

*Proyecto de Construcción de Sondeos e Instalación
de la Red Oficial de Control de Aguas Subterráneas de la
Cuenca del Ebro*



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

INFORME PIEZÓMETRO DE ENCÍO: 09.104.01



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 Nº 0: REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN

ANEJO Nº 1: INFORMES DÍARIOS DE PERFORACIÓN

ANEJO Nº 2: INFORME GEOLÓGICO

ANEJO Nº 3: GEOFÍSICA

ANEJO Nº 4: ENSAYO DE BOMBEO

ANEJO Nº 5: ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS

ANEJO Nº 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

Sondeo ubicado en la zona de recarga y tránsito de los Montes Obarenes hacia la cercana zona de descarga del desfiladero del río Oroncillo aguas abajo de Pancorbo. Está emboquillado en el tramo margoso del Santoniense para alcanzar rápidamente el acuífero de calizas y calcarenitas 05.02 Cretácico superior.

2. LOCALIZACIÓN

El piezómetro está situado al NO del núcleo urbano de Encío.

Para acceder a este emplazamiento, hay que tomar el camino a la izquierda, desde la CL-625 dirección norte, dentro del municipio de Encío. Se trata de una pista forestal que sube a los Montes Obarenes. Avanzar unos 1800 metros por esa pista. A esa distancia más o menos se toma un camino a la derecha. El piezómetro está ubicado en la cuneta derecha a la entrada del camino.

Las coordenadas exactas del punto son:

X= 491.861

Y= 4.724.743

Z= 720 m.s.n.m.



Figura 1. Ortofoto ubicación del piezómetro de Encío

3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en el bloque superior del conjunto cabalgante que constituyen los Montes Obarenes. Ese afloramiento está constituido por materiales del Cretácico Superior que se diferencian dentro del Mapa Geológico de la Cuenca del Ebro como unidad 450, de edad Turoniense-Santoniense. Se corresponden con la unidad C_{24}^{1-2} de la Hoja MAGNA nº 137 (Miranda de Ebro) de edad Santoniense, integrada por margas y calizas margosas.

La zona es tectónicamente muy compleja, con escamas de cabalgamiento, fracturas y pliegues de direcciones E-O aproximadamente, paralelas al frente de cabalgamiento regional, que tiene una mayor tendencia a presentar dirección clásica ibérica NW-SE.

El piezómetro se encuentra situado sobre los materiales carbonatados del Cretácico Superior de bloque inferior y presentan un buzamiento de unos 50-60° hacia el NE. Es probable que en profundidad ese buzamiento se suavice progresivamente.

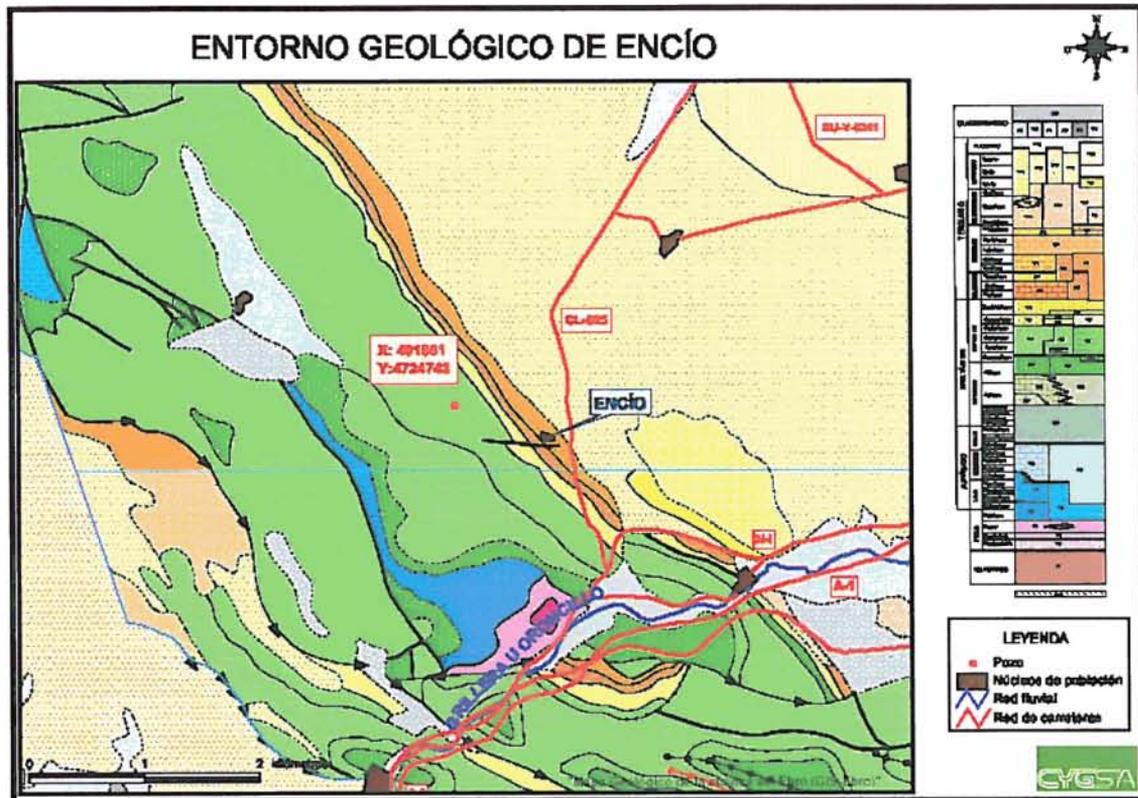


Figura 2. Entorno geológico del piezómetro de Encío.

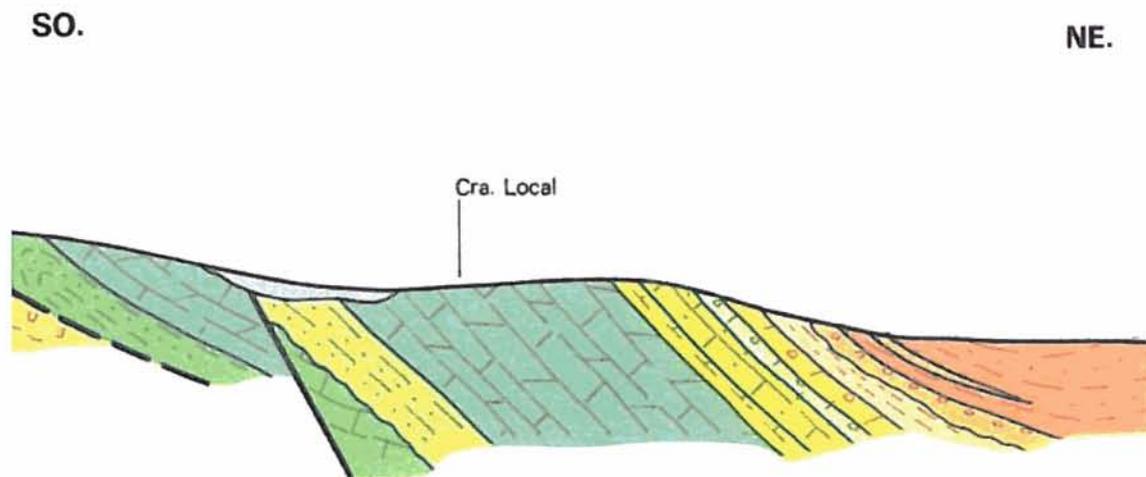


Figura 3. Corte geológico general del entorno del piezómetro de Encío

4. MARCO HIDROGEOLÓGICO

El piezómetro se localiza en el dominio hidrogeológico 1 "Vasco – Cantábrico". 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 (Villarcastro), 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 Villarcastro), 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 104 "Montes Obarenes", correspondiente a la masa de agua subterránea con Código 090.005 también denominada "Montes Obarenes", y el acuífero a controlar son las calizas del Cretácico Superior, situadas por encima de las arenas de la Fm Utrillas.

El acuífero principal de la masa de agua 090.005 está formado por calizas y dolomías del Cretácico superior (250 m). En la mayor parte de la masa, el yacente impermeable está formado por la facies Weald y Fm Utrillas junto con los materiales margosos del Lías superior. La zona es tectónicamente muy compleja, con escamas de cabalgamiento, fracturas y pliegues de direcciones E-O aproximadamente, paralelas al frente de cabalgamiento regional, lo que hace que haya conexión entre los acuíferos. Hacia el N los materiales permeables mesozoicos se hunden bajo la depresión de Villarcastro y Miranda-Treviño. La recarga se realiza mediante infiltración directa del agua de lluvia. La descarga natural se produce hacia el río Ebro en la zona de Sobrón, hacia el río Oroncillo entre Pancorvo y Amayugo y en la zona de Valverde de Miranda-Orón, y hacia el río Oca entre Oña y la desembocadura. Existen algunas descargas puntuales en los contactos con el impermeable yacente.

El piezómetro se encuentra situado sobre los materiales carbonatados del Cretácico Superior de bloque inferior y presentan un buzamiento de unos 50-60° hacia el NE.

(Entorno geológico y corte geológico general 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 rotoperusión ST30/1400 sobre camión, un grupo compresor Atlas con grúa autocarga, compresor INGERSOLL – RAND.

6. DATOS DE LA PERFORACIÓN

La perforación se inició el 21 de noviembre de 2004 a las 13:00 horas y se terminó el 23 de noviembre de 2004. El día 24 de noviembre de 2004 se mide el nivel con sonda hidronivel habitual. Se sitúa en 151 metros de profundidad.

Se realizó un emboquille de 6 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.

Los 257 m restantes se perforaron 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. Hasta los 200 m el sondeo presentó un caudal de unos 0,25 l/s. En el metro 257 se tocaron las arenas de Utrillas y en el metro 263 se da por terminado el sondeo.

(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 atravesada:

0-5 m	Arenas y limos pardos. Cuaternario aluvial.
5-10 m	Margas rojas y pardas. Cretácico superior.
10-80 m	Calizas esparíticas de tonalidades anaranjadas y rojizas. Cretácico Superior.
80-85 m	Calizas esparíticas de tonalidades acarameladas o pardas con pequeños niveles de calizas grises.
85-257 m	Calizas esparíticas de tonalidades anaranjadas y rojizas.
257-263 m	Arenas silíceas de color marrón claro, de grano medio – fino. Fm Utrillas.

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 5 m.- Cuaternario.

De 5 m a 112 m.- Fm. Villaescusa de las Torres. Turoniense-Coniaciense.

De 112 m a 124 m.- Fm. Puente de Ibañeta. Turoniense.

De 124 m a 255 m.- Fm. Dosante (Mb. Pancorbo). Cenomaniense medio-superior.

De 255 m a 260 m.- Fm. Utrillas. Cenomaniense inferior.

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

8. TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

La testificación geofísica se realiza el día 23 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 detectan varios tramos con aporte de agua: Del m 192 al m 200; del m 212 al m 213.5; del m 216 al m 217; del m 224 al m 226.5; del m 231 al m 233; del m 244 al m 246; del m 250 al m 251; del m 252.5 al m 254; del m 257.5 al m 261.5.

El sondeo llega a su máxima inclinación a los 258 m con $3,95^\circ$. La distancia de máxima desviación con la vertical a los 262 m de profundidad ha sido de 7,59 metros. El Acimut mantiene una medida aproximada de 255° .

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
0-6	300	5	Acero al carbono	Ciega
0-191	180	4	Acero al carbono	Ciega
191-197	180	4	Acero al carbono	Puente
197-251	180	4	Acero al carbono	Ciega
251-257	180	4	Acero al carbono	Puente
257-263	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. En este caso, además se colocó un tapón de hormigón de unos 3 metros en el fondo, para evitar el sifonamiento del sondeo.

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.

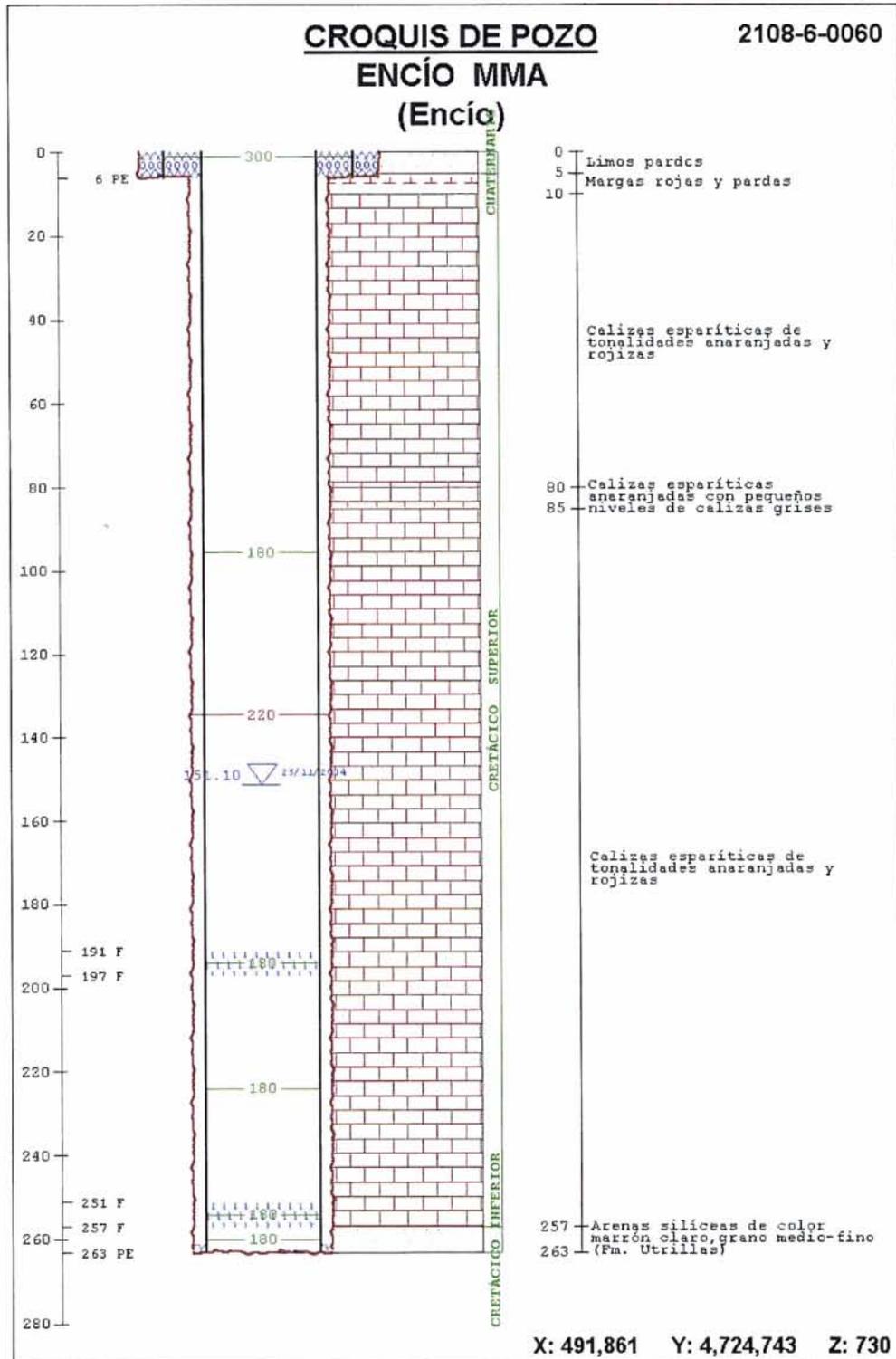


Figura 4. Esquema constructivo con las características litológicas y la entubación realizada en el sondeo.

10. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El acuífero a controlar son las calizas de edad Cretácico Superior.

Durante la perforación se detectó un caudal muy escaso, de aproximadamente 0,25 l/s hasta el metro 200. Al final de la perforación el sondista concluyó que el caudal era algo mayor.

El nivel estático, a fecha 24 de noviembre de 2004, se situó en 151 m de profundidad.

El 25 de noviembre de 2004, durante la limpieza del sondeo, se midieron en campo la conductividad y la temperatura de una muestra de agua. Los resultados fueron de $C = 656 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $T^a = 14,8^\circ \text{C}$.

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

Fecha	Nivel (metros)
24/11/2004	158,34
25/11/2004	151,1
15/12/2004	150,65
19/01/2005	150,99
21/02/2005	146,11
18/03/2005	145,93

ENSAYO DE BOMBEO Y PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO

Durante los días 6 y 7 de junio de 2005 se realizó un ensayo de bombeo escalonado de 24 horas con su correspondiente recuperación. El nivel estático inicial estaba en 127,51 m y la aspiración se colocó a una profundidad de 232,35 m. El primer escalón duró 70 minutos, el caudal medio extraído fue de 1,75 l/s y el descenso del nivel fue de 59,95 m. El segundo y último escalón

duró los 1370 minutos restantes. El caudal medio fue de 1,35 l/s. El descenso total del nivel fue de 62,78 m. En ningún momento llegó a estabilizar el nivel, sino que fue bajando todo el tiempo, aunque a partir de la cuarta hora de bombeo se observaron oscilaciones y el descenso fue decelerando.

El agua no llegó a salir totalmente clara en todo el bombeo. La conductividad media del agua durante el ensayo fue de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el pH de 7,45 y la temperatura de 15° C. Se tomaron dos muestras de agua para analizar, una a las 12 horas de bombeo y otra a las 24 horas (ver 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 167,24 al metro 149,27, quedando por recuperar todavía 21,76 m.

