



<b>INFORME</b>	Identificación:
	Fecha: Mayo 2006
<b>TITULO</b>	
<b>Ensayo de fuentes sísmicas, Medidas Down-Hole, y Registros de inducción y gamma espectral en el acuífero Almonte-Marismas</b>	
<b>PROYECTO</b>	
Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos	
<b>RESUMEN</b>	
<p>Entre los objetivos concretos del Proyecto I+D+I se encuentra el establecer estudios de instrumental geofísico, cuyos resultados sean de aplicación directa a proyectos de la Unidad y del IGME ya en curso. En este trabajo se han realizado ensayos de valoración de nuevas fuentes de energía para sísmica de reflexión, así como ensayos con nuevas sondas que permiten el registro de la resistividad de la formación mediante inducción en sondeos entubados, así como registros de gamma espectral.</p> <p>En este informe se detallan las características de las pruebas y ensayos realizados, los condicionantes que la zona de trabajo, dentro del Parque Nacional de Doñana, ha impuesto a los mismos, así como los resultados obtenidos. Todos ellos se localizan dentro de las hojas del mapa topográfico nacional a escala 1:50000, número 1018 (11-42) El Rocio, y número 1033 (11-43) Palacio de Doñana.</p> <p>La explotación de la información adquirida se llevará a cabo dentro del Proyecto Revisión de la información geofísica existente dentro del acuífero Almonte-Marismas, que el IGME esta realizando, con el objetivo de mejorar el conocimiento de la geometría y funcionamiento del acuífero, tanto a nivel general, como de detalle en determinadas zonas mas restringidas.</p>	
Revisión	<b>Autores: F.M. Rubio Sánchez-Aguililla</b>
<b>Nombre:</b>	
<b>Unidad:</b>	
<b>Fecha:</b>	<b>Responsable: F.M. Rubio Sánchez-Aguililla</b>

## 1 Definición y Objetivos

El Proyecto “Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos”, con número de SICOAN 2002/016, tiene como objetivo general el realizar estudios en diversos ambientes geológicos e hidrogeológicos, con diferentes métodos e instrumentos geofísicos, para intentar obtener, considerando sus posibilidades y limitaciones, un conocimiento de la respuesta de los mismos en esos ambientes y condiciones; alcanzar una experiencia que permita determinar los métodos idóneos a emplear en esos ambientes, según los objetivos en cada caso, y optimice la toma de medidas en campo; y por último el lograr secuencias de procesado y tratamiento de la información que permitan obtener de una manera clara y sencilla la información buscada.

Para lograr este objetivo general se han definido objetivos concretos entre los que se encuentra: *Establecer estudios de instrumental geofísico, cuyos resultados sean de aplicación directa a proyectos de la Unidad y del IGME ya en curso. En concreto se pretende realizar ensayos con equipos de testificación en sondeos entubados y ensayos de valoración de nuevas fuentes de energía para sísmica de reflexión, que serán de aplicación inmediata en el proyecto "Revisión Geofísica del acuífero Almonte -Marismas".*

En este informe se describen las labores realizadas para llevar a cabo este objetivo concreto. Estos estudios se integran en los trabajos del Proyecto “**Revisión de la información geofísica existente sobre acuífero Almonte-Marismas**” que lleva a cabo el **Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**, y que tiene entre sus objetivos mejorar el conocimiento de la geometría y funcionamiento del acuífero, tanto a nivel general como de detalle en determinadas zonas más restringidas.

## 2. Trabajos realizados y equipo de trabajo

La planificación del trabajo exige realizar ensayos y pruebas en diversas zonas y sondeos mecánicos situados dentro del parque Nacional de Doñana, siendo en principio los siguientes:

Medidas en sondeos mecánicos:

- Medidas de resistividad a partir de mediciones electromagnéticas.
- Medidas de gamma espectrométrica.
- Ensayos Down Hole para la estimación de velocidades sísmicas de las formaciones con vistas a una futura campaña con ese método.

Ensayo en superficie:

- Realización de un perfil sísmico próximo a un sondeo mecánico, ensayando con diferentes fuentes: Vibromatic, cartuchos pirotécnicos, escopeta Sissy o similar, masas aceleradas y martillo de mano.

