓN



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.36	0.00	0.00	117
8	0.00	0.76	0.00	0.00	177
10	0.01	1.18	-0.01	-0.01	228
12	0.03	1.21	-0.02	-0.03	237
14	0.06	1.24	-0.06	-0.02	200
16	0.09	1.23	-0.10	0.00	182
18	0.13	1.47	-0.14	0.01	174
20	0.18	1.44	-0.19	0.03	169
22	0.23	1.37	-0.23	0.05	167
24	0.27	1.38	-0.27	0.07	165
26	0.32	1.57	-0.32	0.09	163
28	0.38	1.65	-0.37	0.11	162
30	0.44	1.60	-0.42	0.14	161
32	0.49	1.77	-0.47	0.16	160
34	0.55	1.84	-0.53	0.19	160
36	0.62	1.81	-0.58	0.22	159
38	0.68	1.76	-0.64	0.25	158
40	0.74	2.01	-0.70	0.27	158
42	0.81	1.99	-0.76	0.31	158
44	0.88	1.95	-0.82	0.34	157
46	0.95	2.01	-0.88	0.37	157
48	1.02	1.94	-0.94	0.40	156
50	1.08	1.96	-1.00	0.43	156
52	1.15	1.95	-1.06	0.47	156
54	1.22	2.00	-1.12	0.50	155
56	1.29	2.14	-1.18	0.54	155
58	1.37	2.19	-1.24	0.58	154
60	1.44	2.15	-1.30	0.63	154
62	1.51	2.18	-1.36	0.67	153
64	1.59	2.34	-1.43	0.71	153
66	1.67	2.37	-1.50	0.76	153
68	1.76	2.43	-1.57	0.80	153
70	1.84	2.49	-1.64	0.85	152
72	1.93	2.59	-1.71	0.90	152
74	2.02	2.61	-1.79	0.95	152
76	2.11	2.68	-1.86	1.00	152
78	2.20	2.67	-1.94	1.05	151
80	2.30	2.74	-2.02	1.11	151
82	2.39	2.80	-2.10	1.16	151
84	2.49	2.86	-2.18	1.22	151
86	2.59	2.98	-2.26	1.27	150
88	2.70	3.07	-2.35	1.33	150
90	2.81	3.19	-2.45	1.39	150

**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



C/ Núñez de Balboa, 81  
 28006 MADRID  
 tf: 915455579 / fax: 914352259

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
92	2.92	3.23	-2.54	1.44	150
94	3.03	3.45	-2.64	1.50	150
96	3.15	3.36	-2.74	1.56	150
98	3.27	3.50	-2.85	1.62	150
100	3.39	3.38	-2.95	1.69	150
102	3.51	3.52	-3.04	1.76	150
104	3.63	3.59	-3.15	1.82	149
106	3.76	3.57	-3.26	1.89	149
108	3.88	3.70	-3.36	1.95	149
110	4.01	3.60	-3.47	2.02	149
112	4.14	3.67	-3.58	2.08	149
114	4.27	3.75	-3.69	2.15	149
116	4.40	3.98	-3.81	2.22	149
118	4.53	3.87	-3.92	2.28	149
120	4.67	3.91	-4.04	2.35	149
122	4.81	4.07	-4.16	2.43	149
124	4.95	4.11	-4.28	2.50	149
126	5.09	4.03	-4.40	2.57	149
128	5.23	4.03	-4.52	2.65	149
130	5.37	4.12	-4.64	2.72	149
132	5.52	4.06	-4.76	2.80	149
134	5.66	4.13	-4.88	2.88	149
136	5.80	4.23	-5.00	2.96	149
138	5.95	4.17	-5.12	3.04	149
140	6.10	4.22	-2.24	3.12	149
142	6.24	4.27	-5.37	3.19	149
144	6.39	4.36	-5.50	3.27	149
146	6.55	4.38	-5.62	3.36	149
148	6.70	4.45	-5.72	3.44	149
150	6.85	4.48	-5.89	3.52	149
152	7.01	4.65	-6.02	3.60	149
154	7.17	4.49	-6.16	3.68	149
156	7.33	4.57	-6.30	3.76	149
158	7.49	4.60	-6.43	3.84	149
160	7.65	4.64	-5.57	3.93	149
162	7.81	4.66	-6.71	4.01	149
164	7.97	4.58	-6.85	4.09	149
166	8.14	4.66	-6.98	4.18	149
168	8.30	4.73	-7.12	4.27	149
170	8.46	4.78	-7.26	4.35	149
172	8.63	4.73	-7.40	4.44	149
174	8.80	4.80	-7.55	4.53	148
176	8.97	4.95	-7.69	4.61	148
178	9.14	4.88	-7.84	4.71	148

**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



C/ Núñez de Balboa, 81  
28006 MADRID  
tf: 915455579 / fax: 914352259

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
180	9.31	4.88	-7.98	4.80	148
182	9.48	4.87	-8.12	4.89	148
184	9.64	4.84	-8.27	4.98	148
186	9.81	4.84	-8.41	5.06	148
188	9.98	4.86	-8.56	5.15	148
190	10.15	4.78	-8.70	5.23	148
192	10.31	4.74	-8.84	5.32	148
194	10.48	4.76	-8.99	5.40	148
196	10.65	4.81	-9.13	5.49	148
198	10.81	4.90	-9.27	5.57	148
200	10.98	4.16	-9.42	5.65	148

**EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.**



## **ANEJO 4**

### **ENSAYO DE BOMBEO**

**ENSAYO DE BOMBEO**

Localidad Tubilla del agua (Burgos)  
 Nº Registro IPA 1908-5-0009  
 Profundidad Sondeo 200 m  
 Coordenadas UTM Pozo Piezómetro  
 X 434007  
 Y 4729027  
 Z 770

Fecha Ensayo 9 de mayo de 2005  
 Nivel estático inicial 30.94  
 Profund. Aspiración 142.68

Bomba CAPRARI 6" E6S 54/20 50 C

Grupo DEUSCH 10KVA 150 CV  
 Alternador MERCATE

**Piezómetro (nº IPA)**

Profundidad  
 Distancia  
 Dirección (norte)

**Régimen de bombeo**

Escalón	Caudal (l/s)	Duración (min)		Descenso (m)	
		Total	Parcial	Total	Parcial
1	3,2	780		111,74	
	2,6	360			
	1,8	300			

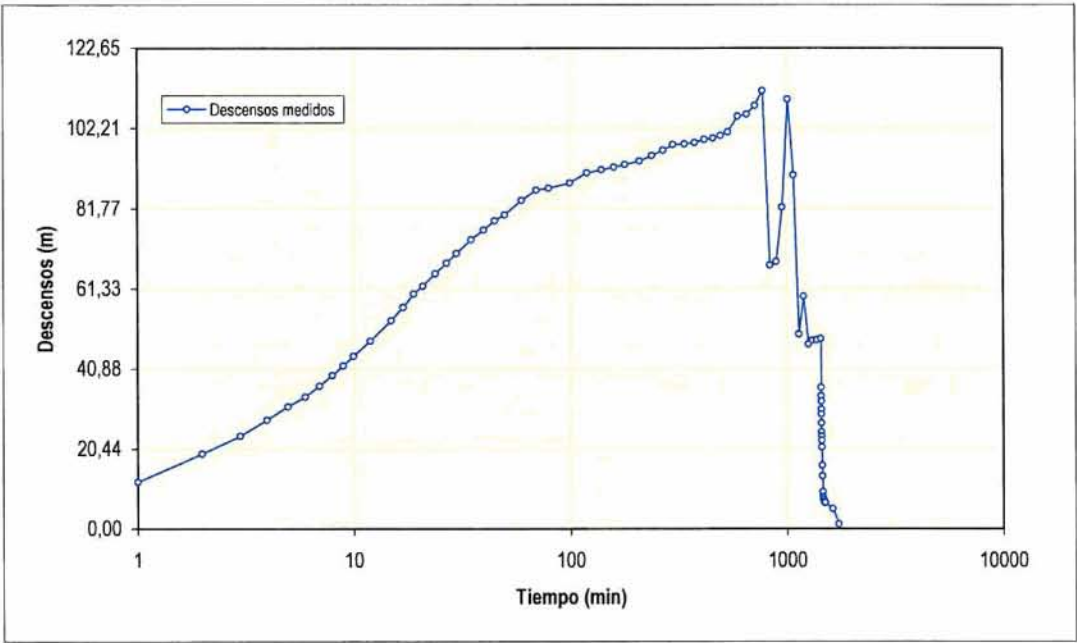
**Síntesis litológica**

0-8 m Relleno coluvial (grava fina limoarcillosa con tierra vegetal)  
 8-42 m Calcarenita fosilífera con algunos tramos de arenisca de grano medio-fino marrón clara  
 42-55 m Bioesparita (lumaquela formada por resto de foraminíferos, bivalvos) color gris y marrón claro  
 55-60 m Bioesparita con niveles de calcarenita  
 60-100 m Biomicrita gris con algún nivel de calcarenita. Aparecen mineralizaciones dispersas de color negro  
 100-107 m Margocaliza negra y calcarenita con fósiles. Mineralizaciones dispersas  
 107-125 m Calcarenita de grano grueso, fosilífera de color gris-verdoso con intercalaciones de calcarenita blanca  
 125 - 135 m Margocaliza negra y calcarenita con fósiles. Mineralizaciones dispersas  
 135 - 152 m Calcarenita de grano fino, fosilífera de color gris-verdoso con intercalaciones de calcarenita blanca. Se detectan mineralizaciones  
 152 - 190 m Calizas fosilíferas de color gris claro con sílex.  
 190 - 201 m Caliza micrítica - caliza arenosa gris con bajo contenido en fósiles