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

Tiempo de bombeo (minutos)	Profundidad (metros)	Descenso (metros)	Caudal (l/s)
0	127,51	0,00	0,00
1	144,89	17,38	1,75
2	145,41	17,90	1,75
5	146,13	18,62	1,75
10	148,44	20,93	1,75
30	167,90	40,39	1,75
70	185,46	57,95	1,75
80	186,37	58,86	1,35
210	188,94	61,43	1,35
460	189,45	61,94	1,35
600	189,85	62,34	1,35
780	190,51	63,00	1,35
960	190,63	63,12	1,35
1140	190,71	63,20	1,35
1440	190,29	62,78	1,35

Tiempo de bombeo (minutos)	Profundidad (metros)	Descenso (metros)	Caudal (l/s)
1441	167,24	39,73	0
1442	164,67	37,16	0
1445	164,96	37,45	0
1450	163,55	36,04	0
1460	159,91	32,40	0
1480	153,49	25,98	0
1500	149,27	21,76	0

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

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 Hantush. También se ha utilizado el método de Recuperación de Theis.

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

Método	Transmisividad	$r^2.S$	r/B	R. Equiv.	Δh
Aprox. Log. (Recuperación Theis)	0,91 m ² /día	---	---	---	23,75 m
Simulación bombeo (simulación Hantush)	0,78 m ² /día	3,11 E-3 m ²	2,45 E-1	---	---
Simulación recuperación (simulación Hantush)	0,66 m ² /día	1,49 E-3 m ²	2,40 E-1	0,19 m	---

(Los partes, gráficos e interpretación más amplia 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: 423 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH: 7,91.)
- Muestra tomada a las 12 horas del inicio de ensayo de bombeo. (Conductividad: 453 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH: 7,69.)
- Muestra tomada al final del ensayo de bombeo (a las 24 horas). (Conductividad: 464 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH: 7,54.)

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 Ca^{+2} y Mg^{+2} en solución) se considera un agua MUY DURA, y por su composición se clasifica como AGUA BICARBONATADA – CÁLCICA (según clasificación Piper, 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.

Respecto a los valores habituales y de referencia de los iones mayoritarios (datos según Custodio y Llamas, ed. 1996) y los marcados por la Directiva 98/83/CE y R.D. 140/2003, tampoco se sobrepasa el límite.

Tabla 6. Resultados de los análisis de agua:

Determinación	Agua de limpieza	Muestra 2 Ensayo de bombeo	Muestra 3 Ensayo de bombeo
Cloruros	16,43 mg/l	6,45 mg/l	5,73 mg/l
Sulfatos	20,67 mg/l	14,49 mg/l	10,37 mg/l
Bicarbonatos	231,95 mg/l	323,47 mg/l	324,73 mg/l
Carbonatos	0,00 mg/l	0,00 mg/l	0,00 mg/l
Nitratos	14,63 mg/l	7,67 mg/l	7,81 mg/l
Sodio	10,13 mg/l	2,10 mg/l	2,00 mg/l
Magnesio	18,05 mg/l	24,27 mg/l	18,93 mg/l
Calcio	51,20 mg/l	85,66 mg/l	74,45 mg/l
Potasio	0,92 mg/l	0,78 mg/l	0,78 mg/l
Nitritos	0,08 mg/l	0,00 mg/l	0,00 mg/l
Amonio	<0,04 mg/l	<0,04 mg/l	<0,04 mg/l
Boro	0,00 mg/l	0,00 mg/l	0,00 mg/l
Fosfato	---	0,88 mg/l	0,35 mg/l
Anhídrido Fosfórico	0,63 mg/l	---	---
Anhídrido Silícico	3,96 mg/l	4,48 mg/l	4,87 mg/l
Hierro	0,01 mg/l	0,01 mg/l	0,00 mg/l
Manganeso	0,00 mg/l	0,02 mg/l	0,00 mg/l

12. CONCLUSIONES

Se ha construido un piezómetro en el término municipal de Encío 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 263 m. El acuífero atravesado está constituido por materiales carbonatados de edad Cretácico Superior. El nivel estático se situó en 151 m.

El caudal medio, valorado mediante el correspondiente ensayo de bombeo, fue de 1,35 l/s. Se considera que los parámetros hidrogeológicos, calculados mediante la interpretación del ensayo de bombeo, son: $T = 0.66$ m²/día, $r^2 \cdot S = 1,49 \cdot 10^{-3}$, $r/B = 2,40 \cdot 10^{-1}$ y Radio equivalente = 0,19 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 Piper).

ANEJO 0

REPLANTEO Y PERMISOS DE OCUPACIÓN

PIEZOMETRO: ENCÍO

Se visita la zona con el señor alcalde. Se propone un punto al W de la localidad de Encío, se accede al mismo por una pista forestal asfaltada recién inaugurada, después de unos 2 km, se llega a un camino a la derecha con dos grandes campos de cereal a ambos lados y de titularidad privada. Con el alcalde se acuerda que se puede realizar el sondeo en la cuneta del camino de concentración central ya que es de titularidad municipal.

Se ubicará directamente en el Santoniense, la profundidad a perforar se estima en unos 200 metros.

Mañana se contactará también con el secretario D José Antonio Aguayo (650 32 47 90)



**JUNTA VECINAL
de
ENCÍO (Burgos)**

De conformidad con su escrito referente a la **SOLICITUD DE DISPONIBILIDAD DE TERRENOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OBSERVACIÓN DE UN PIEZÓMETRO**, se hace constar que por Acuerdo de Pleno/Decreto de Alcaldía con fecha 6 de *Junio* de 2005, 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 m²; necesarios para construir el sondeo 09.104.01 en terreno público de este municipio, en el término "Andalar", en la parcela 3187.
2. La ocupación durante un periodo de treinta años, prorrogable al término del mismo, de un espacio de 1 m², en que estará situado el sondeo y la arqueta de protección del mismo.
3. El acceso, por funcionario público o persona delegada, hasta el recinto anterior, con objeto de realizar las medidas o muestreos inherentes a la operación de control, así como a realizar los trabajos de reparación o mantenimiento que sean necesarios.

En Encío, a 6 de *Junio* de 2005



[Handwritten signature]

D. Jorge González

Ilmo. Sr. JEFE DE LA OFICINA DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA 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.

FECHA: 21 de noviembre de 2004	Nº pag.:
Nº SONDEO: P-09.104.ENCÍO	POBLACIÓN: Encío
	PROF.: 250 m
PERFORACIÓN INICIO: 21-11-04	SISTEMA: ROTOPERCUSIÓN
DIAMETRO: 380 mm	
VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:	

OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO

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

La máquina se emplazó en el punto donde se va a realizar la perforación la mañana del 21/11/2004.

A las 13:00 se encuentran realizando el emboquille con el martillo de 380 mm.

Fdo. Jesús Serrano Morata





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



Fdo. Jesús Serrano Morata



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



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

FECHA: 22/11/04	Nº pag.:	
Nº SONDEO: P-09.104.ENCIO	POBLACIÓN: ENCÍO	PROF.: 250 m
PERFORACIÓN		
INICIO: 21/11/04	SISTEMA: ROTOPERCUSIÓN	
DIAMETRO: 380 y 220 mm		
VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE: 15 m/h		

OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO

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

A las 15:30 se han perforado 140 m. A las 15:50 se han alcanzado 145 m.

La velocidad de avance medida entre los metros 150 y 155 es de 12 m/h.

Diámetro de perforación:

De 0 a 6 m: 380 mm
De 6 a 155: 220 mm.

La columna atravesada hasta el momento es la siguiente:

De 0 a 5 m: Limos pardos. Relleno cuaternario.
De 5 a 10 m: Margas pardo verdosas y rojizas.
De 10 a 80 m: Calizas esparíticas beiges y blanquecinas.
De 80 a 85 m: Calizas anaranjadas.
De 85 a 150 m: Calizas grises y rojizas esparíticas. Aspecto acaramelado.

Fdo Jesús Serrano Morata



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



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

FECHA: 23/11/04	Nº pag.:	
Nº SONDEO: P-09.104 encio	POBLACIÓN: Encio (Burgos)	PROF.: 263 m
PERFORACIÓN		
INICIO: 21/11/04	SISTEMA: ROTOPERCUSIÓN	
DIAMETRO: 380 y 220 mm		
VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:		

OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO

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

Se termina el sondeo al mediodía con 263 metros perforados. A los 258 m, se alcanzan las arenas de la Formación Utrillas.

La columna resumen, desde el inicio, es la siguiente:

0-5 m Limos pardos.

5-10 m Margas pardo verdosas.

10-80 m Calizas esparíticas beige y blanquecinas.

80-85 m Calizas anaranjadas.

85-258 m Calizas esparíticas marrones y rojizas con algún tramo algo dolomítico más rojizo. Aparecen niveles de caliza recristalizada con restos de foraminíferos mal conservados (podrían ser Alveolínidos)

258 –263 m Arenas silíceas marrones claras de grano medio y fino. (Formación Utrillas).

Se realiza por la tarde la testificación geofísica. El sondeo se ha desviado 3 metros.

El nivel se ha medido en 169 metros.

Se detectan dos claras zonas aportantes: una entre 193 y 200 metros y otra en el contacto con las arenas. El caudal estimado por el sondista es de 2-3 l/sg.

En función de estos resultados, se diseña la siguiente entubación:

0-191 m Tubería ciega.

191-197 m Tramo filtrante “puentecillo”.

197-251 m Tubería ciega.

251-257 m Tramo filtrante “puentecillo”.

257-263 m. Tubería ciega.

En resumen, 12 metros de puentecillo y 251 metros de tubería ciega.

En contacto con la Dirección de Obra, se decide construir un tapón en el fondo del sondeo con lechada vertida por el varillaje.

Se acuerda también con el contratista, realizar la limpieza del sondeo antes de la realización del tapón.

Se comunica al jefe de obra que realice cuanto antes la limpieza y adecuación del entorno del camino donde se ha realizado el sondeo para limpiar, sobre todo, las cunetas que han quedado llenas del ripio de la perforación.

Fdo: Antonio Sánchez Lallana.

OBRAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE LA RED OFICIAL DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL EBRO.		
FECHA: 24/11/04	Nº pag.:	
Nº SONDEO: P-09.104 01	POBLACIÓN: Encio (Burgos)	PROF.: 263 m
<u>PERFORACIÓN</u>		
INICIO: 21/11/04	SISTEMA: ROTOPERCUSIÓN	
DIAMETRO: 380 y 220 mm		
VELOCIDAD MEDIA DE AVANCE:		

OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO

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

Antes de empezar con la entubación, se realiza una lectura de nivel: 151 m.
 A continuación se inicia la entubación que se prolongó a lo largo de todo el día.
 Dado que el camino es una zona transitada por vehículos agrícolas, se indica al jefe de obra que realice cuanto antes las labores de limpieza del entorno del camino.



Fdo: Antonio Sánchez Lallana



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



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

FECHA: 15/12/04

Nº pag.:

Nº SONDEO: P-09.104.01 Bis (210860060) **POBLACIÓN:** ENCÍO **PROF.:**

OBSERVACIONES DE LA VISITA DE CAMPO

(niveles de agua)

Nivel estático tras acondicionamiento definitivo:

2108/6/60 15/12/04 17:30 150,65 m

Es necesario limpiar con urgencia la cuneta del camino rellena por completo con el detritus de la perforación.

Fdo: Jesús serrano Morata



Sondeo de Encío (15/12/04 17:30)



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



Sondeo de Encío (15/12/04 17:30)

ANEJO 2

INFORME GEOLÓGICO



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España

INFORME GEOLÓGICO

**PIEZÓMETRO N° 2108/6/060
(P-09.104.01bis)**

ENCÍO (BURGOS)

CORREO

zaragoza@igme.es

Fernando El Católico, 59 – 4º 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 Encío (Burgos) 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. Se realizó un emboquille de 6 m de profundidad, perforado con un diámetro de 380 mm y entubado con tubería metálica ciega de 300 mm de diámetro y 5 mm de espesor. Los metros restantes hasta el 275 se perforaron con el martillo de 220 mm y se entubó con tubería metálica ciega y tubería metálica con filtro de tipo puentecillo de 180 mm de diámetro, 4 mm de espesor y paso de puente de 0,2 mm.

Presenta la siguiente disposición: De 0 a 191 m tubería ciega. De 191 m a 197 m filtro de puentecillo. De 197 m a 251 m tubería ciega. De 251 m a 257 m filtro de puentecillo. De 257 m a 263 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 grafica 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 2108-6-060 (P-09.104.01bis) se localiza en el término municipal de Encío. El acceso al piezómetro se realiza tomando el camino a la izquierda, desde la CL-625 dirección norte, dentro del municipio de Encío. Se trata de una pista forestal que sube a los Montes Obarenes. Avanzar unos 1800 metros por esa pista. A esa distancia más o menos se toma un camino a la derecha. El piezómetro está ubicado en la cuneta derecha a la entrada del camino. Las coordenadas exactas del punto son: X= 491.861, Y= 4.724.743, Z= 730 m.s.n.m. (Fig.1).



Fig. 1. Situación geográfica del sondeo y ortofoto (tomadas del Visor SIGPAC).

SITUACIÓN GEOLÓGICA

EMPLAZAMIENTO Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA

Como se puede observar en la Figura 2, el sondeo se encuentra emboquillado en el bloque superior del conjunto cabalgante que constituyen los Montes Obarenes. Ese afloramiento está constituido por materiales del Cretácico Superior que se diferencian dentro del Mapa Geológico de la Cuenca del Ebro como unidad 450, de edad Turoniense-Santoniense. Se corresponden con la unidad C^{1-2}_{24} de la Hoja MAGNA nº 137 (Miranda de Ebro) de edad Santoniense, integrada por margas y calizas margosas.

La zona es tectónicamente muy compleja, con escamas de cabalgamiento, fracturas y pliegues de direcciones E-O aproximadamente, paralelas al frente de cabalgamiento regional, que tiene una mayor tendencia a presentar dirección clásica ibérica NW-SE.

El piezómetro se encuentra situado sobre los materiales carbonatados del Cretácico Superior de bloque inferior y presentan un buzamiento de unos 50-60° hacia el NE. ES probable que en profundidad ese buzamiento se suavice progresivamente.

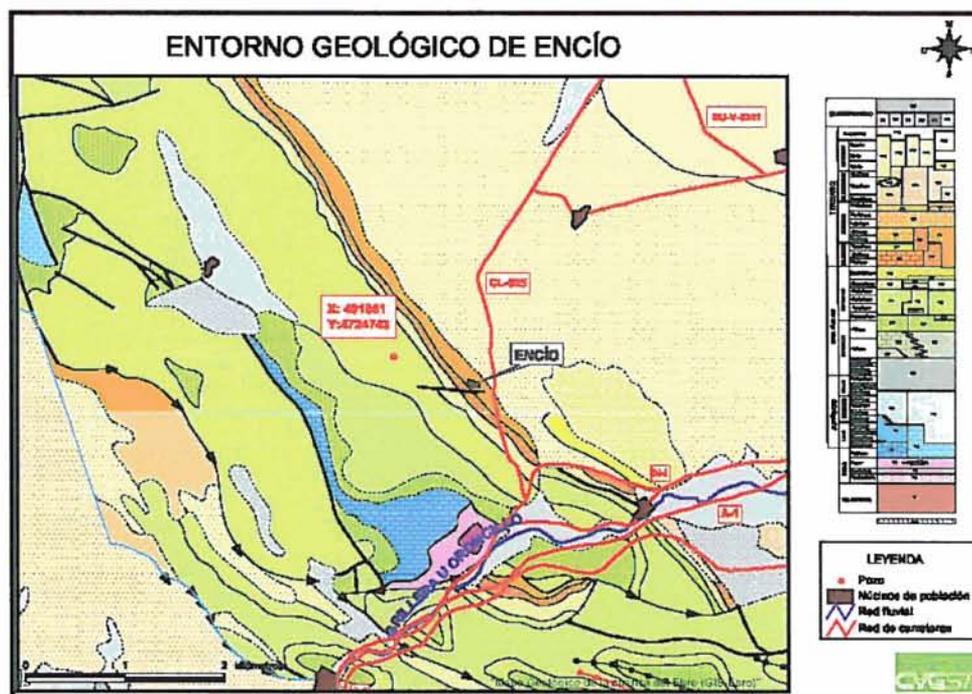


Fig.2. Situación del sondeo en la Cartografía Geológica de la Cuenca del Ebro. GIS-Ebro.

FORMACIONES GEOLÓGICAS ATRAVESADAS

Todos los materiales atravesados, desde el emboquille hasta el final del sondeo, forman parte de la gran secuencia del Cretácico Superior. El emboquille del sondeo se sitúa sobre el sustrato margoso del Santoniense, siempre según la Hoja Magna (137-Miranda de Ebro). Viendo el estilo de cartografía de la hoja MAGNA parece más conveniente seguir la caracterización de unidades de Floquet (1991), al ser algo más detallada.

Los primeros metros cortados, integrados por limos y arenas marronáceas son de recubrimiento cuaternario, muy probablemente de origen aluvial. El límite inferior de este cuaternario aluvial se sitúa en torno al metro 5 de profundidad.