La puesta en marcha de estos trabajos, así como de su distribución por áreas, ha requerido las consiguientes autorizaciones del Parque, y además, se han visto afectados por factores climatológicos, de gran importancia en estas zonas, ya que tanto los accesos como la viabilidad de ejecución están condicionados al régimen de lluvias. Por lo tanto, las unidades de obra finalmente realizadas y su distribución han sido las que las condiciones han permitido llevar a cabo.

Puesto que el Área de Geofísica del IGME no dispone del instrumental necesario para la realización de estos ensayos y pruebas instrumentales, se ha previsto en el Proyecto su contratación con empresas de servicios, disponiéndose para ello de la correspondiente partida presupuestaria. Estos trabajos han sido realizados por **International Geophysical Technology, S.L. (IGT)**, mediante las asistencias técnicas con número de expediente 418/02 y 473/02, de acuerdo con las indicaciones y la supervisión de los técnicos del Área de Geofísica del **Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**.

Estas mediciones y ensayos se han llevado a cabo simultáneamente con las campañas y trabajos que IGT ha realizado dentro del Proyecto “Revisión de la información geofísica existente sobre el acuífero Almonte-Marismas”. Los informes finales completos de estas campañas forman parte de la documentación final de citado Proyecto, presentando en este informe los aspectos y datos que son relevantes para el proyecto “Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos”.

### 3. Desarrollo de los trabajos

#### 3.1 Ensayos de diversas fuentes de energía para la generación de las señales sísmicas.

Así como en los estudios mediante sísmica de reflexión aplicada a la investigación de hidrocarburos, que requieren el reconocimiento del terreno en el rango de algunos kilómetros de profundidad es casi exclusivo el uso de explosivo para la generación de las señales sísmicas; en estudios como el que se pretende llevar a cabo en Doñana en el que el rango de profundidad a investigar es únicamente de algunos centenares de metros, existen diversas posibilidades con diferentes características y grados de eficacia para la producción de las señales sísmicas.

Durante la planificación de los trabajos de este estudio se habían considerado diversas opciones de empleo de fuentes de energía susceptibles de aplicación para las particulares condiciones del área de trabajo, con el planteamiento de que el ensayo fuera lo más amplio posible. Estas opciones eran las siguientes:

- Sistema de impacto de una masa acelerada sobre el terreno. En concreto se había previsto utilizar el equipo modelo **EWG-1417-3** fabricado por Bison Instr, del que dispone el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX.
- Sistema **VIBSIST-50** fabricado por la Sociedad VIBROMETRIC OY basado en la técnica SIST (Swept Impact Seismic Technique) con semejanzas conceptuales y operativas al sistema **miniSosie** desarrollado en los 80 por la Compañía General de Geofísica.
- **Explosivo pirotécnico.** Aunque hubiera sido deseable desde el punto de vista técnico, se descartó la posibilidad de utilizar explosivos convencionales por las complicaciones administrativas que conlleva su adquisición y también su empleo, especialmente en un medio tan sensible como es un parque natural. El explosivo pirotécnico es menos efectivo pero su adquisición y empleo son más sencillos.
- **Escopeta Sissy y/o martillo de mano**

Dadas las características especiales de la zona de trabajo, Parque Natural de Doñana, sus responsables impusieron ciertas limitaciones. Así por ejemplo, la escopeta Sissy y el martillo de mano fueron descartados de antemano, no solo por su limitada idoneidad en la zona de dunas, sino por la prohibición expresa de los responsables del parque debido a su alto nivel de contaminación acústica que afectaría de manera no deseable al entorno del Parque. Finalmente los ensayos se hubieron de reducir tras algunas demostraciones llevadas a cabo para los citados responsables del Parque, al empleo de pequeñas cargas de explosivo pirotécnico y al ensayo del sistema VIBSIST-50.

No fue factible emplear el sistema EWG-1417-3 del CEDEX por cuestiones administrativas, y también porque al ir instalado de forma permanente sobre un vehículo su empleo solo era factible sobre las pistas y caminos, que eran las únicas zonas transitables con vehículos todoterreno “normales” dentro del Parque.

Al margen de algunos ensayos puntuales para puesta a punto de los equipos los trabajos que pueden catalogarse como ensayos sistemáticos se llevaron a cabo en el denominado Perfil 1 (figura 2), situado dentro de la hoja del mapa topográfico nacional a escala 1:50000 número 1018 (11-42) El Rocio. Este perfil se midió en su totalidad empleando explosivo pirotécnico y parcialmente mediante el referido sistema VIBSIST-50.