Perforación	Entubación	Rejilla
0-11 m $\phi$ 315 mm	0 - 11 m $\phi$ 300 mm	63 - 69 m 4 mm
11-200 m $\phi$ 220 mm	0 - 63 m $\phi$ 180 mm	99 - 105 m 4 mm
	69 - 99 m $\phi$ 180 mm	111 - 117 m 4 mm
	105 - 111 m $\phi$ 180 mm	135 - 141 m 4 mm
	117 - 135 m $\phi$ 180 mm	183 - 189 m 4 mm
	141 - 183 m $\phi$ 180 mm	
	189 - 200 m $\phi$ 180 mm	

Hora	Tiempo (min)	Pozo bombeo		Piezómetro		Q (l/s)	Observaciones
		Profund. (m)	Descenso (m)	Profund. (m)	Descenso (m)		
16:00	0	30,94	0,00			0	
16:01	1	42,94	12,00			3,22	
16:02	2	50,16	19,22			3,22	
16:03	3	54,61	23,67			3,22	
16:04	4	58,70	27,76			3,22	
16:05	5	62,16	31,22			3,22	
16:06	6	64,63	33,69			3,22	
16:07	7	67,39	36,45			3,22	
16:08	8	70,16	39,22			3,22	
16:09	9	72,61	41,67			3,22	
16:10	10	75,09	44,15			3,22	
16:12	12	78,88	47,94			3,22	
16:15	15	84,19	53,25			3,22	
16:17	17	87,55	56,61			3,22	
16:19	19	90,98	60,04			3,22	
16:21	21	92,92	61,98			3,22	Agua turbia
16:24	24	96,12	65,18			3,22	
16:27	27	98,86	67,92			3,22	
16:30	30	101,25	70,31			3,22	
16:35	35	104,83	73,89			3,22	
16:40	40	107,26	76,32			3,22	
16:45	45	109,65	78,71			3,22	
16:50	50	111,12	80,18			3,22	
17:00	60	114,82	83,88			3,22	Volumen bombeado 13 m3 (66 minutos)
17:10	70	117,42	86,48			2,6	

17:20	80	117,90	86,96	2,6	
17:40	100	119,25	88,31	2,6	
18:00	120	121,82	90,88	2,6	
18:20	140	122,64	91,70	2,6	
18:40	160	123,27	92,33	2,6	
19:00	180	123,93	92,99	2,6	Cond 413, pH 7.8 T° 13. Agua clara
19:30	210	124,85	93,91	2,6	Volumen bombeado 19:45 38.8 m3 = 2.9 l/s
20:00	240	126,22	95,28	2,6	
20:30	270	127,51	96,57	2,6	
21:00	300	128,97	98,03	2,6	
21:40	340	129,15	98,21	2,6	
22:20	380	129,48	98,54	2,6	
23:00	420	130,33	99,39	2,6	
23:40	460	130,62	99,68	2,6	
0:20	500	131,28	100,34	2,6	
1:00	540	132,19	101,25	2,6	
2:00	600	136,24	105,30	2,5	
3:00	660	136,74	105,80	2,5	
4:00	720	138,91	107,97	2,5	MUESTRA
5:00	780	142,68	111,74	2,5	Nivel en la rejilla
6:00	840	98,24	67,30	1,79	Ajustando caudal
7:00	900	99,18	68,24	2,21	Ajustando caudal
8:00	960	112,98	82,04	2,21	Ajustando caudal
9:00	1020	140,59	109,65	2,26	Nivel en la rejilla
10:00	1080	121,25	90,31	0,75	Ajustando caudal. Cond 420, pH 7,8 y T° 13
11:00	1140	80,64	49,70	1,8	Se fija caudal en 1,8 l/s. Medición volumétrica
12:00	1200	90,34	59,40	1,8	Medición volumétrica
13:00	1260	78,10	47,16	1,8	Medición volumétrica
14:00	1320	79,08	48,14	1,8	Medición volumétrica
15:00	1380	79,17	48,23	1,8	
16:00	1440	79,47	48,53	1,8	MUESTRA 2
16:01	1441	67,05	36,11	0	
16:02	1442	64,88	33,94	0	
16:03	1443	63,51	32,57	0	
16:04	1444	61,44	30,50	0	
16:05	1445	60,23	29,29	0	
16:06	1446	57,88	26,94	0	
16:07	1447	55,60	24,66	0	
16:08	1448	54,57	23,63	0	
16:09	1449	53,51	22,57	0	
16:10	1450	51,77	20,83	0	
16:15	1455	47,10	16,16	0	
16:20	1460	44,40	13,46	0	
16:25	1465	40,36	9,42	0	
16:30	1470	39,12	8,18	0	
16:35	1475	38,57	7,63	0	
16:40	1480	38,26	7,32	0	
16:45	1485	38,06	7,12	0	
16:50	1490	37,70	6,76	0	
16:55	1495	37,66	6,72	0	
17:00	1500	37,62	6,68	0	
19:10	1630	35,99	5,05	0	
11-5-05 20:55	1735	32,07	1,13	0	



**OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN  
DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA  
CUENCA DEL EBRO.**

**ENSAYO DE BOMBEO**

<b>FECHA: 9 y 10 de mayo de 2005</b>	<b>Nº pag.:</b>
<b>Nº SONDEO: P-09.102.01 POBLACIÓN: TUBILLA DEL AGUA (BU)</b>	<b>PROF.: 200 m</b>

Se instala contador y manguera de evacuación para evitar que el agua pase por una finca particular cuyos propietarios ya se quejaron durante la perforación del vertido de agua.

La aspiración se coloca a 142,68 m de profundidad y se prevé realizar un ensayo escalonado comenzando en unos 3 l/sg.

El contador marca inicialmente 6139 m3.

Comienza el bombeo el 9-5-05 a las 16:00. Tras la primera hora se observa que el pozo no tiende a estabilizarse por lo que a pesar de la disminución del caudal bombeado por el descenso de nivel se decide no modificarlo y ver como evoluciona.

Tras un descenso continuado con un caudal de 3,2 l/sg en la primera hora se continua el ensayo con caudal de 2,6 l/sg. Con este caudal el nivel llegó a la aspiración a los 780 minutos de bombeo (el caudal a partir del minuto 600 se había reducido a 2,5 por el descenso del nivel). Se decide disminuir el caudal a 1,75 l/sg. Al registrarse una fuerte recuperación se vuelve a aumentar el caudal a 2,21 l/sg. Con este caudal el nivel vuelve a bajar a la rejilla.

Tras una serie de tanteos para poder seguir de forma adecuada con el bombeo se fija el caudal en 1,8 l/sg y se decide proseguir hasta el final del ensayo. Con este caudal de bombeo el nivel se recupera hasta unos 79 m y va disminuyendo lentamente hasta el final del aforo.

Se observa que para caudales inferiores a aproximadamente 2,2 l/sg el caudalímetro no funciona correctamente por lo que el caudal bombeado se controló mediante aforos volumétricos. Se debe tener en cuenta esta circunstancia para los futuros ensayos y como se viene haciendo sólo utilizar el contador cuando la ubicación del sondeo obligue al vertido alejado del agua bombeada para evitar recirculaciones e incluso si el caudal previsto es bajo buscar alternativas de evacuación usando el pitot.

**Plan de aforos**

Por estar pendiente de decidir el tipo de análisis químico a realizar en el sondeo de Moradillo en contacto con el Jefe de Obra (Sergio Yeste), Dirección del Trabajo (Teresa Carceller) y Dirección de Obra (Jesús Serrano) se decide realizar a continuación por proximidad los aforos de Quintanaurria y Galbarros para hacer después Moradillo y si es posible La Molina.



**CONTROL Y GEOLOGIA, S.A.**  
C/ Baltasar Gracián, 11 - 1º Centro  
50005 - ZARAGOZA  
Tfno.: 976 55 74 98 Fax: 976 55 31 81  
www.cygsa.com cygsazaragoza@telefonica.net



JESÚS SERRANO MORATA





MINISTERIO  
DE EDUCACION  
Y CIENCIA



Instituto Geológico  
y Minero de España

**INFORME ENSAYO DE BOMBEO**

**PIEZÓMETRO N° 1908-5-0009  
(09.102.001)**

**TUBILLA DEL AGUA  
(BURGOS)**

CORREO

a.azcon@igme.es

Manuel Lasala 44, 9º B  
50006-ZARAGOZA  
TEL. : 976 555153 – 976 555282  
FAX : 976 553358



## OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo del presente informe es obtener una estimación de los parámetros hidráulicos que rigen la formación acuífera captada por el sondeo de Tubilla del Agua (Burgos), de 200 metros de profundidad, construido en el marco del proyecto de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) “Construcción de Sondeos e Instalación de la Red Oficial de Control de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Ebro”, mediante el cual la CHE aborda la construcción de unos cien nuevos sondeos, su testificación y ensayo, para complementar las vigentes redes de observación de las aguas subterráneas.