Entre los metro 5 y 10 se cortan unos materiales margosos marrones, con escasas intercalaciones de calizas margosas. Esta unidad se cartografía en la hoja MAGNA como Santoniense Inferior. No obstante, parece que en función de la serie atravesada, se trate de uno de los intervalos margosos de Coniaciense (Fm. Nidaguila) de Martín-Chivelet *et al.* (2002), Gil *et al.* (2004) o García *et al.* (2004). Usando la terminología de Floquet (1991), se trataría del techo de la Fm. Villaescusa de las Torres, de edad igualmente Coniaciense.

Entre los metros 10 y 37, se cortan unas calizas granosostenidas en general, peloidales e intraclásticas de tonos blancos. Esta parte se podría atribuir a la parte alta de la Fm. Villaescusa



de las Torres de Floquet (1991) o sus equivalentes laterales (Fm. Ribera Alta; Martín-Chivelet *et al.*, 2002). Su edad estaría situada en torno al límite Turoniense-Coniaciense.

Hasta el metro 112, aparecen unas calizas, que si bien presentan términos granosostenidos, es más frecuente la presencia de texturas fangosas. Se encuentra parcialmente dolomitizada. Con estas características, se puede atribuir a la Fm. Villaescusa de las Torres (Floquet, 1991) en su parte inferior, o bien a la Fm. Muñecas, siguiendo la terminología de Martín-Chivelet *et al.* (2002). Se puede hablar a grandes rasgos, que esta unidad se extiende a lo largo del Turoniense inferior y parte del superior.

Entre los metros 112 y 124 aparece un conjunto con mayor participación margosa, como se deduce de la lectura de la diagráfia. Este tramo se puede correlacionar con la Fm. Puente de Floquet (1991) o Martín-Chivelet *et al.* (2002). La edad de esta unidad puede establecerse como Cenomaniense terminal-Turoniense basal.

Hasta el metro 255, se extendería la Fm. Dosante, en este caso en la forma de Mb. Pancorbo de Floquet (1991), constituido por calizas bioclásticas, pero sobre todo dolomías de grano fino a medio, que tienden a hacerse más groseras en profundidad. Esta unidad se extiende al Cenomaniense medio y superior.

Por último, desde el metro 255 hasta el final del sondeo, se corta la clásica Fm. Utrillas, constituida por arenas cuarzosas. La edad de esta unidad en esta zona se puede determinar como Cenomaniense inferior.

COLUMNA LITOLÓGICA.

TRAMO 1

0-5 m. Limos y margas marrones con cantos de calizas dolomíticas beige y areniscas cuarcíticas. Rellenos cuaternarios.

TRAMO 2

5-10 m. Margas grisáceas con escasas intercalaciones de calizas margosas y margocalizas. En las margocalizas sólo se ven partículas de tamaño limo.



TRAMO 3

10-37 m. Calizas blancas bien cementadas. Presentan en general texturas granosostenidas, excepto en el intervalo 20-25, en donde de manera puntual se reconocen texturas más fangosas. Las texturas suelen oscilar entre *packstone* y *grainstone* sin dominar claramente uno sobre otro. En cuanto a los componentes, dominan los granos no esqueletales sobre los bioclastos. Estos últimos son accesorios y están casi exclusivamente representado por fragmentos de bivalvos, que en líneas generales, presentan mayores tamaños que los no esqueletales en los que están inmersos. La facies es de peloidal a intraclástica, si bien dominan los primeros. Suelen ser bastante finos y bien clasificados. La clasificación sólo se pierde cuando entran en juego los intraclastos micríticos de mayor tamaño.

TRAMO 4

37-65 m. Calizas blancas con intercalaciones de margas, con ocasionales calizas más margosas.

Las calizas son de texturas no granosostenidas, con la excepción de ocasionales niveles de *packstone* peloidales bien clasificados. La facies característica de este tramo es el *wackestone* peloidal y bioclástico. No obstante hay facies extremas, como *mudstone*. Los bioclastos son en su mayor parte bivalvos. De manera puntual se reconocen niveles de *packstone* bioclástico inmersos en facies fangosas. Estos posiblemente tengan relación con tempestitas. Algunos de estos peloides se encuentran ligeramente ferruginizados.

A partir del metro 60 se añade agua al sondeo, de modo que no se puede precisar con certeza la situación de los aportes, que en todo caso son inferiores a 1,3 litros por segundo.

TRAMO 5

65-80 m. Calizas grises con posibles interestratos margosos.

Las calizas son de texturas no granosostenidas y presentan una evolución granocreciente. Hacia la base del tramo dominan las calizas *mudstone*, mientras que hacia techo, por aumento en el porcentaje de bivalvos se alcanzan texturas de *wackestone*.

TRAMO 6

80-100 m. Calizas grises y rojas, blancas y dolomías grises.



Las calizas presentan texturas granosostenidas, aunque hacia el techo del tramo también aparecen calizas *wackestone* de bivalvos. La textura principal es el *packstone* peloidal a intraclástico, con bivalvos y miliólidos, mal clasificado. Intercalada en esta facies, aparecen otras de *mudstone* con bivalvos.

Las dolomías suelen ser de grano medio, si bien de manera puntual se reconocen otras de grano fino, en las que la porosidad es menor que en las primeras.

TRAMO 7

100-112 m. Dolomías grises y rosadas.

Las dolomías son de grano medio en su mayor parte, con una porosidad interpartícula importante, si bien hacia la parte superior del tramo se reconocen dolomías de grano fino con una porosidad menor.

TRAMO 8

112-124 m. Calizas grises, margocalizas y posibles intercalaciones margosas.

Las calizas son micríticas, de textura *mudstone* y presentan de forma esporádica partículas de tamaño limo. Las margocalizas no muestran granos esqueléticos.

TRAMO 9

124-155 m. Calizas dolomíticas grises y calizas rojas y anaranjadas, con ocasionales dolomías bandeadas y calizas ferruginosas.

Las calizas presentan texturas de *mudstone* a *wackestone* de bivalvos, aunque se encuentran parcialmente dolomitizadas. El grado de dolomitización es muy variable, desde un extremo al otro.

Las dolomías bandeadas presentan bandan rosas y blancas y son de grano fino, microcristalinas. Es posible que el bandeo responda a un bandeo original del sedimento.

Las calizas ferruginosas se sitúan en la parte inferior del tramo y presentan una textura de *wackestone* bioclástico a *mudstone*, con escasos bioclastos (bivalvos).



TRAMO 10

155-190 m. Dolomías grises y blancas. Son de grano medio con romboedros perfectamente individualizables. Forman un conjunto bastante poroso debido fundamentalmente a su tamaño de grano.

TRAMO 11

190-230 m. Dolomías grises arenosas, con escasas calizas recristalizadas.

Las dolomías presentan generalmente grano medio, aunque se observan transiciones hacia ambos extremos, tanto finas, como gruesas. De modo puntual se reconocen pequeños granos de cuarzo que hacen alusión a la inicial composición calcarenítica, sobre todo hacia la base del tramo. En conjunto, se puede hablar de un tramo bastante poroso, debido a las características de las dolomías, con abundante porosidad intergranular.

Entre el metro 192 y 200 hay una posible zona aportante, aunque de caudal inferior a 1 litro por segundo.

TRAMO 12

230-240 m. Tramo sin muestras. Del estudio de la diagrafiya se podría concluir que hipotéticamente estaría compuesto por algo litológicamente similar a lo que aparece en el tramo 13, es decir, por dolomías de grano medio y grueso.

TRAMO 13

240-255 m. Dolomías de grano medio a grueso de color gris. Se reconocen romboedros de hasta 4 mm. Presentan un aspecto sacaroideo, en el que se observan mosaicos de cristales de dolomita.

TRAMO 14

255-260 m. Arenas blanco-amarillentas. Están compuestas mayoritariamente por cuarzo, si bien hay granos que pueden ser feldespáticos o líticos de manera puntual. El tamaño de grano es medio, están mal clasificadas, pero sin embargo el redondeamiento de los granos es bastante bueno.



REFERENCIAS

GARCÍA, A., MAS, R., SEGURA, B., CARENAS, J.F., GARCÍA-HIDALGO, J., GIL, J., ALONSO, A., AURELL, M., BÁDENAS, B., BENITO, M.B., MELÉNDEZ, A Y SALAS, R., (2004). Segunda fase de Post-Rift: Cretácico Superior. *Geología de España* (J, A. VERA ed.). 513-522p.

GIL, J. B. CARENAS, M. SEGURA F.J. GARCÍA-HIDALGO, J. Y A. GARCÍA (2004).- Revisión y Correlación de las unidades litoestratigráficas del Cretácico Superior en la Region Central y Oriental de España. *Revista de la Sociedad Geológica de España*. 17 (3-4): 249-266.

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

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

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (MAGNA) HOJA 1:50.000 N° 137-MIRANDA DE EBRO (1977)

MARTÍN-CHIVELET, 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

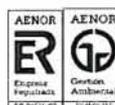
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE
SECRETARIA GENERAL PARA EL TERRITRIO Y LA BIODIVERSIDAD
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



**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
“09.104.01 bis ENCÍO” EN ENCÍO (BURGOS)**

Noviembre de 2004





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



TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA DEL SONDEO "09.104.01 bis ENCÍO" EN ENCÍO (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 8ºA. 50009 ZARAGOZA
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

ÍNDICE

	Páginas.
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2. METODOLOGÍA	3
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
3. TRABAJO REALIZADO	9
3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS	10
3.2. PROCESADO DE DATOS	17
3.3. REGISTROS GEOFÍSICOS	18
4. RESULTADOS OBTENIDOS	23

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 8ªA. 50009 ZARAGOZA
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág. -1

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El día 23 de noviembre de 2004 se procedió, por parte de la Compañía General de Sondeos, a la testificación geofísica del sondeo "09.104.01 bis ENCÍO", ubicado en el término municipal Encío, 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 de 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

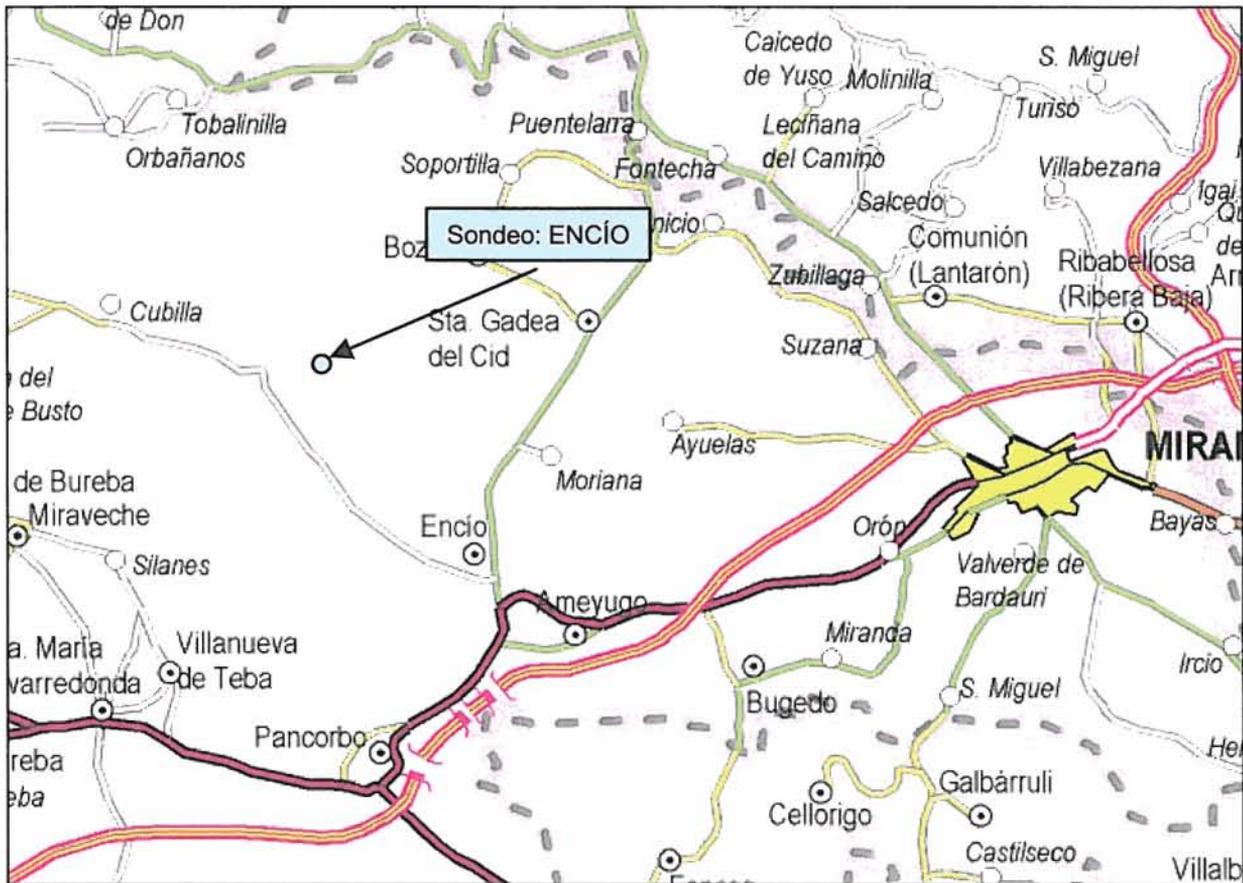


Figura.-1 Situación geográfica de la zona de estudio



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 8ª. 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 8ª. 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 8ºA. 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 8ª. 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.



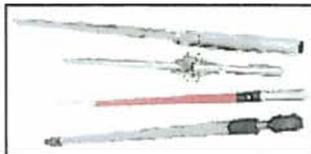
CENTRAL:
Nuñez de Balboa, 81
28006 MADRID
Tel.: 91 5455589
Fax: 91 4352259

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

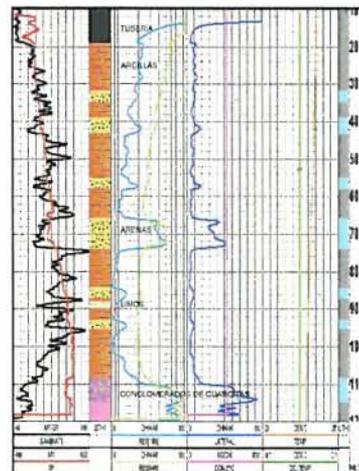


Figura.-2 Equipo de Testificación Geofísica CENTURY COMPU-LOG



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 8ª. 50009 ZARAGOZA
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-9

3. TRABAJO REALIZADO

El sondeo "ENCÍO" se testificó desde la superficie hasta los 263 metros de profundidad tomando como cota cero el ras de suelo.

DATOS DEL SONDEO

PROFUNDIDAD DEL SONDEO:	263 mts.	
PROFUNDIDAD TESTIFICADA:	263 mts.	
ENTUBADO:	De 0 a 6 mts.	
DIÁMETRO DE ENTUBACIÓN:	300 mm.	
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN:	220 mm.	
NIVEL FREÁTICO (durante la testificación):	169 mts.	
CONDUCTIVIDAD MEDIA NORMALIZADA A 25° C:	475 μ s/cm	
TESTIFICADO CON LAS SONDAS:	9040 y 9055	
COORDENADAS DEL SONDEO:	X	0491747
	Y	4724510
	Z	727

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 8ª. 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 ^{40}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 resistímetro/conductímetro 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 8ºA. 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 8ªA. 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)



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

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

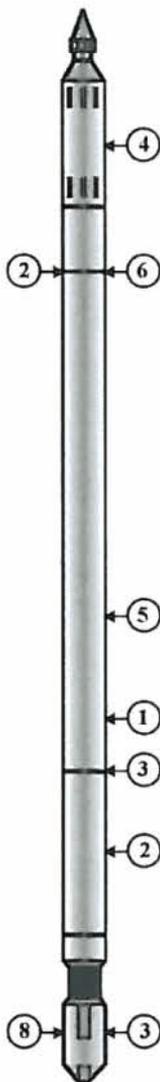
OFICINA DE OBRA: C/ Corona de Aragón nº 30 8ªA. 50009 ZARAGOZA
Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-15

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 0° C a 56° C.
- Resistividad del fluido: de 0 a 100 ohmios por metro.

Especificaciones

- Longitud: 2.13 mts.
- Diámetro: 64mm.
- Presión: 232 Kg/cm²
- Temperatura: 50° C.
- Peso: 15 Kg.
- Voltaje requerido: 50 V (DC).
- Velocidad de registro: 9 m/minuto.

Figura.-3 Sonda 9040 (hidrogeológica)



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.-16

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/cm²
- Temperatura: 85° C.
- Peso: 12 Kg.
- Velocidad de registro: 9 m/minuto.

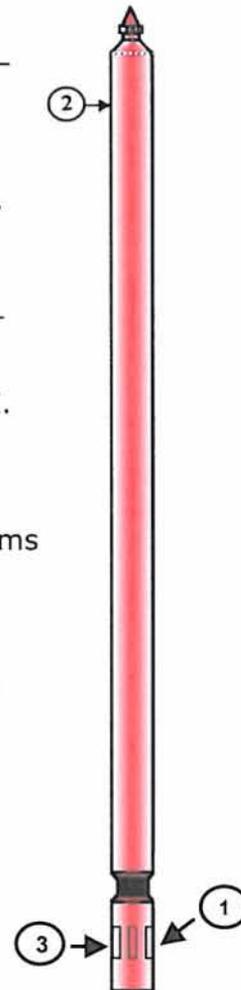


Figura.-4 Sonda 9055 (desviación)



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 8ªA. 50009 ZARAGOZA
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-17

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 diagrfías registradas, así como la presentación y distribución de litologías, según se muestra en la ventana del programa ACL de la figura.-5.