### ***Características del Sistema VIBSIST-50***

El VIBSIST-50, según las características proporcionadas por Terraplus Inc, es una fuente sísmica basada en el Swept Impact Seismic Technique (SIST), la cual es una combinación del Vibroseis y el Mini-Sosie de múltiple impacto. Las señales sísmicas se producen como una serie de pulsos, de acuerdo a una secuencia pre-programada lo que le hace similar a un Vibroseis en pequeño. El uso de una variación monótona de la tasa de impacto controla de una manera efectiva la no repetibilidad de los intervalos de impacto y proporciona un amplio ancho de banda incluso cuando el acoplamiento al terreno es relativamente pobre.

Los componentes de este sistema son, figura 1:

- Una unidad de control que transfiere al martillo de impacto la secuencia de barrido proporcionada por el ordenador.
- El martillo de impacto, modificable según la secuencia de barrido de control. Necesita una fuente de alimentación, como puede ser un motor generador, para operar.
- El conjunto de impacto, que comprende una barra de impacto, un placa de presión sobre la cual se sitúa el operador, y un plato de acoplamiento al terreno de la que hay dos versiones, una para terreno blando y otra para terreno duro.
- El sismógrafo que registra la señal. El VIBSIST-50 es compatible con una gran variedad de sismógrafos.
- Un ordenador portátil, no suministrado con el equipo.

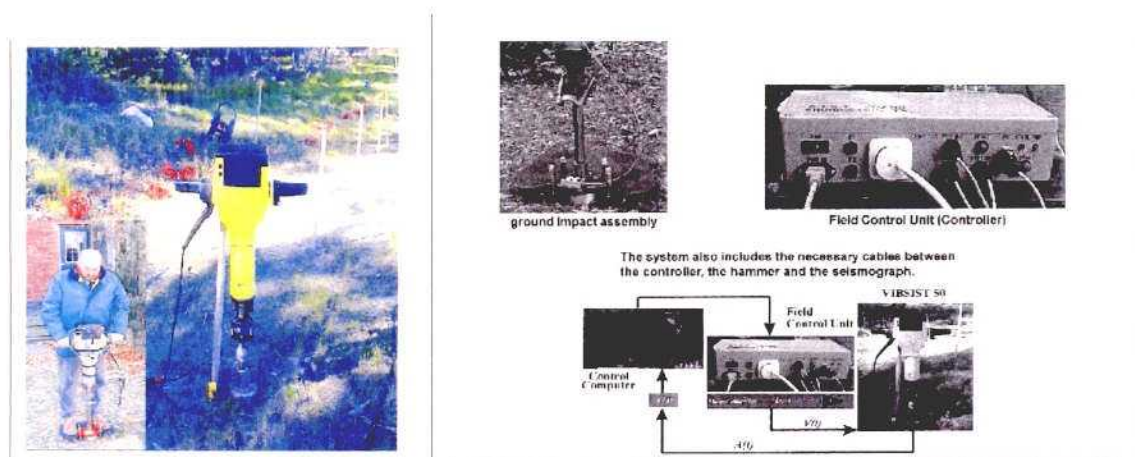


Figura 1. Aspecto del VIBSIST-50 y de sus componentes (Fuente folleto de Terraplus Inc).

### **Desarrollo del ensayo**

Para el desarrollo de los trabajos se ha contado con la colaboración de la sociedad Vibrometric OY en lo relativo a los ensayos de las fuentes de energía y también se ha contado con la colaboración del Dr. Jacques Jenny de la sociedad Geo 2P para el procesado de los registros.

En un principio se realizaron demostraciones a los responsables del Parque de Doñana para comprobar que las cargas de explosivos pirotécnicos que se pensaba utilizar no producían ni ruido ni proyecciones que pudieran perturbar los hábitos y apacible vida de la fauna del Parque.

En lo que se refiere a los ensayos propiamente dichos estos se realizaron con explosivos pirotécnicos y el sistema VIBSIST-50, en el extremo occidental del Perfil 1, figura 2.