Esta campaña de prospecciones permitirá la obtención de valiosa información de tipo sedimentológico, estratigráfico e hidrogeológico en zonas deficientemente conocidas, aspectos, todos ellos, de interés para la CHE y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), razón por la que ambos organismos firmaron en diciembre de 2004 un Convenio de Colaboración, en el marco del cual se emite el presente informe, mediante el que se canaliza el asesoramiento del IGME a la CHE con objeto de aprovechar esta oportunidad de acceso al subsuelo para obtener, mejorar y compartir toda la información que brinda este ambicioso proyecto.

El hecho que los sondeos a construir tengan como objetivo principal el control piezométrico, no la captación de aguas, hace que estos hayan sido perforados con pequeño diámetro y acabados menos exigentes que los requeridos para la explotación de las aguas subterráneas. Estas circunstancias impone importantes restricciones al normal desarrollo de los ensayos de bombeo: los sondeos suelen estar afectados por importantes pérdidas de carga, no están completamente desarrollados y el caudal de bombeo está muy limitado por el diámetro disponible y pocas veces es posible lograr la deseada estabilidad del caudal. Todo ello hace que los ensayos se alejen considerablemente de las condiciones ideales postuladas para su interpretación, por lo que la mayoría de ellos son prácticamente ininterpretables con el software tradicional disponible en el mercado, que suelen carecer de la versatilidad necesaria para adaptarse a las condiciones que aquí se dan; en particular en lo que respecta a la variabilidad del caudal de bombeo y los límites del acuífero.

Para soslayar este escollo, se ha procedido a la interpretación de los ensayos de bombeo con el programa MABE (acrónimo de **M**odelo **A**nalítico de **B**ombeos de **E**nsayo), desarrollado por A. Azcón e implementado en una hoja de cálculo Excel. MABE se basa en la Solución de Theis, la Solución de Hantush y en el principio de superposición para poder contemplar ensayos de bombeo a caudal variable y la presencia de barreras hidrogeológicas que hacen que los acuíferos se alejen de la habitual exigencia de “infinito”. MABE está diseñado para analizar Bombeos de Ensayo de hasta ocho escalones y simular hasta cuatro barreras hidrogeológicas, sean positivas o negativas.

La Solución de Theis y de Hantush está complementada por un algoritmo que contempla el almacenamiento en pozo así como en grandes redes cársticas mediante la introducción del concepto de Radio Equivalente. En caso de sondeo escalonado, el programa puede ajustar automáticamente los descensos por pérdida de carga y determinar la ecuación del pozo.

También está implementada la aproximación semilogarítmica de Jacob; el método de Theis para ensayos de recuperación; el método de Lee para ensayos escalonados; el método de Boulton, Pricket y Walton, para acuíferos con drenaje diferido y los métodos semilogarítmicos





de Hantush para acuíferos semiconfinados, tanto para curvas descenso-tiempo que muestran el punto de inflexión, como para las ensayos en la que todos los pares de puntos descensos-tiempo se sitúan en la zona próxima a la estabilización.

El programa permite simular para todos los métodos (excepto el de Boulton, Pricket y Walton) los descensos teóricos y las recuperaciones correspondientes a los parámetros físicos e hidrogeológicos introducidos, lo que permite calibrar la bondad de la interpretación realizada y, si procede, mejorarla mediante tanteos iterativos, así como simular los descensos inducidos por la explotación continuada del sondeo. La representación gráfica de la simulación de la recuperación se efectúa en función del tiempo adimensional,  $(t_b+tr)/tr$ , lo cual no implica que se trate del método de Recuperación de Theis.

### LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL SONDEO

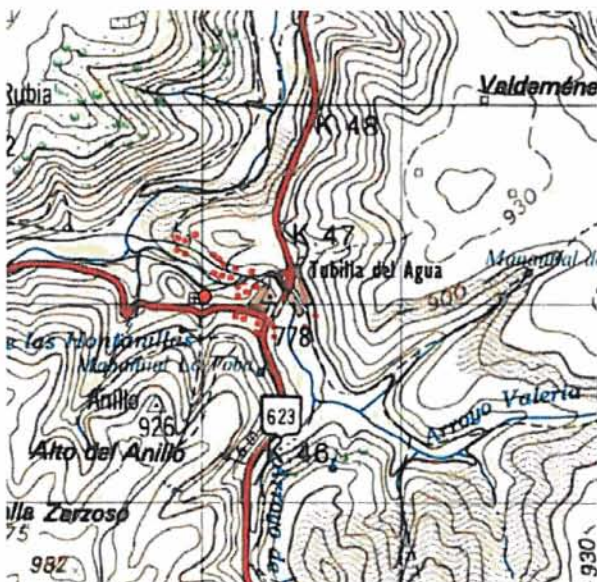
- Hoja del MTN a escala 1: 50.000 nº 19-08 (135) Sedano.
- Término municipal de Tubilla del Agua (Burgos). El sondeo se ubica a 350 metros al oeste de la población, al norte de la pequeña explanada que hay delante del cementerio (Figuras 1, 2 y 3 ).
- Referencia catastral. Polígono 10, Parcela 594.
- Coordenadas UTM:

USO: 30T

X: 434.007

Y: 4.729.027

Z: 770 msnm.



Figuras 1 y 2. Situación en Mapa 1:50.000 y ortofoto (SigPac).



Figura 3. Panorámica dirección sur (Fuente: Google Earth).

### **ENCUADRE HIDROGEOLÓGICO**

El sondeo se ubica en la masa de agua subterránea (m.a.s.) Páramos de Sedano-La Lora (09.002) definida sobre extensos páramos conocidos con esos topónimos. El principal acuífero está constituido por las calizas del Cretácico superior dispuestas a modo de extensas parameras en las que se encajan los ríos Ebro, Rudrón y Hómino.

Se distinguen tres litologías: calcarenitas y calizas arenosas del Cenomaniense, con potencia entre 40-100 m; calizas dolomitizadas del Turoniense-Santoniense inferior, de espesor 100-200 m y calcarenitas bioclásticas del Santoniense medio superior, de 80-150 m de espesor. La estructura, configurada por plataformas poco deformadas, es atravesada por los ríos haciendo que los principales acuíferos se desconecten entre sí. Al SE los materiales cretácicos se sumergen bajo el terciario de la Bureba, llegando a alcanzar profundidades de hasta 700 metros de profundidad.

La recarga se realiza mediante la infiltración de las precipitaciones que se recogen en los afloramientos permeables de los páramos cretácicos de Orbaneja, Sédano y La Lora. Los flujos subterráneos convergen hacia la red hidrográfica para descargar en los ríos Ebro (Cueva del Agua de Orbaneja), Moradillo (Pozo Azul y Fuente Hornillo), San Antón y en el nacimiento de los ríos Rudrón y Hómino (Manantiales de Hontonín). Otras zonas de recarga lo constituye el río Hurón que se infiltra totalmente en Basconcillos del Tozo para aflorar de nuevo en Barrio Panizales, constituyendo así el nacimiento del río Rudrón.

La unidad tiene un marcado carácter cárstico, con importantes complejos de cavidades entre los que destacan las Cuevas de Bastoncillos del Tozo, Tobazo, Pozo Azul y Orbaneja del Castillo.

El piezómetro se encuentra situado en el borde occidental de la gran paramera de Sedano, una estructura sinclinal de gran radio, cerca de cuyo eje se ubica el emplazamiento, por lo que los buzamientos en esta zona son tendidos, inferiores a 10 grados de inclinación hacia el sur.



## INCIDENCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA PERFORACIÓN

El sondeo se encuentra emboquillado en materiales identificados en la Hoja MAGNA nº 135 (Sedano) como del Santoniense medio-superior. Trabajos de referencia más recientes, como los llevados a cabo por Floquet (1991) y Martín-Chivelet et al. (2002) consideran estos materiales como parte de la Fm. Tubilla del Agua.

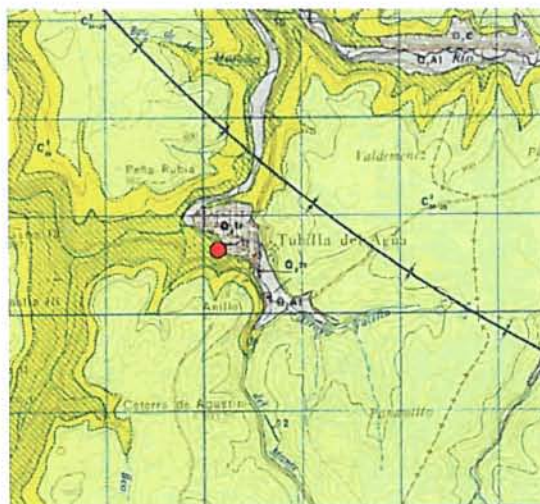


Figura 4. Situación del sondeo en la hoja nº 135 (Sedano)

Tras unos metros de materiales coluviales, entre el metro 8 y 17 se atraviesa la parte inferior de la Fm. Tubilla del Agua. El miembro inferior de esta unidad (Mb. San Pantaleón de Losa) se atraviesa entre los metros 17 y 56, y caracteriza por calcarenitas rojas bioclásticas poco cementadas y muy porosas, fácilmente identificable.

Por debajo de esta unidad, hasta el metro 120, calizas y dolomías de la Fm. Nocado de Burgos, que abarca desde el Santoniense inferior hasta el superior. A continuación, hasta el metro 180 se atraviesa la Fm. Nidaguila, constituida por micríticas con notoria influencia margosa y con bioclastos propios de medios abiertos.