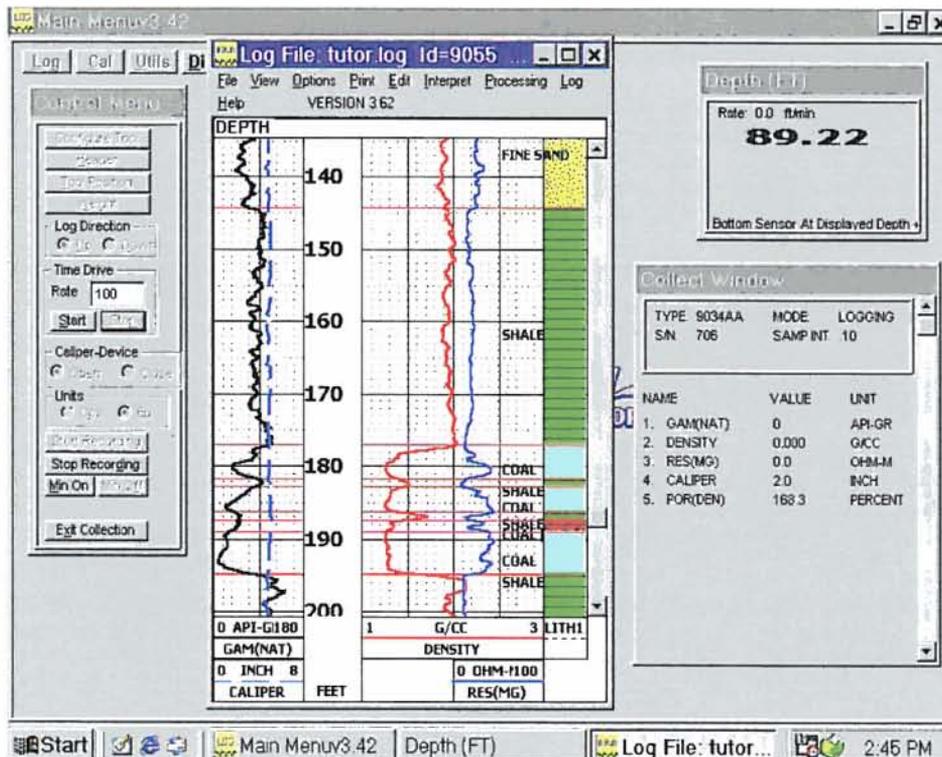


Figura.-5 Ventana de trabajo del programa ACL



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 -200 a 0 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 300 a 4000 Ohm x m. En la cuarta, la Resistividad Lateral y la Conductividad Normalizada a 25° C, con escalas, de 0 a 3000 Ohm x m para la Resistividad Lateral, y de 0 a 1000 $\mu\text{s/cm}$, 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 8ªA. 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 diagráfia, tenemos en la pista número uno la Profundidad y la Distancia, con escalas comprendidas entre 0 y 300 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 -9 a 1 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 del 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: 09.104.01 bis ENCÍO

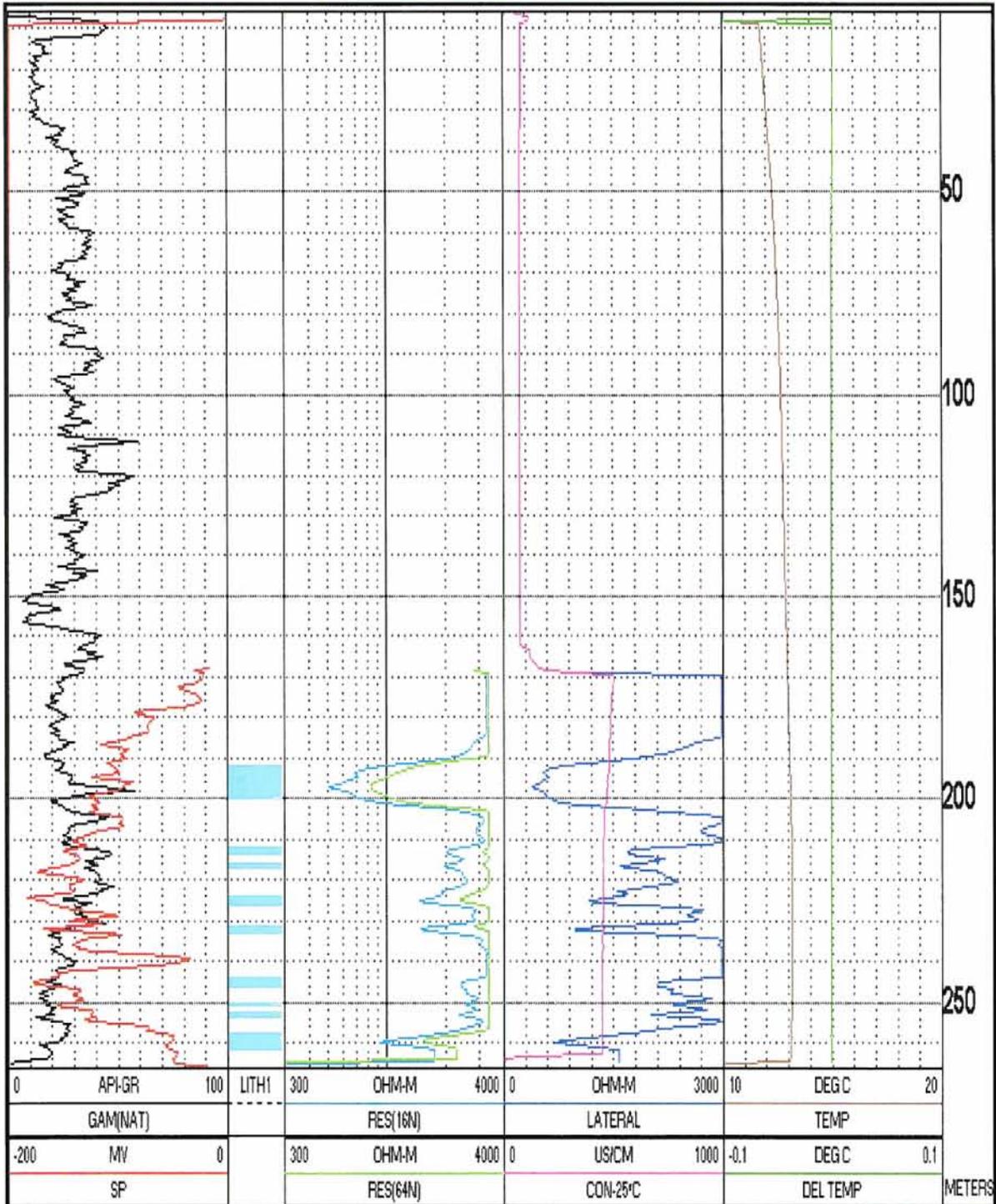


Figura.-6 Diagrafía hidrogeológica



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.-21

SONDEO: 09.104.01 bis ENCIO

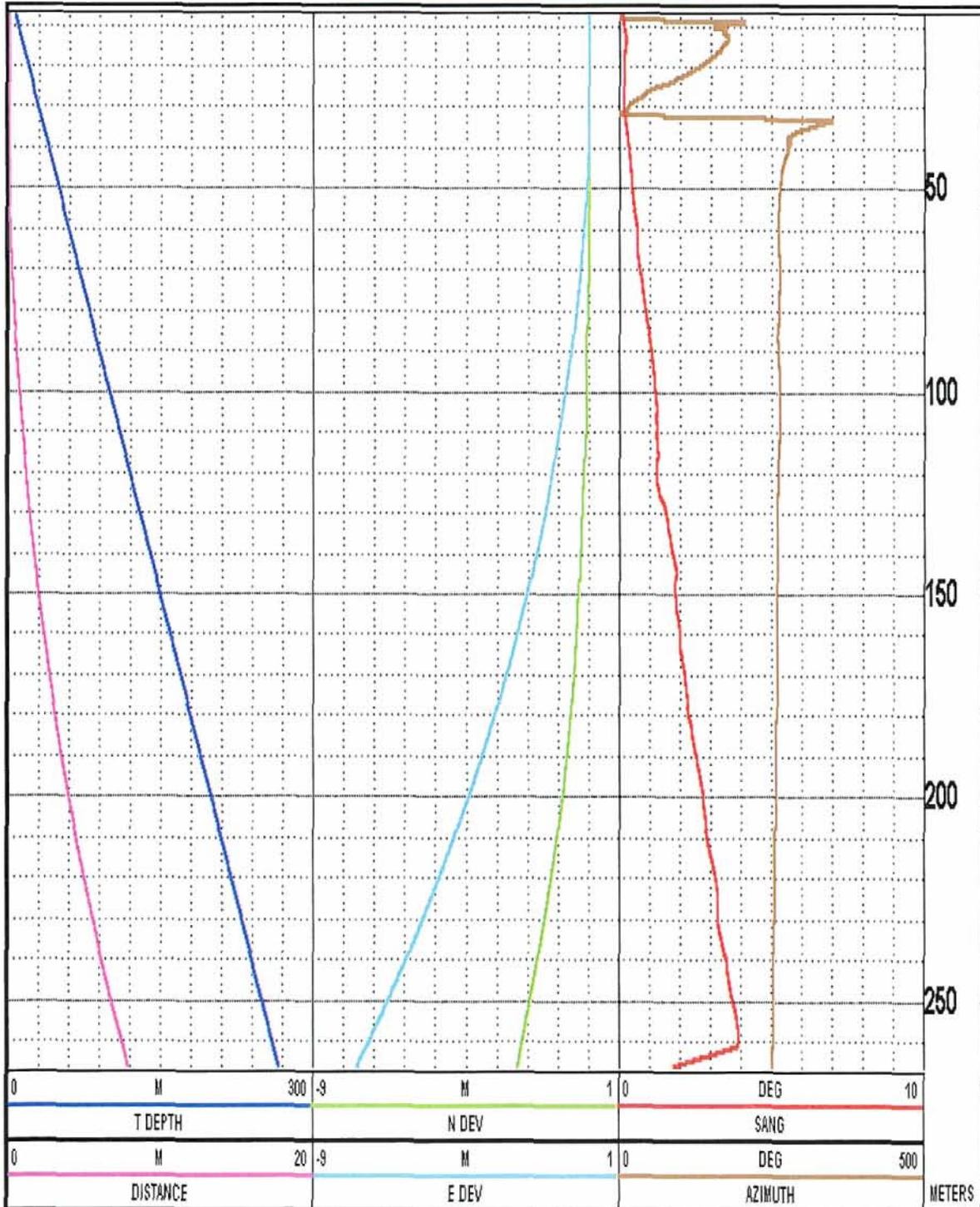


Figura.-7 Diagrama de desviación



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 8ªA. 50009 ZARAGOZA
 Jefe de obra: syeste@gruposyv.com

Pág.-22

SONDEO: 09.104.01 bis ENCÍO

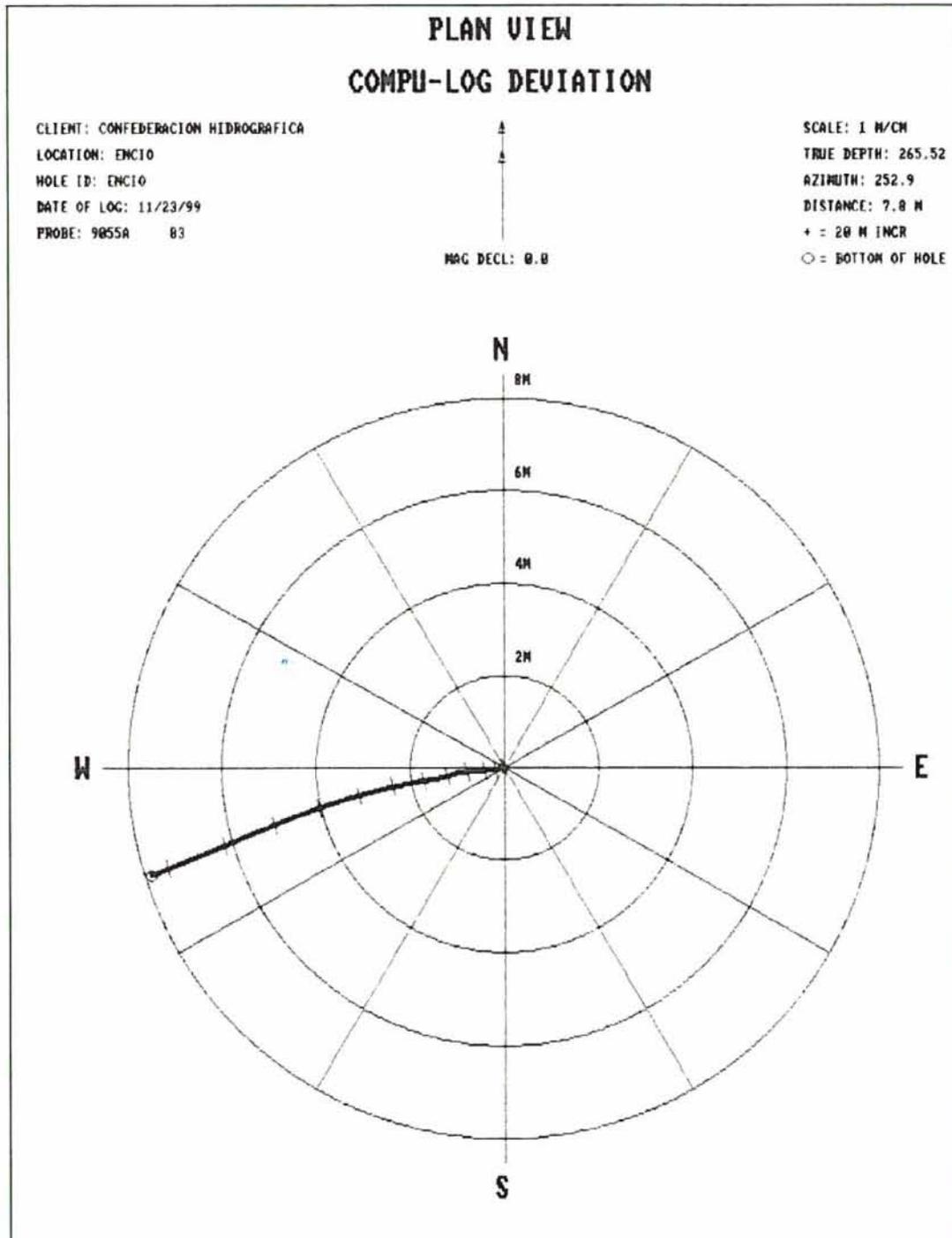


Figura.-8 Gráfica de desviación vista en planta



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 8ª. 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 192 m. a 200 m.	8 m.
Tramo de 212 m. a 213.5 m.	1.5 m.
Tramo de 216 m. a 217 m.	1 m.
Tramo de 224 m. a 226.5 m.	2.5 m.
Tramo de 231 m. a 233 m.	2 m.
Tramo de 244 m. a 246 m.	2 m.
Tramo de 250 m. a 251 m.	1 m.
Tramo de 252.5 m. a 254 m.	1.5 m.
Tramo de 257.5 m. a 261.5 m.	4 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 262 metros de profundidad ha sido de 7,59 metros.
- El Acimut mantiene una media aproximada de 255°.
- El sondeo llega a su máxima inclinación a los 258 metros con 3,95°.