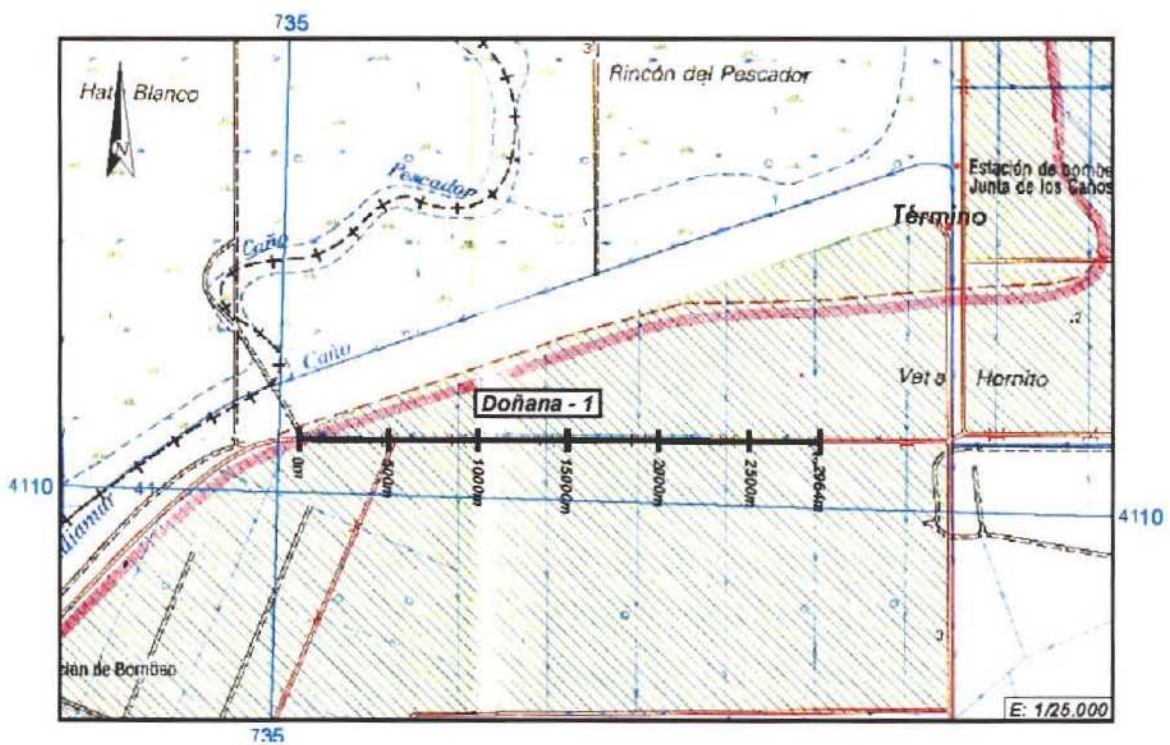


Figura 2. Localización del perfil 1



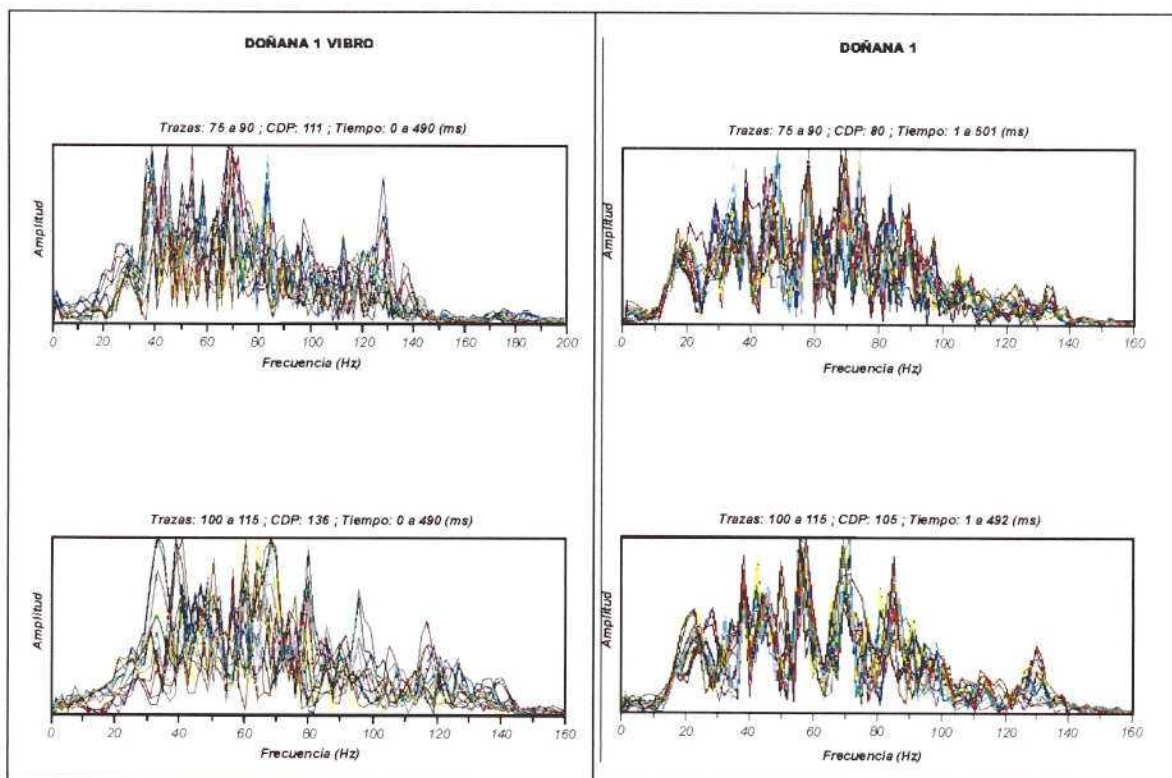


Figura 3 Espectro de frecuencias de diversas trazas, con VIBSIT-50 (parte izquierda) y con explosivo pirotécnico (Derecha)

En la figura 3, en la parte superior, se muestran los espectros de frecuencias de algunas trazas medidas con el vibro VIBSIT-50 y con los explosivos pirotécnicos; las trazas medidas con vibro presentan una mayor gama de frecuencias, sobre todo en las altas frecuencias, siendo en las bajas, de 0 a 20 Hz, donde se observan valores mas claros en los espectros con explosivo pirotécnico; como consecuencia de ello los registros con vibro, figura 4 izquierda, muestran una mayor resolución, siendo en los registros pirotécnicos donde se deja ver más la onda aérea y se traga más el ground roll, que es más rico en bajas frecuencias. Los registros con vibro muestran una mayor resolución pero también una menor amplitud de la señal, además de que gracias a su mayor contenido en altas frecuencias, su penetración sea menor y mayor el amortiguamiento de la señal con el terreno, sobre todo en el caso de las arenas de las dunas como es el caso de Doñana.