Finalmente, cabe la posibilidad que los últimos 20 metros del sondeo correspondan con el Mb. Ribera Alta, que se ubica en la base de la Fm. Nidaguila. Se caracteriza por presentar una mezcla de calizas, con margas ocasionales y calcarenitas.

La columna atravesada ha sido la siguiente:

- 0-8 m: Cantos y limos gris-rojizos, con algo de arcillas y tierra vegetal. Coluvial.
- 8-17 m: Calcarenitas ocreas, con areniscas anaranjadas y escasas margas/lutitas.
- 17-56 m: Calcarenitas ocre-rojizas y calizas grises claras, con eventual presencia de areniscas de color rojizo.
- 56-82 m: Calizas grises generalmente no granosostenidas.
- 82-120 m: Calizas grises oscuras a claras con escasas intercalaciones de dolomías grises
- 120-176 m: Calizas blancas y negras, calizas dolomíticas grises y dolomías negruzcas
- 176-201 m: Calcarenitas grises y beigeas, dolomías grises oscuras y calizas grises. Ocasionalmente aparecen interestratos margosos.



La principal zona productiva detectada durante la perforación se situó en el tramo 105-110, que se estimó del orden de 15 L/seg y provocó la inundación de la explanada del cementerio, por lo que hubo que abrir zanjas de drenaje.

La testificación geofísica ha permitido definir dos principales zonas aportantes (103-107 y 110-117) así como otras de menor entidad:

Tramos Productivos		Espesor m
Desde	Hasta	
57,0	59	2
65,0	66,5	1,5
83,0	87	4
103,0	107	4
110,5	117,5	7
138,0	140	2
146,0	147	1
150,5	154,5	4
163,5	166	2,5
170,0	172	2
181,0	184,5	3,5

El sondeo quedó entubado como sigue:

ENTUBACIÓN				
TRAMO (m)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Filtro
0-11	300	5	Hierro	Ciega
0-63	180	4	Hierro	Ciega
63-69	180	4	Hierro	Puente
69-99	180	4	Hierro	Ciega
99-105	180	4	Hierro	Puente
105-111	180	4	Hierro	Ciega
111-117	180	4	Hierro	Puente
117-135	180	4	Hierro	Ciega
135-141	180	4	Hierro	Puente
141-183	180	4	Hierro	Ciega
183-189	180	4	Hierro	Puente
189-201	180	4	Hierro	Ciega

El nivel piezométrico tras el acabado del sondeo (6/11/04) quedó a 31,21 metros de profundidad.



## INCIDENCIAS DEL ENSAYO DE BOMBEO

El ensayo comenzó el 9 de mayo de 2005, a las 16:00 horas y tuvo una duración de 24 horas. El control de niveles se efectuó en el pozo de bombeo. El nivel inicial fue de 30,94 m.

La aspiración se situó a 142,68 metros de profundidad. El equipo de bombeo consistió en una motobomba CAPRARI 6" E6S 54/20 de 50 CV de potencia, movida por un grupo DEUSCH 100 KVA de 150 CV. El agua se vertió al terreno mediante una manguera para evitar la inundación de una parcela próxima. El control del caudal se efectuó mediante contador, pero se detectó que cuando el caudal bajó de 2,25 L/seg no funcionaba correctamente, por lo que hubo que acudir a aforos volumétricos.

El ensayo se planificó como un bombeo a caudal constante, pero tras 60 minutos de bombeo con un caudal de 3,2 L/seg, se observó un descenso próximo a 80 metros, por lo que se redujo el caudal a 2,6 L/seg, que se mantuvo hasta el minuto 600 sin conseguir que el nivel dinámico dejase de descender. Se bajó nuevamente el caudal a 2,5 L/seg pero no se consiguió invertir la tendencia y el nivel dinámico llegó a la aspiración en el minuto 780. Al disminuir el caudal a 1,75 L/seg el nivel ascendió muy rápidamente, por lo que se volvió a aumentar el caudal a 2,25 L/seg, pero el nivel volvió a la aspiración (minuto 1020), por lo que tras un tiempo de ajuste del caudal se continuó con 1,8 L/seg hasta el final de la prueba.

La recuperación se midió durante una 3 horas 10 minutos, al cabo de la cual el déficit de recuperación era de 6,68 metros.

Durante el ensayo se recogió muestras de agua para su posterior análisis y se midió "in situ" pH, temperatura y conductividad. Los resultados obtenidos fueron:

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH
180	13,0	413	7,8
1080	13,0	420	7,8

En el anexo nº 1 se recoge la ficha resumen de los datos e incidencias del ensayo de bombeo.

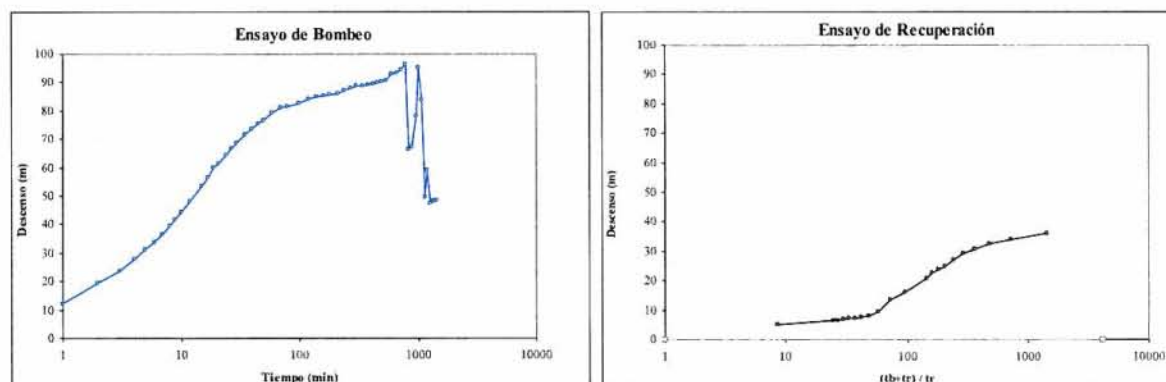


Figura 5 y 6. Curva de descenso-tiempo en bombeo y recuperación

## INTERPRETACIÓN

### Gráfico diagnóstico

La representación de la derivada de los descensos con respecto a los tiempos (Fig nº 7) es un indicador de las anomalías que afectan a la geometría del acuífero así como del modelo de funcionamiento del acuífero. En este caso concreto la gráfica muestra pendientes decreciente lo que pone en evidencia la existencias de agua externa (pendiente descendente) al almacenamiento del acuífero, bien por doble porosidad (acuífero cárstico) o que se trata de un modelo de acuífero con semiconfinamiento o aportes descendentes de niveles acuíferos superiores en los cuales no se ha enfrentado la rejilla.

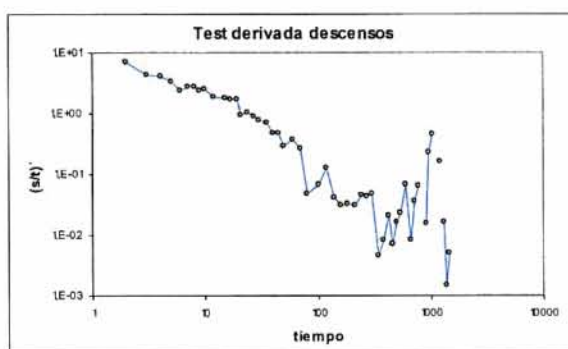


Figura 7

De acuerdo con esta presunción, la interpretación se ha realizado mediante la simulación del bombeo y la recuperación mediante prueba-error con el programa MABE (Método directo), utilizando la solución de Theis y Hantush. También se ha utilizado los métodos basados en la aproximación logarítmica de Jacob (métodos de Jacob y Recuperación de Theis).

### Método de Jacob

La transmisividad obtenida es de  $3,44 \text{ m}^2/\text{día}$  (figura 8). Al lado se representa la curva teórica simulada para ese valor de la transmisividad y un coeficiente de almacenamiento tanteado hasta conseguir la mejor calibración posible.

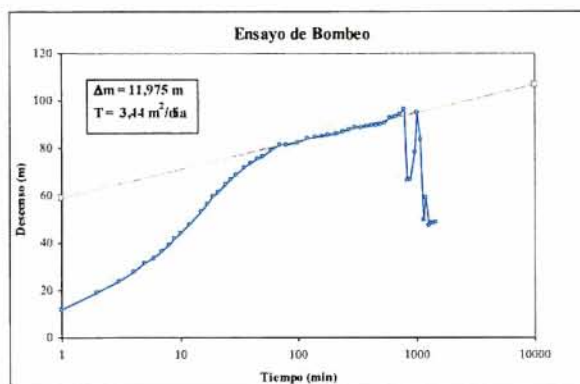


Figura 8

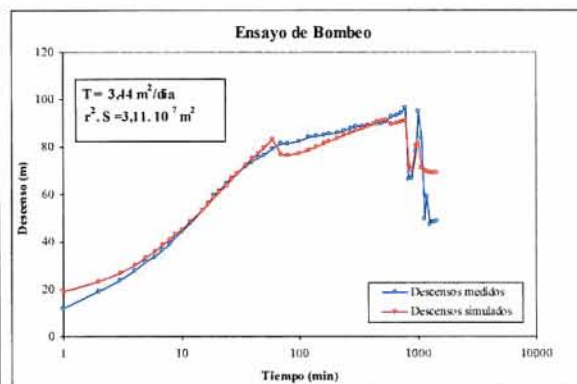


Figura 9

La calibración obtenida no es completamente satisfactoria, aunque la magnitud de los descensos simulados son de similar entidad a los experimentales, lo que sugiere un modelo de funcionamiento diferente al de Theis, pero con similares parámetros hidráulicos.