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

Fdo: José Luengo
Geofísico
Dto. Geofísica CGS

Rvsdo: Sergio Yeste
Jefe de Obra
Hidrogeología

VºBº: Javier Almoguera
Jefe
Hidrogeología

Burgos, noviembre de 2004



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

ANEXO -I

DIAGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA A ESCALA AMPLIADA

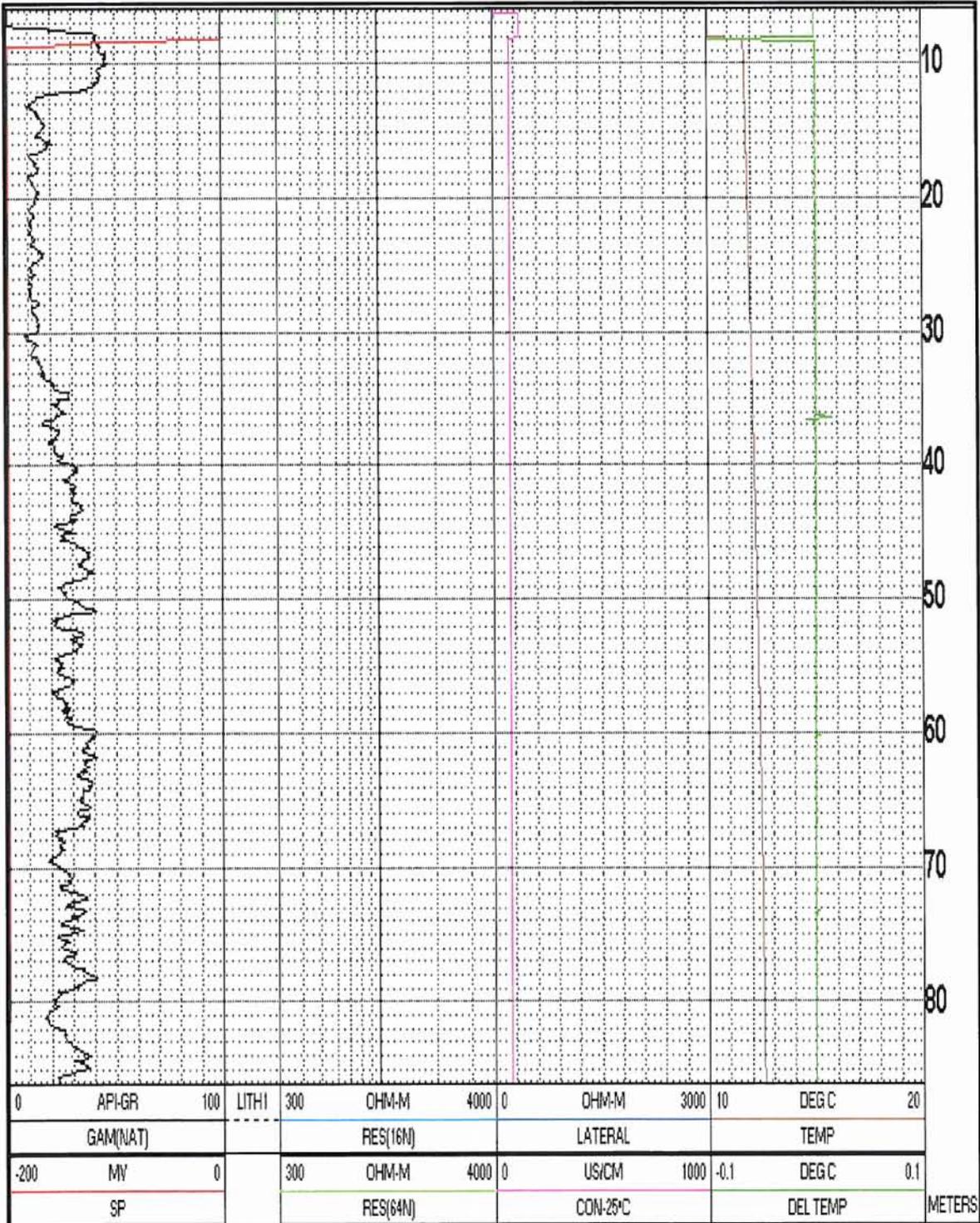


CENTRAL:
 Nuñez de Balboa, 81
 28006 MADRID
 Tel.: 91 5455589
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

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

SONDEO: 09.104.01 bis ENCÍO



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.

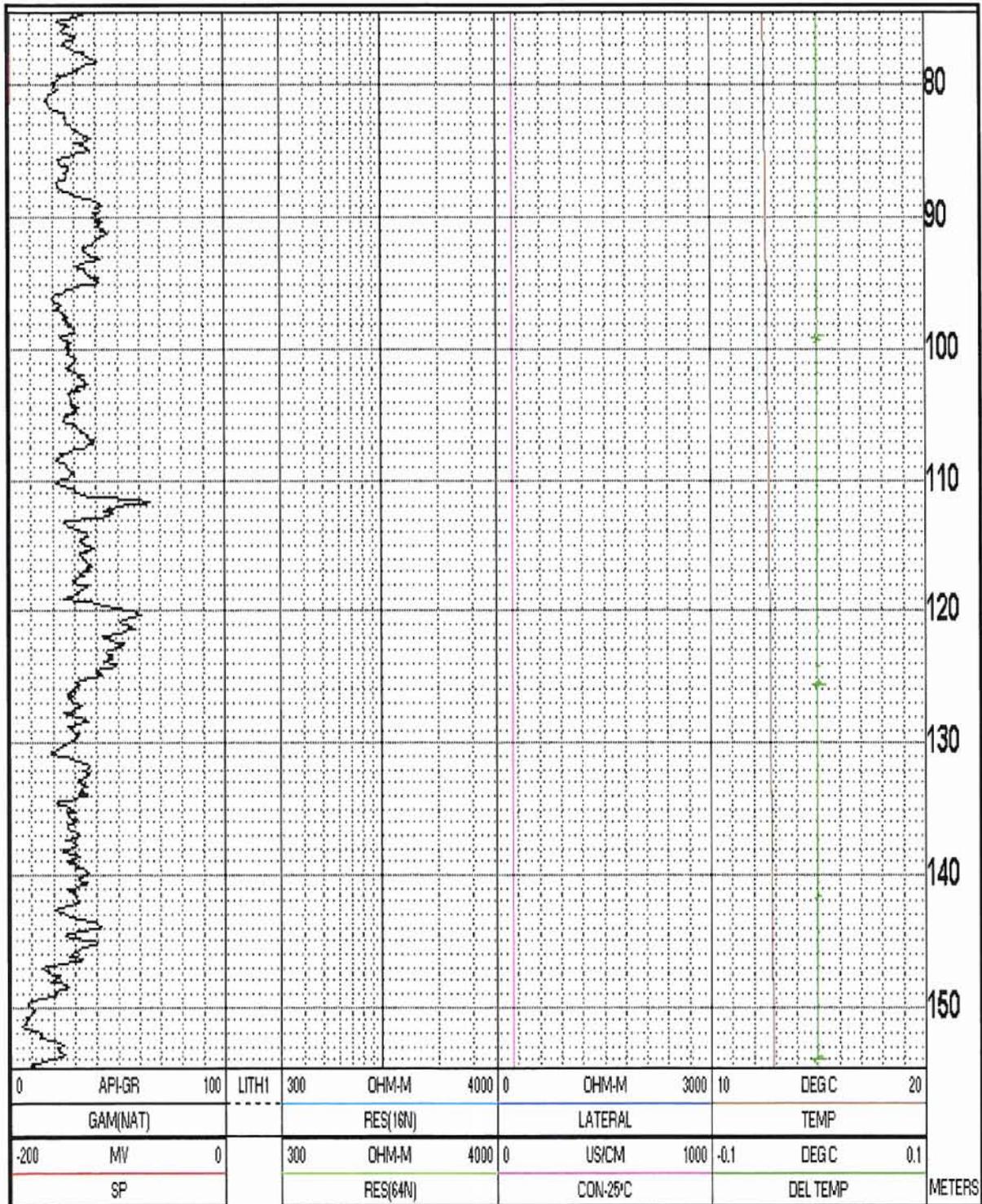


CENTRAL:
 Nuñez de Balboa, 81
 28006 MADRID
 Tel.: 91 5455589
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

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

SONDEO: 09.104.01 bis ENCÍO



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.

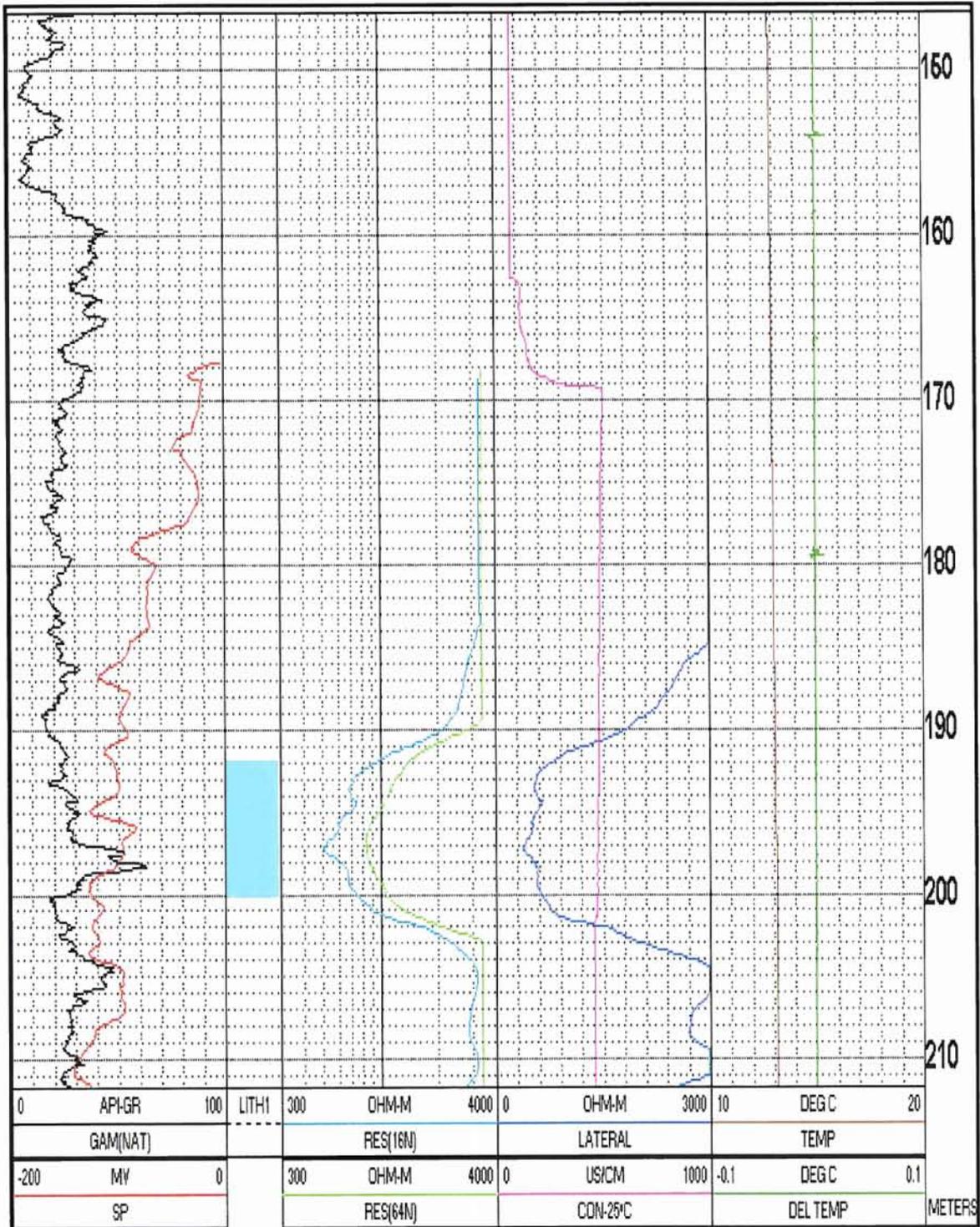


CENTRAL:
 Nuñez de Balboa, 81
 28006 MADRID
 Tel.: 91 5455589
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

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

SONDEO: 09.104.01 bis ENCÍO



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.

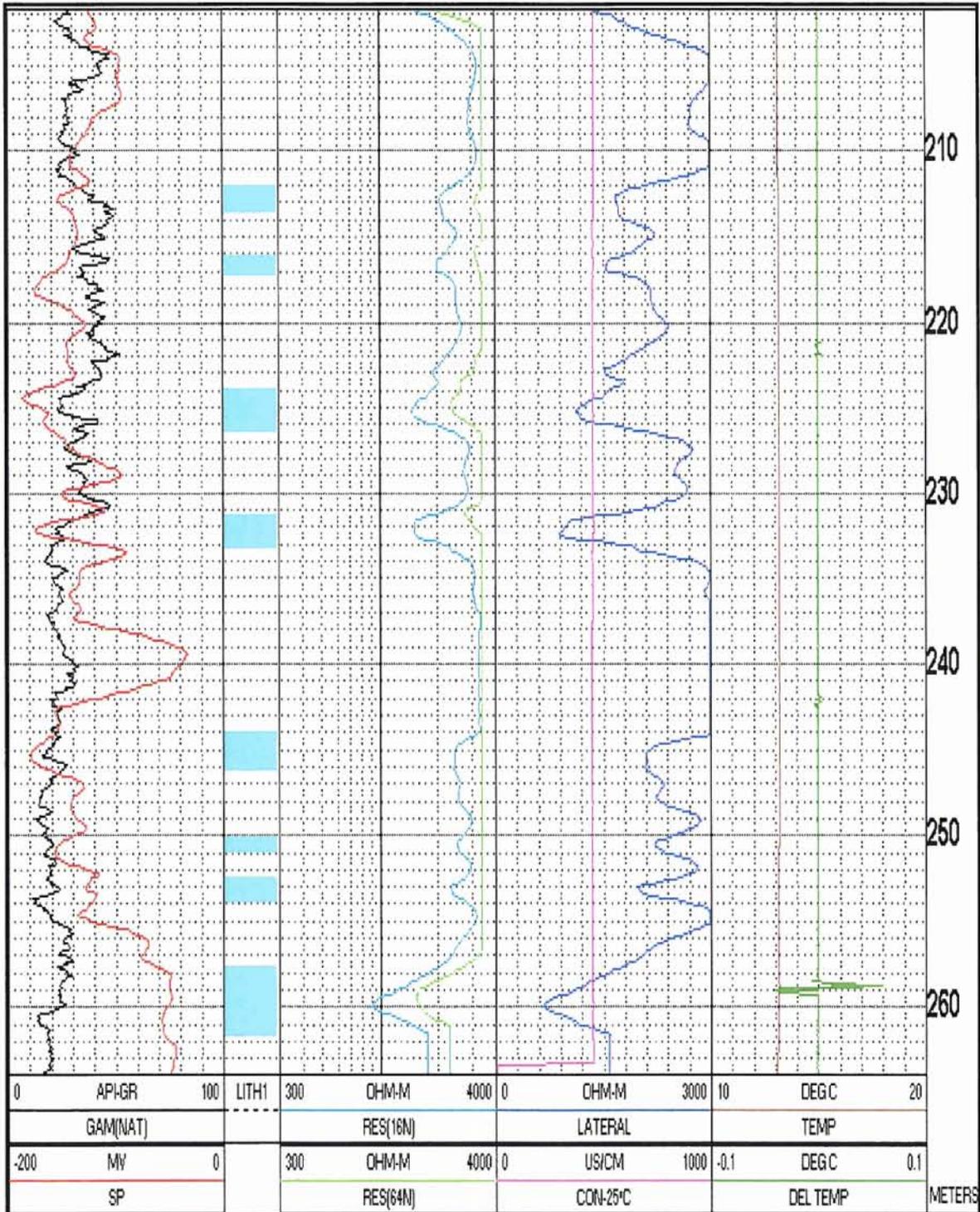


CENTRAL:
 Nuñez de Balboa, 81
 28006 MADRID
 Tel.: 91 5455589
 Fax: 91 4352259

Grupo SACYR-VALLEHERMOSO, S.A.

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

SONDEO: 09.104.01 bis ENCÍO



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

ANEXO -II

LISTADO DE VALORES DE DESVIACIÓN



CENTRAL:
Nuñez de Balboa, 81
28006 MADRID
Tel.: 91 545589
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

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
6	0.00	0.05	0.00	0.00	40
8	0.00	0.08	0.00	0.00	80
10	0.00	0.30	0.00	0.00	169
12	0.01	0.26	-0.01	0.00	176
14	0.01	0.23	-0.02	0.00	175
16	0.01	0.19	-0.02	0.00	164
18	0.01	0.18	-0.01	0.01	150
20	0.01	0.15	-0.01	0.01	131
22	0.00	0.17	0.00	0.01	107
24	0.00	0.22	0.00	0.01	81
26	0.00	0.17	0.01	0.01	50
28	0.00	0.14	0.01	0.00	31
30	0.00	0.13	0.01	0.00	15
32	0.00	0.16	0.01	0.00	121
34	0.01	0.24	0.01	0.00	330
36	0.01	0.30	0.01	-0.01	291
38	0.02	0.35	0.00	-0.02	278
40	0.03	0.31	0.00	-0.03	276
42	0.04	0.30	0.00	-0.04	274
44	0.05	0.40	0.00	-0.05	269
46	0.06	0.48	0.00	-0.07	266
48	0.08	0.43	-0.01	-0.08	265
50	0.09	0.39	-0.01	-0.09	263
52	0.10	0.42	-0.01	-0.11	262
54	0.12	0.48	-0.02	-0.12	261
56	0.14	0.56	-0.02	-0.14	261
58	0.16	0.61	-0.02	-0.16	261
60	0.18	0.61	-0.02	-0.20	262
62	0.20	0.66	-0.03	-0.22	262
64	0.22	0.56	-0.03	-0.24	262
66	0.24	0.64	-0.03	-0.27	262
68	0.26	0.64	-0.03	-0.29	263
70	0.29	0.68	-0.03	-0.31	263
72	0.31	0.73	-0.03	-0.34	263
74	0.34	0.79	-0.04	-0.37	263
76	0.36	0.84	-0.05	-0.39	262
78	0.39	0.83	-0.05	-0.42	262
80	0.42	0.84	-0.06	-0.45	261
82	0.45	0.94	-0.07	-0.48	261
84	0.48	0.98	-0.08	-0.52	260
86	0.52	0.97	-0.09	-0.55	260
88	0.55	1.00	-0.09	-0.59	261
90	0.59	1.09	-0.09	-0.62	261
92	0.63	1.14	-0.08	-0.66	262