### Método de Recuperación de Theis

El resultado obtenido por este método es de  $7,56 \text{ m}^2/\text{día}$  (figura 10). Al lado se compara las curvas de simuladas (figura 11), para ese valor de la transmisividad, y un valor de S tanteado para mejorar el ajuste.

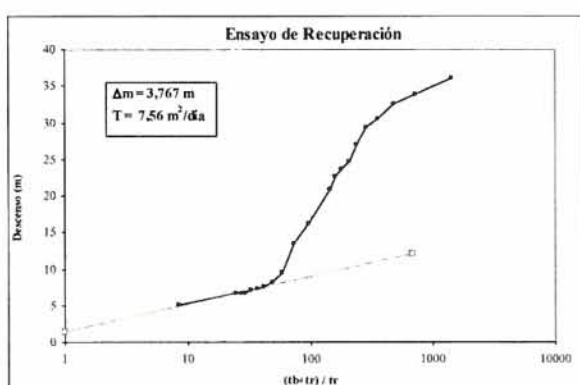


Figura 10

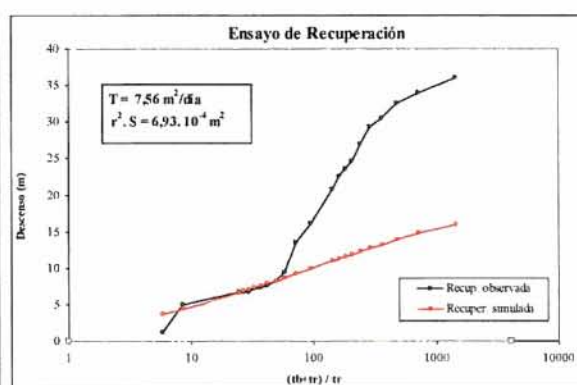


Figura 11

La disimilitud entre la curva simulada y la experimental, sugiere un modelo de acuífero diferente al postulado por Theis

### Método directo (Solución de Theis)

La calibración mediante prueba-error con la solución de Theis (figuras 11 y 12) apenas mejora los resultados anteriores y sugiere nuevamente la invalidez de la Solución de Theis para este caso concreto.

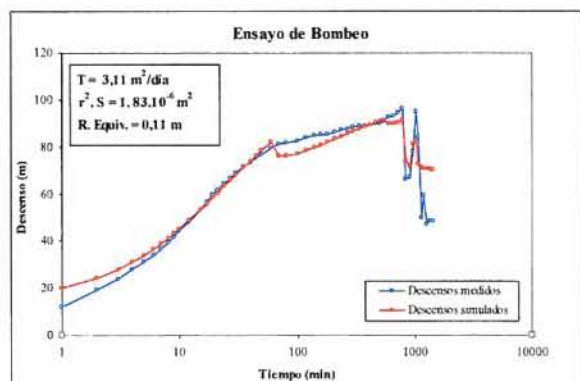


Figura 11

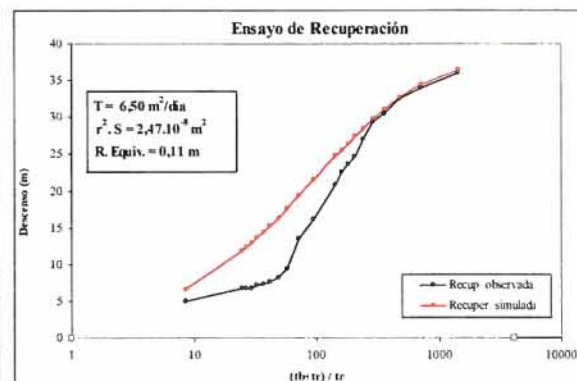


Figura 12

### Método directo (Solución de Hantush)

La calibración obtenida mediante la solución de Hantush mejora notablemente los resultados anteriores (Figura 13 y 14). Los parámetros que justifican la calibración son muy similares, sea bombeo o recuperación.

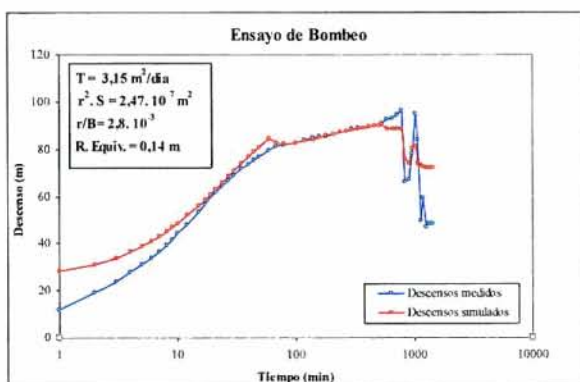


Figura 13

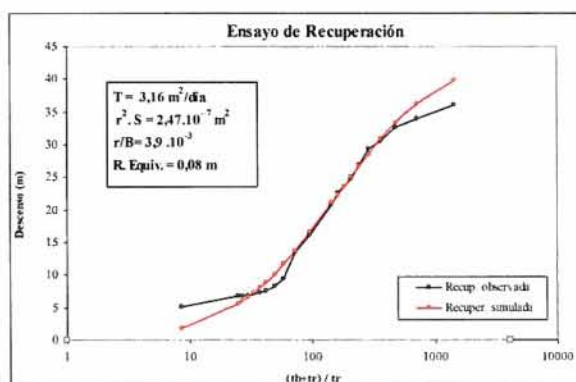


Figura 14

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se sintetizan en el siguiente cuadro.

Método de interpretación	Transmisividad m²/día	r².S m²	r/B	R. Equiv. m	Δ h m
Aprox. Logarítmica (Método de Jacob)	3,44	---	---	---	11,98
Aprox. Logarítmica (Recuperación Theis)	7,56	---	---	---	3,77
Simulación bombeo (Solución de Theis)	3,11	1,83E-06	---	0,11	---
Simulación recuperación (Solución de Theis)	6,50	2,47E-08	---	0,11	---
Simulación bombeo (Solución de Hantush)	3,15	2,47E-07	2,75E-03	0,14	---
Simulación recuperación (Solución de Hantush)	3,16	2,47E-07	3,89E-03	0,08	---

Se considera que los parámetros obtenidos mediante la simulación del bombeo con la solución de Hantush son los adecuados.

En consecuencia, se considera que los parámetros hidrogeológicos son:

$$\begin{aligned}
 T &= 3,15 \text{ m}^2/\text{día.} \\
 r^2.S &= 2,47.10^{-7} \\
 r/B &= 2,75 \text{ a } 3,9 \times 10^{-3} \\
 R. \text{ equivalente} &= 0,08 - 0,14 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

El valor del parámetro r/B es relativamente bajo y a efectos prácticos es casi similar al confinamiento; no obstante, sus efectos se hacen notar en la forma de la curva experimental, por lo que es necesario su consideración.





A destacar que hay tramos de curva imposible de simular. Ello parece debido a las anomalías que introduce el hecho que los diferentes niveles productivos van quedando descolgados a medida que descende el nivel dinámico, lo cual sólo puede ser tratado con rigor mediante métodos numéricos, y no con métodos analíticos como en este caso.



# ANEXO N° 1

## ESTADILLO ENSAYO DE BOMBEO

Localidad: **Tubilla del Agua (Burgos)**  
 Hoja MTN **19-08 (135) Sedano**

N° de Inventario Pozo de bombeo:	<b>1908-5-0009</b>	Coordenadas sondeo:	<b>434007 4729027 770</b>
N° de Inventario Piezómetro:	<b>-</b>	Coordenadas Piezómetro:	
Profundidad del sondeo:	<b>201 m</b>	Distancia del piezómetro:	
Nivel estático:	<b>30,94 m</b>	Toponimia./Ref.Catastral.	<b>Polígono 10, Parcela 594</b>
Profundidad techo Fm. acuífera (m)	<b>82 m</b>	Fecha ensayo:	<b>9 de mayo de 2005</b>
Profundidad muro Fm acuífera (m)	<b>200 m</b>	Bomba:	<b>CAPRARI 6" E6S 54/20 50 CV</b>
Longitud del filtro (Screen length)	<b>30 m</b>	Grupo :	<b>DEUSCH 100KVA 150 CV</b>
Φ perforación (annulus diameter)	<b>220 mm</b>	Profundidad bomba:	<b>142,68 m</b>
Φ pantalla (casing diameter)	<b>180 mm</b>		

Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
16:00	0	0	30,94	0			
16:01	3,22	1	42,94	12,00			
16:02	3,22	2	50,16	19,22			
16:03	3,22	3	54,61	23,67			
16:04	3,22	4	58,70	27,76			
16:05	3,22	5	62,16	31,22			
16:06	3,22	6	64,63	33,69			
16:07	3,22	7	67,39	36,45			
16:08	3,22	8	70,16	39,22			
16:09	3,22	9	72,61	41,67			
16:10	3,22	10	75,09	44,15			
16:12	3,22	12	78,88	47,94			
16:15	3,22	15	84,19	53,25			
16:17	3,22	17	87,55	56,61			
16:19	3,22	19	90,98	60,04			
16:21	3,22	21	92,92	61,98			Agua turbia
16:24	3,22	24	96,12	65,18			
16:27	3,22	27	98,86	67,92			
16:30	3,22	30	101,25	70,31			
16:35	3,22	35	104,83	73,89			
16:40	3,22	40	107,26	76,32			
16:45	3,22	45	109,65	78,71			
16:50	3,22	50	111,12	80,18			
17:00	3,22	60	114,82	83,88			Volumen bombeado 13 m3 (66 minutos)
17:10	2,6	70	117,42	86,48			
17:20	2,6	80	117,90	86,96			
17:40	2,6	100	119,25	88,31			
18:00	2,6	120	121,82	90,88			
18:20	2,6	140	122,64	91,70			
18:40	2,6	160	123,27	92,33			
19:00	2,6	180	123,93	92,99			Cond 413, pH 7.8 Tª 13. Agua clara
19:30	2,6	210	124,85	93,91			Volumen bombeado 19:45 38.8 m3 = 2.9 l/sg
20:00	2,6	240	126,22	95,28			
20:30	2,6	270	127,51	96,57			
21:00	2,6	300	128,97	98,03			
21:40	2,6	340	129,15	98,21			
22:20	2,6	380	129,48	98,54			
23:00	2,6	420	130,33	99,39			



Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
23:40	2.6	460	130,62	99,68			
0:20	2.6	500	131,28	100,34			
1:00	2.6	540	132,19	101,25			
2:00	2.6	600	136,24	105,30			
3:00	2.5	660	136,74	105,80			
4:00	2.5	720	138,91	107,97			MUESTRA
5:00	2.5	780	142,68	111,74			Nivel en la rejilla
6:00	1,79	840	98,24	67,30			Ajustando caudal
7:00	2.21	900	99,18	68,24			Ajustando caudal
8:00	2.21	960	112,98	82,04			Ajustando caudal
9:00	2.26	1020	140,59	109,65			Nivel en la rejilla
10:00	0,75	1080	121,25	90,31			Ajustando caudal. Cond 420, pH 7,8 y Tª 13
11:00	1,8	1140	80,64	49,70			Se fija caudal en 1,8 l/sg. Medición volumétrica
12:00	1,8	1200	90,34	59,40			Medición volumétrica
13:00	1,8	1260	78,1	47,16			Medición volumétrica
14:00	1,8	1320	79,08	48,14			Medición volumétrica
15:00	1,8	1380	79,17	48,23			
16:00	1,8	1440	79,47	48,53			MUESTRA 2
16:01	0	1441	67,05	36,11			
16:02	0	1442	64,88	33,94			
16:03	0	1443	63,51	32,57			
16:04	0	1444	61,44	30,50			
16:05	0	1445	60,23	29,29			
16:06	0	1446	57,88	26,94			
16:07	0	1447	55,6	24,66			
16:08	0	1448	54,57	23,63			
16:09	0	1449	53,51	22,57			
16:10	0	1450	51,77	20,83			
16:15	0	1455	47,1	16,16			
16:20	0	1460	44,4	13,46			
16:25	0	1465	40,36	9,42			
16:30	0	1470	39,12	8,18			
16:35	0	1475	38,57	7,63			
16:40	0	1480	38,26	7,32			
16:45	0	1485	38,06	7,12			
16:50	0	1490	37,70	6,76			
16:55	0	1495	37,66	6,72			
17:00	0	1500	37,62	6,68			
19:10	0	1630	35,99	5,05			

## **ANEJO 5**

# **ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS**

CENTRAL: C/ Santa Teresa, 17 30005 MURCIA  
Tel: 968 213 926 Fax: 968 210 948

LABORATORIO: Avda Europa s/n, Polig Ind Base 2000  
30564 LORQUÍ (MURCIA)  
Tel: 968 693 711 Fax: 968 690 691

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A.



INFORME DE  
RESULTADO  
DE ENSAYO  
solicitado por:

MICROTEC AMBIENTE, S.A.

PLATERÍA, 6, 3°.  
30004 MURCIA

Denominación  
de la muestra:

TUBILLA DEL AGUA.-  
09-102-01.-

UTM-X:

UTM-Y:

Matriz: AGUA CONTINENTAL

Tomada por: EL CLIENTE

Envases: 1 - PET 130 ml.

Fecha de muestreo: 04/11/2004

Hora:

Fecha de recepción: 10/11/2004

Fecha de análisis: 10/11/2004

DETERMINACIÓN	RESULTADO	METODOLOGÍA	
CONDUCTIVIDAD A 20 °C .....	347	μ S/cm	Electrometría. (P.I.E. COND)
pH.....	7,93	ud. de pH	Electrometría. (P.I.E. PH)
CLORUROS.....	9,29	mg/l	Método argentométrico de Mohr. (P.I.E. CLOR)
SULFATOS.....	12,73	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SULF)
BICARBONATOS.....	200,60	mg/l	Acidimetría. con anaranjado de metilo. (P.I.E. ALCA)
CARBONATOS.....	0,00	mg/l	Acidimetría. con fenolftaleína. (P.I.E. ALCA)
NITRATOS.....	0,17	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. NITA)
SODIO.....	6,96	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
MAGNESIO.....	20,16	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. MgAA)
CALCIO.....	30,65	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. CaAA)
POTASIO.....	8,00	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
NITRITOS.....	0,09	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. NITI)
AMONIO.....	0,07	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. AMON)
BORO.....	0,00	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. BORO)
ANHÍDRIDO FOSFÓRICO .....	0,36	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCICO .....	5,58	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SILI)
HIERRO.....	0,01	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. HIER)
MANGANESO.....	0,00	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. MANG)

Observaciones:

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 (10-013).....

viernes, 03 de diciembre de 2004

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A. está inscrito en el  
REGISTRO ESPECIAL DE EMPRESAS COLABORADORAS DEL  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (antes MOPT, O.M. 16-7-87).  
Nº Reg. 0017, y habilitado para colaborar con los Organismos de  
Cuenca Hidrográfica en el ejercicio de las funciones de control de  
vertidos de aguas y productos residuales (GRUPO 3).

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

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A.  
dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad  
CERTIFICADO POR BVQI, conforme con los  
requisitos de la norma ISO 9001:2000.

Nº Registro: CAA/GE- 2.804 - 04

Página 1 de 1

**CENTRAL:** Cf. Santa Teresa, 17, 1°. 30005 MURCIA  
Tel.: 968 213 928 Fax.: 968 210 948

**LABORATORIO:** Avda. Europa, s/n. Políg. Ind. Base 2000  
30564 LORQUÍ (MURCIA)  
Tel.: 968 693 711 Fax.: 968 690 691

# CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A.



INFORME DE  
RESULTADO  
DE ENSAYO  
solicitado por:

**CONTROL Y GEOLOGIA S.A. (CYGSA)**  
**BALTASAR GRACIÁN Nº 11 1º CENTRO**  
**50005 ZARAGOZA**

Denominación  
de la muestra:

**TUBILLA (12 HORAS).-**

UTM-X:  
UTM-Y:

Matriz **AGUA CONTINENTAL**

Tomada por: **EL CLIENTE**

Envases: **1 PET 130 ml.**

Fecha muestreo **10/05/2005** Hora

Fecha recepción **27/05/2005**

Inicio análisis **27/05/2005**

Fin análisis **08/06/2005**

CONDUCTIVIDAD A 20 °C .....	<b>408</b>	µ S/cm	Electrometría. (P.I.E. COND)
pH.....	<b>7,76</b>	ud. de pH	Electrometría. (P.I.E. PH)
CLORUROS.....	<b>5,02</b>	mg/l	Método argentométrico de Mohr. (P.I.E. CLOR)
SULFATOS.....	<b>14,18</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SULF)
BICARBONATOS.....	<b>275,83</b>	mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo. (P.I.E. ALCA)
CARBONATOS.....	<b>0,00</b>	mg/l	Acidimetría, con fenolftaleína. (P.I.E. ALCA)
NITRATOS.....	<b>32,46</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. NITA)
SODIO.....	<b>2,08</b>	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
MAGNESIO.....	<b>28,89</b>	mg/l	Complexometría (P.I.E. DURE)
CALCIO.....	<b>61,24</b>	mg/l	Complexometría (P.I.E. CALC)
POTASIO.....	<b>0,58</b>	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
NITRITOS.....	<b>0,00</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. NITI)
AMONIO.....	<b>0,07</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. AMON)
BORO.....	<b>0,00</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. BORO)
FOSFATO .....	<b>0,79</b>	mg/l P2O5	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCICO .....	<b>3,78</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SILI)
HIERRO.....	<b>0,01</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. HIER)
MANGANESO.....	<b>0,00</b>	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. MANG)

**Observaciones:**

*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).-----*

**miércoles, 15 de junio de 2005**

*CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A. está inscrito en el REGISTRO ESPECIAL DE EMPRESAS COLABORADORAS DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (antes MOPT, O.M. 16-7-87). Nº Reg. 0017, y habilitado para colaborar con los Organismos de Cuenca Hidrográfica en el ejercicio de las funciones de control de vertidos de aguas y productos residuales (GRUPO 3).*

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

*CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A. dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad CERTIFICADO POR BVQI, conforme con los requisitos de la norma ISO 9001:2000.*

Nº Registro: CAA/GE-**1.274**-05

Página 1 de 1



## ANÁLISIS GEOQUÍMICO. DATOS INFORMATIVOS

### MACROCONSTITUYENTES

	<u>mg/l</u>	<u>meq/l</u>	<u>% meq/l</u>
CLORUROS.....	5,02	0,14	2,58
SULFATOS.....	14,18	0,30	5,39
BICARBONATOS.....	275,83	4,52	82,48
CARBONATOS.....	0,00	0,00	0,00
NITRATOS.....	32,46	0,52	9,55
SODIO.....	2,08	0,09	1,63
MAGNESIO.....	28,89	2,38	42,92
CALCIO.....	61,24	3,06	55,18
POTASIO.....	0,58	0,01	0,27

AGUA: BICARBONATADA - CÁLCICA

### OTROS DATOS DE INTERÉS

Punto de Congelación	-0,01 °C
Sólidos disueltos.....	424,93 mg/l.
CO2 libre .....	7,63 mg/l
Dureza total.....	27,19 ° Francés
Dureza total .....	271,89 mg/l de CO3Ca
Dureza permanente .....	45,79 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de bicarbonatos..	226,22 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de carbonatos.....	0,00 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad de hidróxidos.....	0,00 mg/l de CO3Ca
Alcalinidad total.....	226,22 mg/l de CO3Ca

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

$rCl+rSO_4/rHCO_3+rCO_3$	0,10
$rNa+rK/rCa+rMg$ .....	0,02
$rNa/rK$ .....	6,10
$rNa/rCa$ .....	0,03
$rCa/rMg$ .....	1,29
$rCl/rHCO_3$ .....	0,03
$rSO_4/rCl$ .....	2,08
$rMg/rCa$ .....	0,78
i.c.b.....	0,26
i.d.d.....	0,01

N° Registro: CAA/GE-1.274 - 05

CENTRAL: C/ Santa Teresa, 17 30005 MURCIA  
Tel 968 213 926 Fax 968 210 948

LABORATORIO: Avda Europa s/n Polig Ind Base 2000  
30564 LORQUÍ (MURCIA)  
Tel 968 663 711 Fax 968 690 691

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A.



INFORME DE  
RESULTADO  
DE ENSAYO  
solicitado por:

MICROTEC AMBIENTE, S.A.

PLATERÍA, 6, 3º.  
30004 MURCIA

Denominación  
de la muestra:

MUESTRA-3. 24 HORAS.-  
TUBILLA DEL AGUA.-

UTM-X:

UTM-Y:

Matriz AGUA CONTINENTAL

Tomada por: EL CLIENTE

Envases: 1 PET 130 ml.

Fecha muestreo 10/05/2005 Hora

Fecha recepción 27/05/2005

Inicio análisis 27/05/2005

Fin análisis 14/06/2005

DETERMINACIÓN	RESULTADO	METODOLOGÍA	
CONDUCTIVIDAD A 20 °C .....	410	µ S/cm	Electrometría. (P.I.E. COND)
pH.....	7,73	ud. de pH	Electrometría. (P.I.E. PH)
CLORUROS.....	5,02	mg/l	Método argentométrico de Mohr. (P.I.E. CLOR)
SULFATOS.....	15,90	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SULF)
BICARBONATOS.....	279,59	mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo. (P.I.E. ALCA)
CARBONATOS.....	0,00	mg/l	Acidimetría, con fenolftaleína. (P.I.E. ALCA)
NITRATOS.....	0,00	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. NITA)
SODIO.....	2,03	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
MAGNESIO.....	29,61	mg/l	Complexometría (P.I.E. DURE)
CALCIO.....	62,84	mg/l	Complexometría (P.I.E. CALC)
POTASIO.....	0,61	mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
NITRITOS.....	0,02	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. NITI)
AMONIO.....	< 0,04	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. AMON)
BORO.....	0,00	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. BORO)
FOSFATO .....	1,21	mg/l P2O5	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCICO .....	4,21	mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SILI)
HIERRO.....	0,02	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. HIER)
MANGANESO.....	0,01	mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. MANG)

Observaciones:

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).....

martes, 21 de junio de 2005

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A. está inscrito en el  
REGISTRO ESPECIAL DE EMPRESAS COLABORADORAS DEL  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (antes MOPT. O.M. 16-7-87).  
Nº Reg. 0017, y habilitado para colaborar con los Organismos de  
Cuenca Hidrográfica en el ejercicio de las funciones de control de  
vertidos de aguas y productos residuales (GRUPO 3).

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

CENTRO DE ANÁLISIS DE AGUAS, S.A.  
dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad  
CERTIFICADO POR BVQI, conforme con los  
requisitos de la norma ISO 9001:2000.



**ANEJO 6**  
**FICHA IPA Y FICHA MMA**

**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**  
**Oficina de Planificación Hidrológica**  
**INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

Tipo: S (ONDE) Fuente de información: CHE (OPH)  
 Mapa I:50.000: (1908) SEDANO UTMX: 414007 UTMY: 4720227 COTA: 760  
 Provincia: H. B. ROS Municipio: TU BILLA DEL AGUA  
 Localidad: TU BILLA DEL AGUA Paraje: TU BILLA MIMA C/MENTERER  
 Dominio Hidrográfico: Vasco - Cantábrico Unidad: Sedano - La Jora  
 Acuífero: Cretácico superior Masa Subterránea II:  
 Masa Subterránea A: PARANIO DE SEDANO Y JORA Masa Subterránea B:  
 Acuífero: Cretácico superior Redes: PG PL PH CG CL CH CE L T LR I OI  
 Río: RÍ BERÓN Cuenca: EBRÓ  
 Observaciones: PIEZOMETRO DE LA RED BÁSICA DEL MIMAM El agua se localiza entre los 105 y los 110 m



190850009 (12/01/2005)

Nº	Realización	Fecha	Fuente de información	FECHA	FECHA INFO	OBSERVACIONES
1	VAE		CHE (OPH)	25/09/2001		
39	ZAMALTEA		CHE (OPH)	19/08/2005		Angel Ameguez Red MMA

## PERFORACIÓN

Contralista: General de Perforaciones SUÁREZ (SACYR MUCROTEC) Año: 2004  
 Tipo perforación: ROTOPERFUSIÓN CON CIRCULACIÓN DIRECTA Profundidad total: 200  
 Observaciones: Inicio 26/10/04 y fin el 5/11/04

Desde	Hasta	Dímetro (mm)
0	11	300
11	200	220

## REVESTIMIENTO

Desde	Hasta	Dímetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Empaque
0	11	300	5	Metalica ciega	CEMENTACIÓN
0	63	180	4	Metalica ciega	
63	69	180	4	Metalica puertecillo	
69	99	180	4	Metalica ciega	
99	105	180	4	Metalica puertecillo	
105	111	180	4	Metalica ciega	
111	117	180	4	Metalica puertecillo	
117	135	180	4	Metalica ciega	
135	141	180	4	Metalica puertecillo	
141	183	180	4	Metalica ciega	
183	189	180	4	Metalica puertecillo	
189	200	180	4	Metalica ciega	

## TRATAMIENTOS ESPECIALES

Fecha	Tipo
04/11/2004	Tempestad
04/11/2004	Climaticidad
04/11/2004	Resonancia
04/11/2004	Pot. Espectran
04/11/2004	flama natural
04/11/2004	Inclinación

## LITOLOGÍA

Desde	Hasta	Litología	Edad	Tipo acuífero
0	8	ARCILLAS ARENAS Y GRAVAS	CUATERNARIO NO ALUVIAL	
Observaciones: RILLENOLIAVIAL (GRAVA FINA LIMOPARCILLOSA CON TIERRA VEGETAL)				
8	42	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUFERO
Observaciones: CALCARENITA FOSILIFERA CON ALGUNOS TRAMOS DE ARENOSCA DE GRANO MEDIOFINO MARRON CLARA				
42	55	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUFERO
Observaciones: BIESPARITA (LUMAQUELA FORMADA POR RESTO DE FORAMINIFERO, BIVALVOS) COLOR GRIS Y MARRON CLARO				
55	60	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUFERO
Observaciones: BIESPARITA CON NIVELES DE CALCARENITA				
60	100	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUFERO
Observaciones: BIOMICRITA GRIS CON ALGUN NIVEL DE CALCARENITA. APARECEN MINERALIZACIONES DISPERSAS DE COLOUR NEGRO				
100	107	CALIZAS MARGOSAS	CRETACICO SUPERIOR	
Observaciones: MARGOCALIZA NEGRA Y CALCARENITA CON FOSILES. MINERALIZACIONES DISPERSAS				
107	125	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUFERO
Observaciones: CALCARENITA DE GRANO GROSSO. FOSILIFERA DE COLOR GRIS-VERDOSO CON INTERCALACIONES DE CALCARENITA BLANCA				
125	135	CALIZAS MARGOSAS	CRETACICO SUPERIOR	
Observaciones: MARGOCALIZA NEGRA				
135	152	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUFERO
Observaciones: CALCARENITA DE GRANO FINO. FOSILIFERA DE COLOR GRIS-VERDOSO CON INTERCALACIONES DE CALCARENITA BLANCA. SE DEFECTA MINERALIZACIONES SILEX.				
152	190	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUFERO
Observaciones: CALIZAS FOSILIFERAS DE COLOR GRIS CLARO CON SILEX				
190	200	CALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	ACUFERO
Observaciones: Caliza micrita y caliza arenosa gris con bajo contenido en fosiles				