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

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
94	0.66	1.14	-0.08	-0.70	263
96	0.70	1.14	-0.08	-0.74	263
98	0.74	1.18	-0.09	-0.78	263
100	0.78	1.20	-0.09	-0.83	263
102	0.83	1.22	-0.09	-0.87	263
104	0.87	1.22	-0.09	-0.91	263
106	0.91	1.29	-0.10	-0.95	263
108	0.96	1.23	-0.10	-0.99	263
110	1.00	1.19	-0.12	-1.04	263
112	1.04	1.26	-0.13	-1.08	262
114	1.08	1.22	-0.14	-1.12	262
116	1.12	1.30	-0.15	-1.16	262
118	1.17	1.33	-0.17	-1.21	261
120	1.22	1.31	-0.18	-1.24	261
122	1.25	1.01	-0.19	-1.28	261
124	1.29	1.37	-0.20	-1.33	261
126	1.34	1.36	-0.22	-1.35	261
128	1.39	1.56	-0.23	-1.37	260
130	1.44	1.53	-0.23	-1.43	260
132	1.50	1.72	-0.24	-1.48	260
134	1.55	1.64	-0.25	-1.54	260
136	1.61	1.62	-0.26	-1.59	260
138	1.67	1.69	-0.27	-1.65	260
140	1.73	1.83	-0.28	-1.71	260
142	1.79	1.87	-0.29	-1.77	260
144	1.85	1.82	-0.30	-1.83	260
146	1.92	1.91	-0.31	-1.90	260
148	1.98	1.91	-0.33	-1.96	260
150	2.05	1.81	-0.34	-2.02	260
152	2.11	1.82	-0.36	-2.08	260
154	2.17	1.97	-0.37	-2.15	260
156	2.24	1.99	-0.38	-2.21	260
158	2.31	1.98	-0.40	-2.28	260
160	2.38	1.99	-0.41	-2.35	260
162	2.45	2.04	-0.43	-2.42	259
164	2.52	1.99	-0.44	-2.49	259
166	2.59	2.07	-0.46	-2.55	259
168	2.66	2.11	-0.48	-2.63	259
170	2.74	2.23	-0.49	-2.70	259
172	2.82	2.20	-0.51	-2.77	259
174	2.89	2.21	-0.53	-2.85	259
176	2.97	2.19	-0.55	-2.92	259
178	3.05	2.30	-0.58	-3.00	259
180	3.13	2.35	-0.60	-3.07	258



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

PROFUNDIDAD.	DISTANCIA	INCLINACIÓN	DESV. N.	DESV. E.	ACIMUT
182	3.21	2.38	-0.62	-3.15	258
184	3.29	2.37	-0.64	-3.23	258
186	3.37	2.49	-0.66	-3.31	258
188	3.46	2.49	-0.69	-3.40	258
190	3.55	2.53	-0.72	-3.48	258
192	3.64	2.58	-0.75	-3.56	258
194	3.73	2.64	-0.77	-3.65	257
196	3.82	2.74	-0.80	-3.74	257
198	3.91	2.74	-0.83	-3.83	257
200	4.01	2.73	-0.86	-3.92	257
202	4.10	2.83	-0.90	-4.01	257
204	4.20	2.79	-0.93	-4.10	257
206	4.30	2.84	-0.96	-4.19	256
208	4.40	2.87	-1.00	-4.29	256
210	4.50	2.91	-1.03	-4.38	256
212	4.60	2.91	-1.07	-4.47	256
214	4.70	3.00	-1.11	-4.57	256
216	4.80	3.10	-1.15	-4.66	256
218	4.91	3.10	-1.19	-4.77	255
220	5.02	3.19	-1.23	-4.87	255
222	5.13	3.26	-1.27	-4.99	255
224	5.24	3.25	-1.32	-5.08	255
226	5.35	3.23	-1.36	-5.18	255
228	5.47	3.25	-1.40	-5.29	254
230	5.58	3.29	-1.44	-5.39	254
232	5.69	3.27	-1.49	-5.50	254
234	5.80	3.25	-1.53	-5.60	254
236	5.92	3.38	-1.58	-5.71	254
238	6.03	3.49	-1.63	-5.82	254
240	6.16	3.53	-1.68	-5.93	254
242	6.28	3.60	-1.72	-6.04	253
244	6.41	3.60	-1.77	-6.16	253
246	6.53	3.58	-1.82	-6.28	253
248	6.66	3.71	-1.87	-6.39	253
250	6.78	3.74	-1.92	-6.51	253
252	6.91	3.80	-1.97	-6.63	253
254	7.05	3.91	-2.02	-6.76	253
256	7.18	3.91	-2.07	-6.88	253
258	7.32	3.95	-2.12	-7.01	253
260	7.46	3.92	-2.17	-7.14	253
262	7.59	3.91	-2.23	-7.26	253

ANEJO 4

ENSAYO DE BOMBEO



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



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

FECHA: 7 de junio de 2005

Nº pag.:

Nº SONDEO: P-09. 104.01 Bis

POBLACIÓN: ENCÍO

PROF.: 263 m

Informe del ensayo de bombeo del sondeo de Encío MMA (210860060)

El ensayo de bombeo comienza el 6 de junio de 2005 a las 13:40 horas y se realiza con el equipo habitual (pitot). El agua se evacua al barranco. El nivel estático se sitúa en 127,51 m y la aspiración en 232,35 m.

Se realizan 2 escalones, el primero con un caudal de 1,75 l/s (mínimo tabulado en tablas para un diafragma de 2") que dura 70 minutos y el segundo con un caudal de 1,3 l/s (cubicado) dura hasta el final del aforo.

	Duración	Caudal (l/s)	Descenso (m)
Escalón 1	70 minutos	1,75	57,95
Escalón 2	1370 minutos	1,35	4,83

El descenso total es de 62,78 m. El nivel no se estabiliza en todo el aforo. La tendencia general de éste es a bajar, aunque a partir de la cuarta hora se observan oscilaciones y el descenso es menor.

El agua sale muy sucia al principio y poco a poco se va volviendo turbia (con mucho material fino en suspensión). No llega a aclarar. La conductividad media es de 500 $\mu S/cm$, el pH de 7,45 y la temperatura de 15°C.

Tras el aforo se mide una hora de recuperación. Al final de ésta se han recuperado 41,02 m.

Después de desmontar el equipo de aforo se mide el nivel con sonda hidronivel habitual, está en 147,03 m (7 de junio de 2005, 16:20 horas).

A las 19:25 horas se vuelve a medir el nivel, está en 143,03 m.

Por otro lado, se mide el nivel del piezómetro de Pobes antes de montar el equipo. Está en 31,14 m (07/06/2005, 17:10 horas). También se visitan los 2 posibles piezómetros, uno en Pobes y otro en Lasierra. El piezómetro de Pobes es imposible de medir porque está cerrado con candado. El piezómetro de Lasierra tiene un tapón por donde meter la sonda, pero sólo se puede meter un metro, a partir de aquí ya no baja más.

Como no había nivel de referencia de Barriga se toma el 7 de junio de 2005. A las 18:00 horas el nivel está en 127,19 m (acuífero ya recuperado).

FDO. ELENA GÓMEZ



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



ENSAYO DE BOMBEO

Localidad ENCIO
 N° Registro IPA 210860060
 Profundidad Sondeo 263 m
 Coordenadas UTM Pozo Piezómetro
 X 491861
 Y 4724743
 Z 730 m

Fecha Ensayo 6 y 7 de junio de 2005
 Nivel estático inicial 127,51
 Profund. Aspiración 232,35
 Bomba CAPRARI 6" E6S 54/20 50 C
 Grupo DEUSCH 100KVA 150 CV
 Alternador MERCATE

Piezómetro (n° IPA)

Profundidad m
 Distancia 4750276 m
 Dirección (norte) 186 °E

Régimen de bombeo

Escalón	Caudal (l/s)	Duración (min)		Descenso (m)	
		Total	Parcial	Total	Parcial
1	1,75	70	70	57,95	57,95
2	1,35	1440	1370	62,78	4,83

Síntesis litológica

0-5 m Limos pardos. Cuaternario.
 5-10 m Margas rojas y pardas. Cretácico superior.
 10-80 m Calizas esparíticas anaranjadas y rojizas. Cretácico superior.
 80-85 m Calizas esparíticas acarameladas o pardas con pequeños niveles de c
 85-257 m Calizas esparíticas anaranjadas y rojizas. Cretácico superior.
 257-263 m Arenas silíceas marrón claro, grano medio-fino. Fm Utrillas. Cret. Inf.

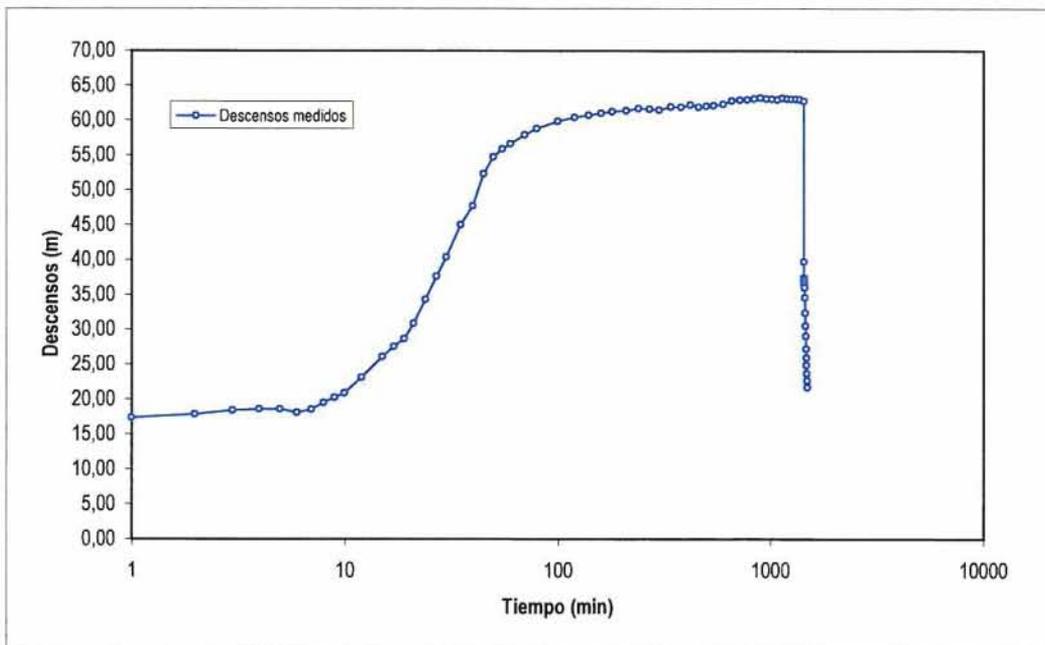
Perforación Entubación Rejilla

Perforación	Entubación	Rejilla
0-6 m f 380 mm	0-6 m f 300 mm	191-197 m 4 mm
6-263 m f 220 mm	0-263 m f 180 mm	251-257 m 4 mm

Hora	Tiempo (min)	Pozo bombeo		Piezómetro		Q (l/s)	Observaciones
		Profund. (m)	Descenso (m)	Profund. (m)	Descenso (m)		

#####	0	127,51					
13:41	1	144,89	17,38			1,75	Agua un poco turbia (marrón)
13:42	2	145,41	17,90			1,75	
13:43	3	145,94	18,43			1,75	
13:44	4	146,16	18,65			1,75	
13:45	5	146,13	18,62			1,75	Agua muy sucia (marrón-anaranjado).
13:46	6	145,66	18,15			1,75	
13:47	7	146,09	18,58			1,75	
13:48	8	147,06	19,55			1,75	
13:49	9	147,82	20,31			1,75	
13:50	10	148,44	20,93			1,75	
13:52	12	150,68	23,17			1,75	
13:55	15	153,62	26,11			1,75	
13:57	17	155,09	27,58			1,75	
13:59	19	156,19	28,68			1,75	
14:01	21	158,38	30,87			1,75	
14:04	24	161,84	34,33			1,75	
14:07	27	165,17	37,66			1,75	
14:10	30	167,90	40,39			1,75	
14:15	35	172,53	45,02			1,75	
14:20	40	175,26	47,75			1,75	
14:25	45	179,85	52,34			1,75	
14:30	50	182,25	54,74			1,75	
14:35	55	183,42	55,91			1,75	
14:40	60	184,13	56,62			1,75	
14:50	70	185,46	57,95			1,75	
15:00	80	186,37	58,86			1,35	
15:20	100	187,41	59,90			1,35	
15:40	120	187,97	60,46			1,35	
16:00	140	188,28	60,77			1,35	Agua muy turbia (anaranjada).
16:20	160	188,55	61,04			1,35	
16:40	180	188,78	61,27			1,35	
17:10	210	188,94	61,43			1,35	
17:40	240	189,24	61,73			1,35	Cond: 499µS pH: 7.43 Tª 18° C
18:10	270	189,17	61,66			1,35	Agua muy turbia (anaranjada).
18:40	300	189,03	61,52			1,35	
19:20	340	189,46	61,95			1,35	
20:00	380	189,42	61,91			1,35	Hora 19:40. Cond: 501µS pH: 7.45 Tª 15° C
20:40	420	189,76	62,25			1,35	
21:20	460	189,45	61,94			1,35	
22:00	500	189,57	62,06			1,35	
22:40	540	189,65	62,14			1,35	

23:40	600	189,85	62,34	1,35	
0:40	660	190,37	62,86	1,35	
1:40	720	190,46	62,95	1,35	MUESTRA 2. Cond:506µS pH: 7.41 Tª 18° C
2:40	780	190,51	63,00	1,35	
3:40	840	190,62	63,11	1,35	
4:40	900	190,74	63,23	1,35	
5:40	960	190,63	63,12	1,35	
6:40	1020	190,57	63,06	1,35	
7:40	1080	190,49	62,98	1,35	
8:40	1140	190,71	63,20	1,35	
9:40	1200	190,63	63,12	1,35	Agua turbia. Cond: 497µS pH: 7.38 Tª 14,6° C
10:40	1260	190,59	63,08	1,35	
11:40	1320	190,59	63,08	1,35	
12:40	1380	190,52	63,01	1,35	
13:40	1440	190,29	62,78	1,35	Cond: 497µS pH: 7.38 Tª 15,4° C
13:41	1441	167,24	39,73	0	
13:42	1442	164,67	37,16	0	
13:43	1443	164,93	37,42	0	
13:44	1444	164,98	37,47	0	
13:45	1445	164,96	37,45	0	
13:46	1446	164,78	37,27	0	
13:47	1447	164,57	37,06	0	
13:48	1448	164,21	36,70	0	
13:49	1449	163,89	36,38	0	
13:50	1450	163,55	36,04	0	
13:55	1455	162,14	34,63	0	
14:00	1460	159,91	32,40	0	
14:05	1465	158,08	30,57	0	
14:10	1470	156,61	29,10	0	
14:15	1475	154,76	27,25	0	
14:20	1480	153,49	25,98	0	
14:25	1485	152,44	24,93	0	
14:30	1490	151,22	23,71	0	
14:35	1495	150,24	22,73	0	
14:40	1500	149,27	21,76	0	
16:20	1600	147,03		0	Medido con sonda habitual.
19:25	1785	143,03		0	Medido con sonda habitual.
11:40	2760	136,66		0	Medido con sonda habitual. 08/06/2005





MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Mínero de España

INFORME ENSAYO DE BOMBEO

**PIEZÓMETRO N° 2108-6-0060
(09.104.005)**

ENCÍO (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 Encio (Burgos), de 263 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, Prickett 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

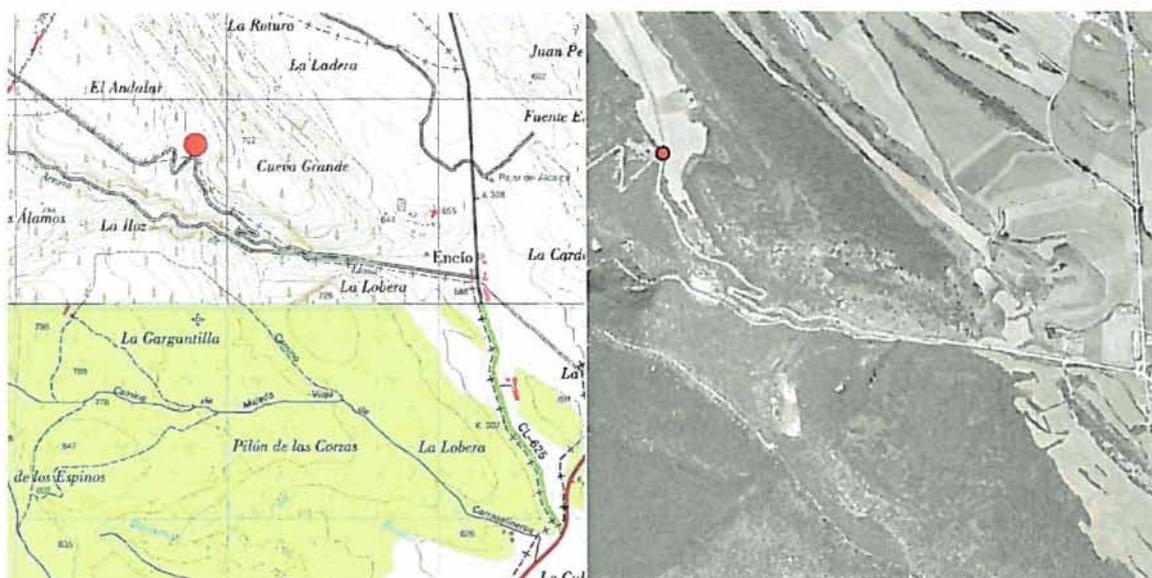
- Hoja del MTN a escala 1: 50.000 nº 21-08 (137) Miranda de Ebro.
- Término municipal de Encío (Burgos). El sondeo en la partida de El Andalar, a 1450 m al WNW de Encío. Para acceder desde la población hay que cruzar la carretera CL-625 y continuar 1,8 km por la pista que se dirige en dirección oeste hacia los Montes Obarenes (Figuras 1, 2 y 3)
- Referencia catastral. Polígono 501, Parcela 9002.
- Coordenadas UTM:

USO: 30T

X: 491.861

Y: 4.724.743

Z: 730 msnm.



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



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

ENCUADRE HIDROGEOLÓGICO

El sondeo se ubica en la masa de agua subterránea (m.a.s.) Montes Obarenes (09.005) situada en la denominada franja móvil de la Sierra de Cantabria–Montes Obarenes, alineación mesozoica que limita al norte con la depresión terciaria de Miranda-Treviño y hacia el sur por el surco terciario Ebro-Rioja. Los materiales que componen la sierra cabalgan sobre los terciarios meridionales con desplazamientos de hasta 4 km, y hacia el Norte son fosilizados por los terciarios de la Depresión de Miranda.

El acuífero principal está formado por calizas y dolomías del Cretácico superior, con un espesor del orden de 250 m. Incluye la casi totalidad de la extensión de afloramiento permeable en el ámbito de esta masa de agua subterránea. Es de alta permeabilidad por fisuración y carstificación y de carácter fundamentalmente libre. Las calizas paleocenas (160 m), Terciario detrítico (200 m), terciario carbonatado (50 m) y los depósitos cuaternarios, forman otros acuíferos de menor importancia. En la mayor parte de la masa, el yacente impermeable está formado por la facies Weald y Fm Utrillas junto con los materiales margosos del Lías superior.

La estructura consiste en un apilamiento antiforme de unidades alóctonas mesozoicas constituidas por varias escamas de cabalgamiento con planos muy tendidos en una secuencia de bloque superior. El despegue se realiza a favor de dos niveles: el inferior está formado por el Keuper, que tapiza el cabalgamiento basal de las escamas sobre el terciario autóctono de la fosa del Ebro y aflora en los núcleos anticlinales tumbados; el nivel de despegue superior está constituido por las facies de Utrillas que afloran extensamente adosadas a las trazas de los planos de cabalgamiento en el interior de la Sierra. Los apilamientos tectónicos de las escamas se producen, por tanto, a partir de los niveles detríticos del Cretácico inferior.

La disposición a ambos lados de los planos de cabalgamiento principales es de rellano en el bloque superior y rampa en el inferior. Así, los niveles de despegue, de carácter poco permeable, tapizan el contacto entre escamas superpuestas. Esta configuración tiene una notable incidencia en el funcionamiento hidrogeológico por que tiende a desconectar las escamas adyacentes y condiciona las direcciones de flujo subterráneo a las directrices tectónicas de los cabalgamientos.



La recarga se produce por la infiltración de las precipitaciones sobre las extensas zonas de afloramientos. Constituida por todos los afloramientos permeables de los Montes Obarenes y Montes de Tesla. La descarga se produce hacia el río Ebro en la zona de Sobrón, hacia el río Oroncillo entre Pancorbo y Ameyugo y en la zona de Valverde de Miranda-Orón, y hacia el río Oca entre Oña y la desembocadura.

El sondeo de Encío se ubica en el borde septentrional del sector suroriental de la m.a.s. La zona es tectónicamente muy compleja, con escamas de cabalgamiento, fracturas y pliegues que tienden a presentar dirección clásica ibérica NW-SE. El piezómetro y tiene por objetivo el control del acuífero instalado en las formaciones acuíferas del Cretácico Superior de bloque inferior, que presentan un buzamiento de unos 50-60° hacia el NE.

INCIDENCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA PERFORACIÓN

El sondeo se encuentra emboquillado en los margas y marcos calizas identificados en la Hoja MAGNA nº 137 (Miranda de Ebro) como pertenecientes al Santoniense (figura 4). Toda la perforación atraviesa materiales del Cretácico Superior.

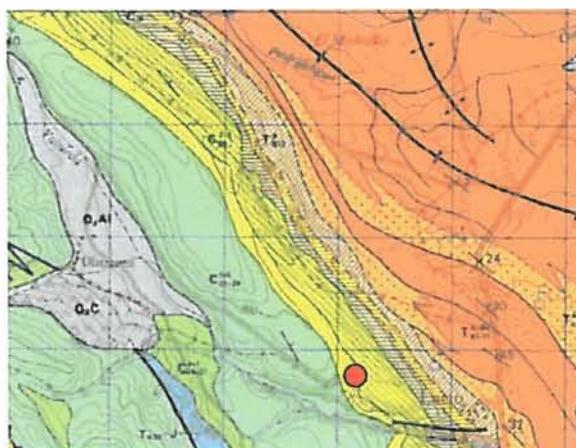


Figura 4. Situación del sondeo en la hoja nº 137 (Miranda de Ebro)

La columna atravesada ha sido la siguiente:

- 0-5 m: Limos y arenas marrones. Cuaternario. 5 a 10 m: Margas marrones con escasas intercalaciones de calizas margosas. Se trataría del techo de la Fm. Villaescusa de las Torres, de edad Coniaciense.
- 10-37 m: Calizas granosostenidas peloidales e intraclásticas de tonos blancos. Se podría atribuir a la parte alta de la Fm. Villaescusa de las Torres. Su edad estaría situada en torno al límite Turoniense-Coniaciense.
- 37-65 m: Calizas blancas con intercalaciones de margas, con ocasionales calizas más margosas.
- 65-80 m: Calizas grises con intercalaciones margosas.
- 80-100 m: Calizas grises y rojas, blancas y dolomías grises.
- 100-112 m: Dolomías grises y rosadas. Todo el tramo perforado entre el metro 37 y 112 se puede atribuir a la parte inferior de la Fm. Villaescusa de las Torres (Floquet,



- 1991), que abarca el Turoniense inferior y parte del superior.
- 112-124 m: Calizas grises, margocalizas e intercalaciones margosas. Este tramo se puede correlacionar con la Fm. Puentevey (Floquet, 1991), de edad Cenomaniense terminal-Turoniense basal.
- 124-155 m: Calizas dolomíticas grises y calizas rojas y anaranjadas, con ocasionales dolomías bandeadas y calizas ferruginosas.
- 155-190 m: Dolomías grises y blancas, con romboedros bien formados.
- 190-230 m: Dolomías grises arenosas, con escasas calizas recristalizadas.
- 230-240 m: Tramo sin muestras.
- 240-255 m: Dolomías de grano medio a grueso de color gris y aspecto sacaroideo. Se reconocen romboedros de hasta 4 mm. Todo el tramo dolomítico atravesado desde el metro 124 correspondería a la Fm. Dosante -Mb. Pancorbo de Floquet (1991)-, del Cenomaniense medio y superior
- 255-263 m: Arenas blanco-amarillentas. Fm. Utrillas.

La única zona productiva detectada durante la perforación se situó entre el metro 192 y 200. Su caudal se estimó del orden de 1 L/seg.

La testificación geofísica ha permitido definir los siguientes tramos aportantes:

Tramos Productivos		Espesor m
Desde	Hasta	
192,0	200	8
212,0	213,5	1,5
216,0	217	1
224,0	226,5	2,5
231,0	233	2
244,0	246	2
250,0	251	1
252,5	254	1,5
257,5	261,5	4

El sondeo quedó entubado como sigue:

ENTUBACIÓN				
TRAMO (m)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Filtro
0-6	300	5	Hierro	Ciega
0-191	180	4	Hierro	Ciega
191-197	180	4	Hierro	Puente
197-251	180	4	Hierro	Ciega
251-257	180	4	Hierro	Puente
257-263	180	4	Hierro	Ciega

El nivel piezométrico tras el acabado del sondeo quedó sobre 127 metros de profundidad.



INCIDENCIAS DEL ENSAYO DE BOMBEO

El ensayo comenzó el 6 de junio de 2005, a las 13:40 horas y tuvo una duración de 24 horas. El control de niveles se efectuó en el pozo de bombeo. El nivel inicial fue de 127,51 m.

La aspiración se situó a 232,35 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 100KVA de 150 CV. El control del caudal se efectuó mediante un sistema Pitot y el agua se evacuó directamente al terreno al lado del sondeo.

El ensayo se planificó como un bombeo continuo de 24 horas de duración, pero dado que el caudal inicial (1,75 L/seg) provocó descensos importantes a los 70 minutos se redujo el caudal a 1,35 L/seg. El nivel dinámico dio muestras de estabilización al final de la prueba, con un descenso próximo a 63 metros. La recuperación se midió durante una hora, al cabo de la cual el déficit de recuperación era de 21,76 metros.

El agua evolucionó de sucia a turbia a lo largo del bombeo, pero no llegó a aclarar totalmente. 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
240	18,0	499	7,43
380	15,0	501	7,45
720	18,0	506	7,41
1200	14,6	497	7,38
1440	15,4	497	7,38

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

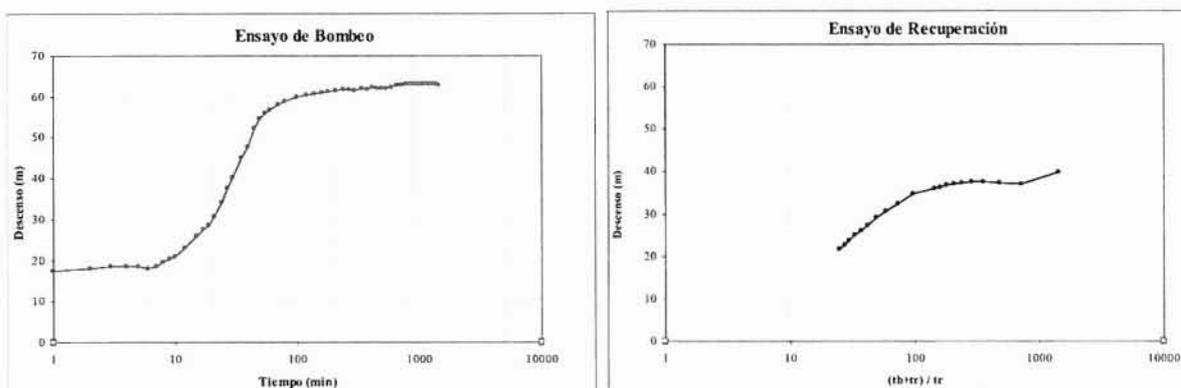


Figura 5 y 6. Curva de descenso-tiempo en bombeo y recuperación



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 ligeros aportes de agua externos (pendiente descendente) lo que hace presumir un modelo de acuífero con semiconfinamiento o aportes descendentes de niveles acuíferos superiores en los cuales no se ha enfrentado la rejilla.

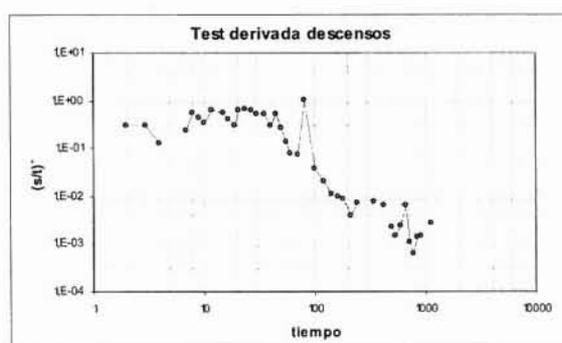


Figura 7

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 Hantush. También se ha utilizado el método de Recuperación de Theis.

Método de recuperación de Theis

El resultado obtenido por este método es de $0,91 \text{ m}^2/\text{día}$ (figura 8). Debajo se compara las curvas de campo en bombeo (figura 9) y recuperación (figura 10), para ese valor de la transmisividad, y un valor de S tanteado para mejorar el ajuste.

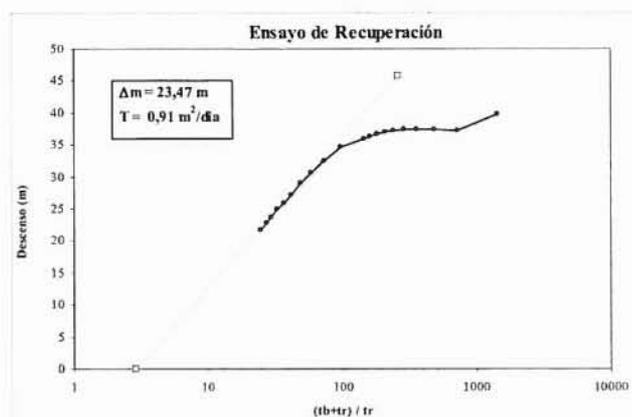


Figura 8

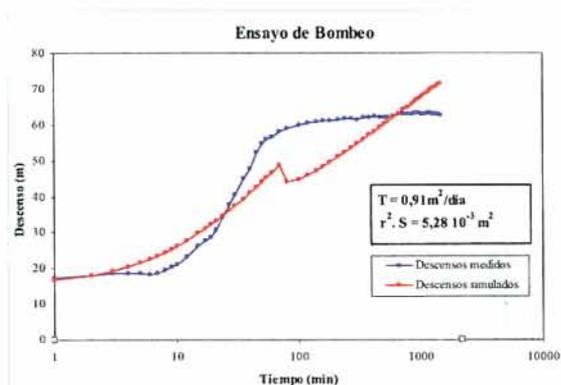


Figura 9

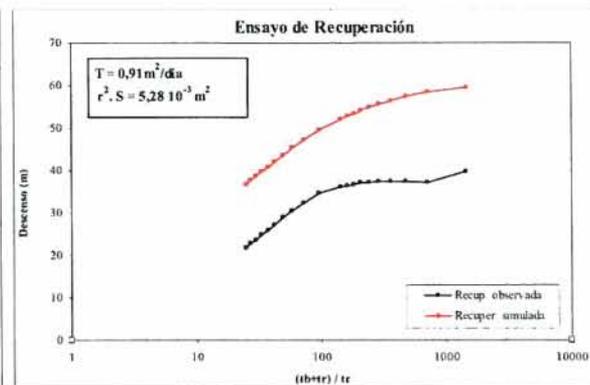


Figura 10

La curva simulada de recuperación presenta en su tramo final, el más representativo, similar curvatura, pero un desplazamiento muy importante, que resulta difícil de justificar por el movimiento de fondo del nivel piezométrico durante el ensayo. En el caso del bombeo, la disimilitud de la curva experimental y la simulada es total, lo que sugiere la no idoneidad de la solución de Theis para este caso concreto.

Método directo (Solución de Hantush)

La calibración mediante prueba-error con la solución de Hantush consigue mejorar los resultados anteriores, si bien los parámetros obtenidos no son idénticos para el bombeo y la recuperación. En el caso de la recuperación ha sido necesario admitir que parte del agua bombeada ha sido suministrada por un almacenamiento cárstico que se ha asimilado al bombeo equivalente en un pozo de 0,19 m de radio

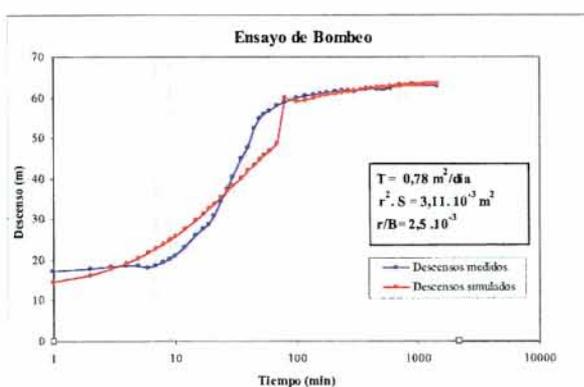


Figura 11

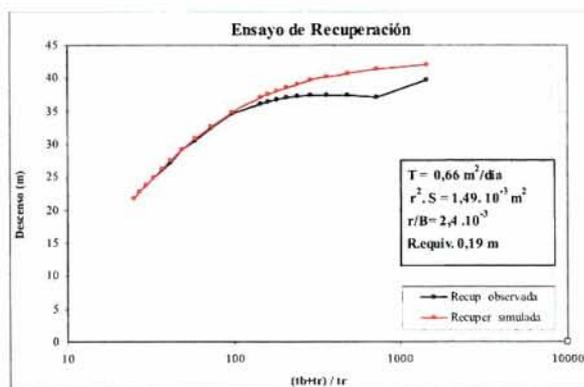


Figura 12

La calibración del inicio del ensayo no es satisfactoria.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se sintetizan en el siguiente cuadro.

Metodo de interpretación	Transmisividad m ² /dia	r ² .S m ²	r/B	R. Equival m	Δ h m
Aprox. Logaritmica (Recuperación Theis)	0,91	---	---	---	23,75
Simulación bombeo (Solución de Hantush)	0,78	3,11E-03	2,45E-01	---	---
Simulación recuperación (Solución de Hantush)	0,66	1,49E-03	2,40E-01	0,19	---

Se considera que los parámetros obtenidos mediante la simulación de la recuperación con la solución de Hantush es la adecuada.