## EQUIPO INSTALADO

Fecha	Tipo Bomba	Tipo Motor	Potencia (C.V.)	Q instantáneo (l/s)	Días de extracción	Equipo/Depósito	Tratam	Prof. Bomba (m)	Tubería Pícn.	Cuentador
01/01/2004						(N)				

## ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal (l/s)	Nivel Inicial (m)	Depresión (m)	Duración (h)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)	S	Fuente Información
11/05/2005	2.6	30.64	1.17	0.2			CHE (OPH)
Observaciones: Proyecto de mejora de la red piezométrica. Profundidad aspiración - 142.68. Bomba							
10/05/2005	1.8	142.68	62.64	1.3			CHE (OPH)
Observaciones: Proyecto de mejora de la red piezométrica. Profundidad aspiración - 142.68. Bomba							
09/05/2005	3.2	30.64	-111.74	0.5			CHE (OPH)
Observaciones: Proyecto de mejora de la red piezométrica. Profundidad aspiración - 142.68. Bomba							

## PIEZOHIDROMETRÍA

NIVEL: NIVEL I										
Nº de medidas	Máximo	Mínimo	Rango de Oscilación	Media	Desviación típica					
43	31.83	27.15	0.7	29.441	2.0950					
Fecha muestra	Nivel (m)	Caudal (l/s)	Altura de Escala (m)	Cota (m)	Medida PiezoHidro.	Tipo de Medida	Fuente Información	Referencia de medida	Altura de medida	
09/05/2005	28.96			733.54	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
02/04/2007	27.44			732.56	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
19/03/2008	30.43			729.37	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
13/02/2008	30.35			729.63	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
09/01/2008	30.33			729.47	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
05/12/2007	30.48			729.32	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones: Ya tiene los dos tornillos										
13/11/2007	30.43			729.37	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones: Falta un tornillo y le falta a esta desengañada										
16/10/2007	30.37			729.63	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
20/09/2007	30.31			729.69	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
08/08/2007	30.12			729.88	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
17/07/2007	29.83			730.17	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
23/06/2007	29.31			730.69	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
16/05/2007	28.46			733.54	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones: Falta un tornillo										
19/04/2007	28.12			733.88	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
13/03/2007	24.15			735.83	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
06/02/2007	25.63			734.37	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
09/01/2007	30.43			729.37	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
11/12/2006	25.82			734.18	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										
15/11/2006	31.07			724.93	Nivel Estatico	SONDA MANUAL	CHE (OPH)	BROK'AL	0	
Observaciones:										



Fecha muestra	Nivel (m)	Caudal (l/s)	Altura de Escala (m)	Cota (m)	Medida Piezohidro.	Tipo de Medida	Fuente Información	Referencia de medida	Altura de medida
05-05-2005	59.7	3.22	71.3	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b> Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
09-05-2005	54.61	9.22	705.30	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b> Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
09-05-2005	59.16	3.22	700.84	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b> Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
09-05-2005	42.84	3.22	717.60	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b> Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
09-08-2005	50.94	0	729.66	Nivel Dinámico	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b> Pagado automático proyecto de mejora de la red piezométrica									
06-05-2005	29.9		780.1	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b>									
18-04-2005	28.48		780.54	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b>									
17-03-2005	26.10		793.84	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b>									
22-02-2005				No Medible		CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b> No medible, inaccesible por nieve									
20-01-2005	27.88		782.12	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b>									
21-12-2004	30.89		720.33	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b>									
06-11-2004	31.21		728.79	Nivel Estático	SONDA MANUAL	CIB (0.95)	BROCAL	0	
<b>Observaciones:</b> Primera medida tras la perforación									

**HIDROQUIMICA**

Fecha muestra	Cl <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> meq/l	HCO <sub>3</sub> meq/l	NO <sub>3</sub> meq/l	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l	K meq/l	Cond20 campo lab.	Ph campo lab.	Error %	Fuente Info.
04-11-2004	0.2937	0.2632	3.2835	0.0027	0.3025	1.6653	1.5287	0.2048			(0.05)	Proyecto de construcción de sondos e instalación de la red oficial de control de aguas subterráneas de la cuenca del Tivo. (09-820-050-2111)
	9.24	12.78	200.0	0.17	6.86	20.10	30.63	8	34.7	7.9		

**OTRAS FOTOS**



TubillaDado (15-02/2005)



Tubillaenof (05/11/2004)



190859sementerado (13-03/2005)



190859TubillaMMA (15/06/2005)



190859TubillaMMAbis (15/06/2005)

## FICHA DE PIEZÓMETRO

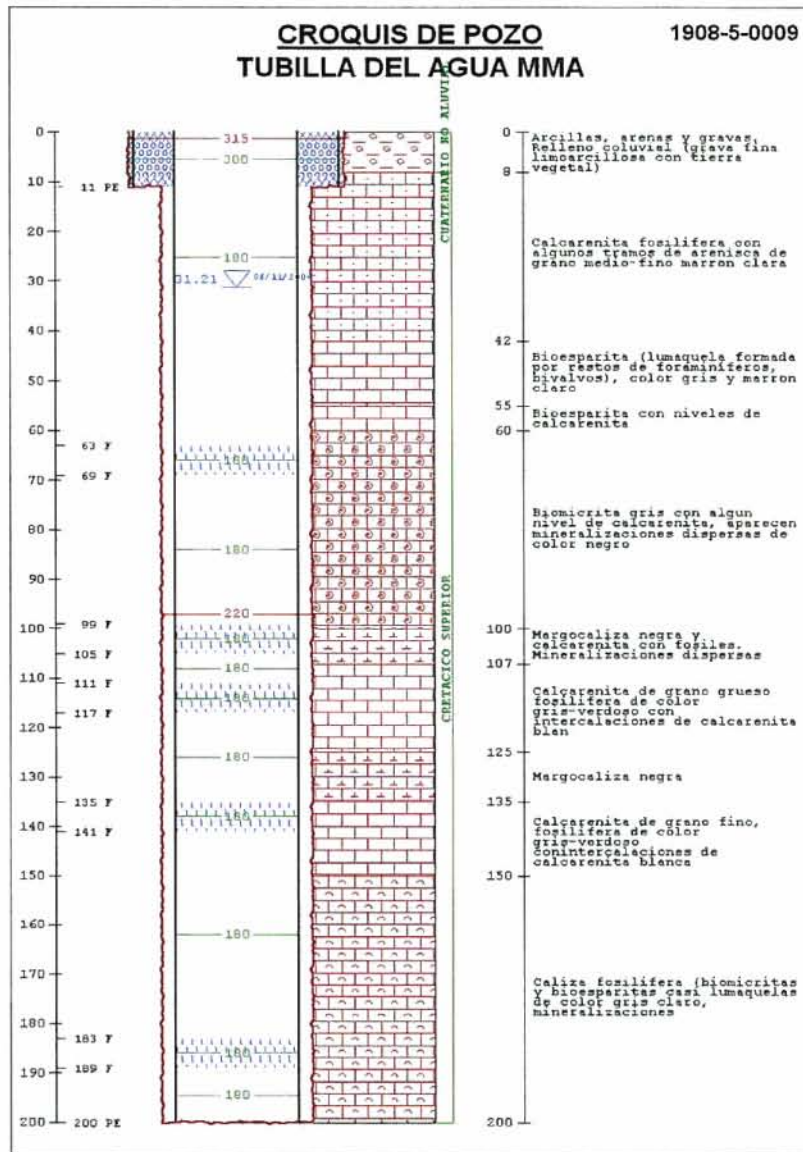
TOPONIMIA		TUBILLA MMA. CEMENTERIO			CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.102.01	
CÓDIGO IPA		190850009	Nº MTN 1:50.000	1908	MUNICIPIO TUBILLA DEL AGUA	PROVINCIA BURGOS		
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO						
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		002   PÁRAMO DE SEDANO Y LORA						
U. HIDROGEOLOGÍCA		102   Sedano - La Lora (Dominio 1 Pirenaico Vasco-Cantabrico)						
ACUÍFERO(S)		002-03 Cretácico Superior						
COORDENADAS UTM HUSO 30	X	434007	DATOS OBTENIDOS DE:	GIS-Oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS	BROCAL		
	Y	4729027						
COTA DEL SUELO msnm	Z	760	DATOS OBTENIDOS DE:	1:50000	ALTURA SOBRE EL SUELO m	0		
POLÍGONO		10			PARCELA	594		
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Tubilla del Agua						
PERSONA DE CONTACTO								
ACCESO								

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO												
USO		PROFUNDIDAD DEL SONDEO						200		EMPAQUE		No
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION		
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA	
0	11	315	0	11	300	Metálica	63	69	Puentecillo	0	2	
11	200	220	0	63	180	Metálica	99	105	Puentecillo	9	11	
			69	99	180	Metálica	111	117	Puentecillo			
			105	111	180	Metálica	135	141	Puentecillo			
			117	135	180	Metálica	183	189	Puentecillo			
			141	183	180	Metálica						
			189	200	180	Metálica						

HISTORIA			
PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS	06/11/2004
ORGANISMO	CHE (OPH)		

LOCALIZACIÓN	
<p>MAPA TOPOGRÁFICO 1.50.000</p>	<p>FOTO AÉREA</p>

## CROQUIS DEL SONDEO Y DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA SUCINTA



## FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO : ENTORNO Y DETALLE