En consecuencia, se considera que los parámetros hidrogeológicos son:

$$T = 0.66 \text{ m}^2/\text{día.}$$

$$r^2.S = 1,49.10^{-3}$$

$$r/B = 2,40.10^{-1}$$

$$\text{Radio equivalente} = 0,19 \text{ m.}$$

El valor de la transmisividad obtenido es anormalmente bajo para las expectativas de la columna litológica atravesada. Por el contrario, el valor aparente del coeficiente de almacenamiento (S) que se deduce del valor del parámetro agregado $r^2.S$ es propio de un acuífero libre del alta porosidad y compatible, p.e., con un acuífero en dolomías sacaroideas.

Todo ello pudiera ser debido a que la entubación definitiva no acertó a enfrentar la rejilla con alguno de los tramos mas productivo.



ANEXO Nº 1

ESTADILLO ENSAYO DE BOMBEO

Localidad: **Encio (Burgos)**
 Hoja MTN **21-08 (137) Miranda de Ebro**

Nº de Inventario Pozo de bombeo:	2108-6-0060	Coordenadas sondeo:	<u>Longitud</u> 491861	<u>Latitud</u> 4724743	<u>Cota</u> 730
Nº de Inventario Piezómetro:	--	Coordenadas Piezómetro:			
Profundidad del sondeo:	263 m	Distancia del piezómetro:			
Nivel estático:	127,51 m	Toponimia./Ref.Catastral:	Polígono 501, Parcela 9002		
Profundidad lecho Fm. acuífera (m)	124 m	Fecha ensayo:	6 de junio de 2005		
Profundidad muro Fm acuífera (m)	263 m	Bomba:	CAPRARI 6" E6S 54/20 50 CV		
Longitud del filtro (Screen lenght)	12 m	Grupo :	DEUSCH 10KVA 150 CV		
Ø perforación (annulus diameter)	220 mm	Profundidad bomba:	232,35 m		
Ø pantalla (casing diameter)	180 mm				

Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
13:40	0	0	127,51	0			
13:41	1,75	1	144,89	17,38			Agua un poco turbia (marrón)
13:42	1,75	2	145,41	17,90			
13:43	1,75	3	145,94	18,43			
13:44	1,75	4	146,16	18,65			
13:45	1,75	5	146,13	18,62			Agua muy sucia (marrón-anaranjado).
13:46	1,75	6	145,66	18,15			
13:47	1,75	7	146,09	18,58			
13:48	1,75	8	147,06	19,55			
13:49	1,75	9	147,82	20,31			
13:50	1,75	10	148,44	20,93			
13:52	1,75	12	150,68	23,17			
13:55	1,75	15	153,62	26,11			
13:57	1,75	17	155,09	27,58			
13:59	1,75	19	156,19	28,68			
14:01	1,75	21	158,38	30,87			
14:04	1,75	24	161,84	34,33			
14:07	1,75	27	165,17	37,66			
14:10	1,75	30	167,9	40,39			
14:15	1,75	35	172,53	45,02			
14:20	1,75	40	175,26	47,75			
14:25	1,75	45	179,85	52,34			
14:30	1,75	50	182,25	54,74			
14:35	1,75	55	183,42	55,91			
14:40	1,75	60	184,13	56,62			
14:50	1,75	70	185,46	57,95			
15:00	1,35	80	186,37	58,86			
15:20	1,35	100	187,41	59,90			
15:40	1,35	120	187,97	60,46			
16:00	1,35	140	188,28	60,77			Agua muy turbia (anaranjada).
16:20	1,35	160	188,55	61,04			
16:40	1,35	180	188,78	61,27			
17:10	1,35	210	188,94	61,43			
17:40	1,35	240	189,24	61,73			Cond: 499µS pH: 7.43 Tª 18° C
18:10	1,35	270	189,17	61,66			Agua muy turbia (anaranjada).
18:40	1,35	300	189,03	61,52			
19:20	1,35	340	189,46	61,95			
20:00	1,35	380	189,42	61,91			Hora 19:40. Cond: 501µS pH: 7.45 Tª 15° C



Hora	Caudal l/seg.	Tiempo min	Pozo de bombeo		Piezómetro		Observaciones
			Profund. m.	Descen. m.	Profund. m.	Descen. m.	
20:40	1,35	420	189,76	62,25			
21:20	1,35	460	189,45	61,94			
22:00	1,35	500	189,57	62,06			
22:40	1,35	540	189,65	62,14			
23:40	1,35	600	189,85	62,34			
0:40	1,35	660	190,37	62,86			
1:40	1,35	720	190,46	62,95			MUESTRA 2. Cond:506µS pH: 7.41 Tª 18º C
2:40	1,35	780	190,51	63,00			
3:40	1,35	840	190,62	63,11			
4:40	1,35	900	190,74	63,23			
5:40	1,35	960	190,63	63,12			
6:40	1,35	1020	190,57	63,06			
7:40	1,35	1080	190,49	62,98			
8:40	1,35	1140	190,71	63,20			
9:40	1,35	1200	190,63	63,12			Agua turbia. Cond: 497µS pH: 7.38 Tª 14,6º C
10:40	1,35	1260	190,59	63,08			
11:40	1,35	1320	190,59	63,08			
12:40	1,35	1380	190,52	63,01			
13:40	1,35	1440	190,29	62,78			Cond: 497µS pH: 7.38 Tª 15,4º C
13:41	0	1441	167,24	39,73			
13:42	0	1442	164,67	37,16			
13:43	0	1443	164,93	37,42			
13:44	0	1444	164,98	37,47			
13:45	0	1445	164,96	37,45			
13:46	0	1446	164,78	37,27			
13:47	0	1447	164,57	37,06			
13:48	0	1448	164,21	36,70			
13:49	0	1449	163,89	36,38			
13:50	0	1450	163,55	36,04			
13:55	0	1455	162,14	34,63			
14:00	0	1460	159,91	32,40			
14:05	0	1465	158,08	30,57			
14:10	0	1470	156,61	29,10			
14:15	0	1475	154,76	27,25			
14:20	0	1480	153,49	25,98			
14:25	0	1485	152,44	24,93			
14:30	0	1490	151,22	23,71			
14:35	0	1495	150,24	22,73			
14:40	0	1500	149,27	21,76			

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 LORQUI (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.**
PASEO DELICIAS, 20, 3º D.
28045 MADRID

Denominación de la muestra: **09.104.01BIS.-**
ENCIO.-

UTM-X:
UTM-Y:

Matriz: **AGUA CONTINENTAL** Tomada por: **EL CLIENTE**

Envases: **1 - PET 130 ml.**

Fecha de muestreo: **30/11/2004**

Hora:

Fecha de recepción: **09/12/2004**

Fecha de análisis: **10/12/2004**

DETERMINACIÓN	RESULTADO	METODOLOGÍA
CONDUCTIVIDAD A 20 °C	423 µ S/cm	Electrometría. (P.I.E. COND)
pH.....	7,91 ud. de pH	Electrometría. (P.I.E. PH)
CLORUROS.....	16,43 mg/l	Método argentométrico de Mohr. (P.I.E. CLOR)
SULFATOS.....	20,67 mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SULF)
BICARBONATOS.....	231,95 mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo. (P.I.E. ALCA)
CARBONATOS.....	0,00 mg/l	Acidimetría, con fenolftaleína. (P.I.E. ALCA)
NITRATOS.....	14,63 mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. NITA)
SODIO.....	10,13 mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
MAGNESIO.....	18,05 mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. MgAA)
CALCIO.....	51,20 mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. CaAA)
POTASIO.....	0,92 mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
NITRITOS.....	0,08 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)
ANHÍDRIDO FOSFÓRICO	0,63 mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCIO	3,96 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 (IO-013).....

miércoles, 29 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), N° 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.

N° Registro: CAA/GE- **2.975** -04

Página 1 de 1

CENTRAL: C/ Santa Teresa, 17, 1º 30005 MURCIA
 Tel.: 968 213 926 Fax.: 968 210 948

LABORATORIO: Avda Europa, s/n. Polig. Ind. Base 2000
 30564 LORQUI (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: **ENCIO BIS. ENSAYO DE BOMBEO.- MUESTRA 2 (12 HORAS).-**

UTM-X:
UTM-Y:

Matriz **AGUA CONTINENTAL** Tomada por: **EL CLIENTE** Envases: **1 PET 130 ml.**

Fecha muestreo **07/06/2005** Hora **1:40** Fecha recepción **16/06/2005** Inicio análisis **16/06/2005** Fin análisis **29/06/2005**

DETERMINACIÓN	RESULTADO	METODOLOGÍA
CONDUCTIVIDAD A 20 °C	453 μ S/cm	Electrometría (P.I.E COND)
pH.....	7,69 ud. de pH	Electrometría (P.I.E PH)
CLORUROS.....	6,45 mg/l	Método argentométrico de Mohr (P.I.E CLOR)
SULFATOS.....	14,49 mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E SULF)
BICARBONATOS.....	323,47 mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo (P.I.E ALCA)
CARBONATOS.....	0,00 mg/l	Acidimetría, con fenofaleína (P.I.E ALCA)
NITRATOS.....	7,67 mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E NITA)
SODIO.....	2,10 mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E NaKA)
MAGNESIO.....	24,27 mg/l	Complexometría (P.I.E DURE)
CALCIO.....	85,66 mg/l	Complexometría (P.I.E CALC)
POTASIO.....	0,78 mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E NaKA)
NITRITOS.....	0,00 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	0,88 mg/l P2O5	Espectrofotometría de absorción (P.I.E FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCICO	4,48 mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E SILI)
HIERRO.....	0,01 mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E IHER)
MANGANESO.....	0,02 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).....

jueves, 07 de julio 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**
 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.



CENTRAL: C/ Santa Teresa, 17 30005 MURCIA
Tel: 968 213 925 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: **ENCIO. ENSAYO BOMBEO.-**
MUESTRA 3 (24 HORAS).-

UTM-X:
UTM-Y:

Matriz: **AGUA CONTINENTAL** Tomada por: **EL CLIENTE**

Envases: **1 PET 130 ml.**

Fecha muestreo **07/06/2005** Hora Fecha recepción **20/06/2005** Inicio análisis **20/06/2005** Fin análisis **29/06/2005**

DETERMINACIÓN	RESULTADO	METODOLOGÍA
CONDUCTIVIDAD A 20 °C	464 μ S/cm	Electrometría. (P.I.E. COND)
pH.....	7,54 ud. de pH	Electrometría. (P.I.E. PH)
CLORUROS.....	5,73 mg/l	Método argentométrico de Mohr. (P.I.E. CLOR)
SULFATOS.....	10,37 mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SULF)
BICARBONATOS.....	324,73 mg/l	Acidimetría, con anaranjado de metilo. (P.I.E. ALCA)
CARBONATOS.....	0,00 mg/l	Acidimetría, con fenolftaleína. (P.I.E. ALCA)
NITRATOS.....	7,81 mg/l	Espectrofotometría de absorción (P.I.E. NITA)
SODIO.....	2,00 mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
MAGNESIO.....	18,93 mg/l	Complexometría (P.I.E. DURE)
CALCIO.....	74,45 mg/l	Complexometría (P.I.E. CALC)
POTASIO.....	0,78 mg/l	Espectrometría de absorción atómica (P.I.E. NaKA)
NITRITOS.....	0,00 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.....	0,35 mg/l P2O5	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. FOSF)
ANHÍDRIDO SILÍCICO.....	4,87 mg/l	Espectrofotometría de absorción. (P.I.E. SILI)
HIERRO.....	0,00 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 (IO-013).....

jueves, 21 de julio 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). N° 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

2108 / 6 / 60

HIDROQUÍMICA, RESUMEN DE DATOS

Fecha	Cl	SO4	HCO3	NO3	Na	Mg	Ca	N	Condut20	pH	Error	Fuente de Información
muestra	mg/l	cmhos	cmho	%								

2108 / 6 / 60

DATOS ANEXOS

ANEXO REVESTIMIENTO

DESDE	HASTA	DIAMETRO (mm)	ESPESOR (mm)	TIPO	EMPAQUE
191	193	100	4	Metalica puntera (ca)	
197	211	100	4	Metalica (ca)	
251	253	100	4	Metalica puntera (ca)	
257	263	100	4	Metalica (ca)	
261	263				CEMEX S.A. S.P.A.

2108 / 6 / 60



Fecha de la Foto:
21/11/2004

FacioEmboquilleS

FICHA DE PIEZÓMETRO

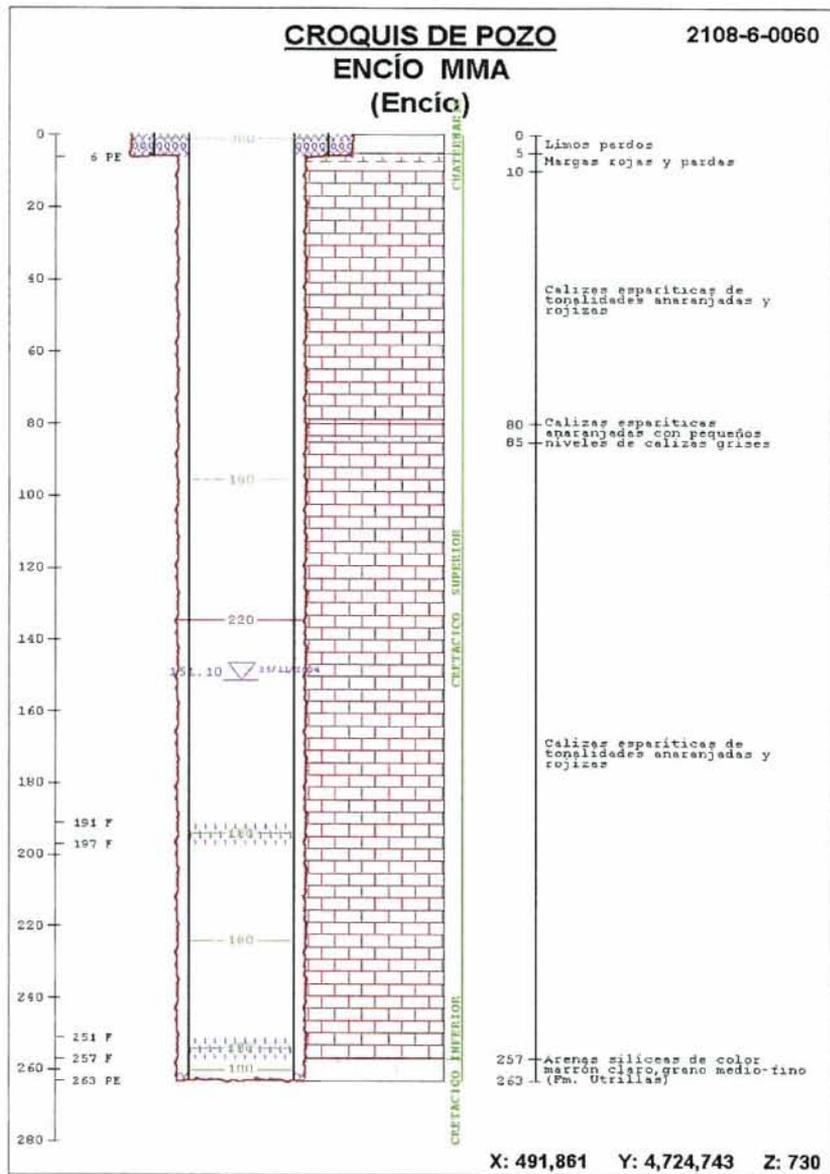
TOPONIMIA		SONDEO ENCÍO MIMAM		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN		09.104.05	
CÓDIGO IPA		210860060 N° MTN 1:50.000 2108 MUNICIPIO ENCÍO		PROVINCIA BURGOS			
CUENCA HIDROGRÁFICA		EBRO					
MASA AGUA SUBTERRÁNEA		005 MONTES OBARENES					
U. HIDROGEOLÓGICA		104 Montes Obarenes (Dominio 1 Pirenaico Vasco-Cantabrico)					
ACUÍFERO(S)		05-02 Cretácico Superior					
COORDENADAS UTM HUSO 30		X	491861	DATOS OBTENIDOS DE:		GIS-Oleicola	REFERENCIA DE LAS MEDIDAS
		Y	4724743				BROCAL
COTA DEL SUELO msnm		Z	720	DATOS OBTENIDOS DE:		1:25000	ALTURA SOBRE EL SUELO m
							0
POLÍGONO		501		PARCELA		9002	
TITULARIDAD DEL TERRENO		Ayuntamiento de Encío					
PERSONA DE CONTACTO							
ACCESO							

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE USO													
USO		PROFUNDIDAD DEL SONDEO						263		EMPAQUE		No	
PERFORACIÓN (m)			ENTUBACIÓN (m)				FILTROS (m)			CEMENTACION			
DESDE	HASTA	Ø(mm)	DESDE	HASTA	Ø(mm)	NATURAL.	DESDE	HASTA	NATURALEZA	DESDE	HASTA		
0	6	380	0	6	300	Metálica	191	197	Puentecillo	0	2		
6	263	220	0	191	180	Metálica	251	257	Puentecillo	4	6		
			197	251	180	Metálica							
			257	263	180	Metálica							

HISTORIA			
PERTENECE A REDES HISTÓRICAS	No	PERIODO DE MEDIDAS	24/11/2004
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