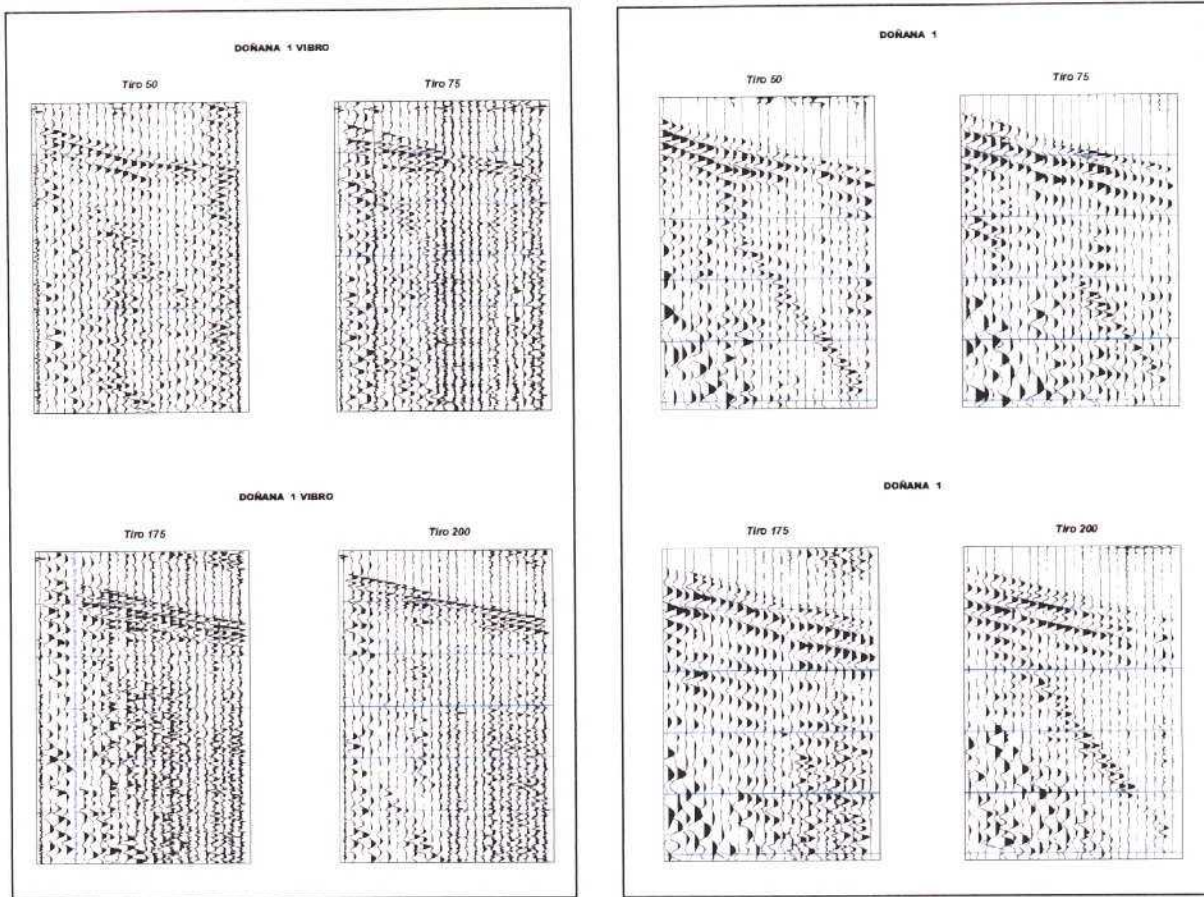


Figura 4 Registros sísmicos, con VIBSIT-50 (parte izquierda) y con explosivo pirotécnico (Derecha)

Por otro lado, durante la ejecución de los trabajos se comprobó que el sistema VIBSIST-50, resultaba muy lento incluso en condiciones de operación que podrían definirse como normales ó incluso muy buenas por la facilidad de acceso, ausencia de accidentes del terreno, etc. Además este equipo durante los ensayos sufrió diversos problemas y averías que limitaron su posibilidad de uso en la totalidad de la campaña.

En el anexo 1, se incluyen las secciones sísmicas obtenidas con ambas fuentes, una vez procesadas.

### 3.2 Registros Geofísicos en Sondeos.

En el transcurso del estudio se han llevado a cabo unos registros especiales, como son los de radiación gamma espectral. Además se realizaron registros de la resistividad de la formación mediante sonda de inducción en aquellos pozos en que la tubería es de PVC, en concreto en 6 sondeos mecánicos, cuadro 1, figura 5; estos registros fueron complementados en la campaña general con registros de gamma natural, conductividad y temperatura.

Los registros de gamma espectral fueron obtenidos por un equipo de la Sociedad SEMM (Francia) midiendo en los 5 sondeos previstos, cuadro 1, figura 5. El equipo fue calibrado a la finalización de las medidas en las instalaciones de la sociedad en Francia.

Sondeo	Coordenadas Huso 30		Hoja 1:50000	Prof. Registrada	Registros geofísicos
	X	Y			
Feder 4	209176	4114448	1018 (11-42)	144	R
S-2	210473	4111701	1018 (11-42)	177	R, GE
S-15	205645	4103025	1018 (11-42)	153	R, GE
S-49	193794	4099513	1033 (11-43)	164	R, GE
S-57	198416	4089658	1033 (11-43)	180	R, GE
S-59	199293	4082736	1033 (11-43)	270	R, GE

*Cuadro 1. Relación de sondeos donde se han efectuado los registros geofísicos. R con registro de resistividad de la formación por inducción; GE con registro de gamma espectral.*

La instrumentación utilizada ha sido la siguiente, para la resistividad de la formación el equipo empleado ha sido el Micrologger II de la marca Robertson Geologging, cuyas características junto con el de la sonda de inducción puede verse en el anexo 2. Para los registros de la Radiación Gamma espectral se empleó un equipo de la Sociedad SEMM, con una sonda específica para la medida de la radiación de los tres elementos radiactivos principales de las rocas  $U_{238}$ ,  $Th_{232}$  y  $K_{40}$ , las características de esta sonda se detallan en el anexo 2.

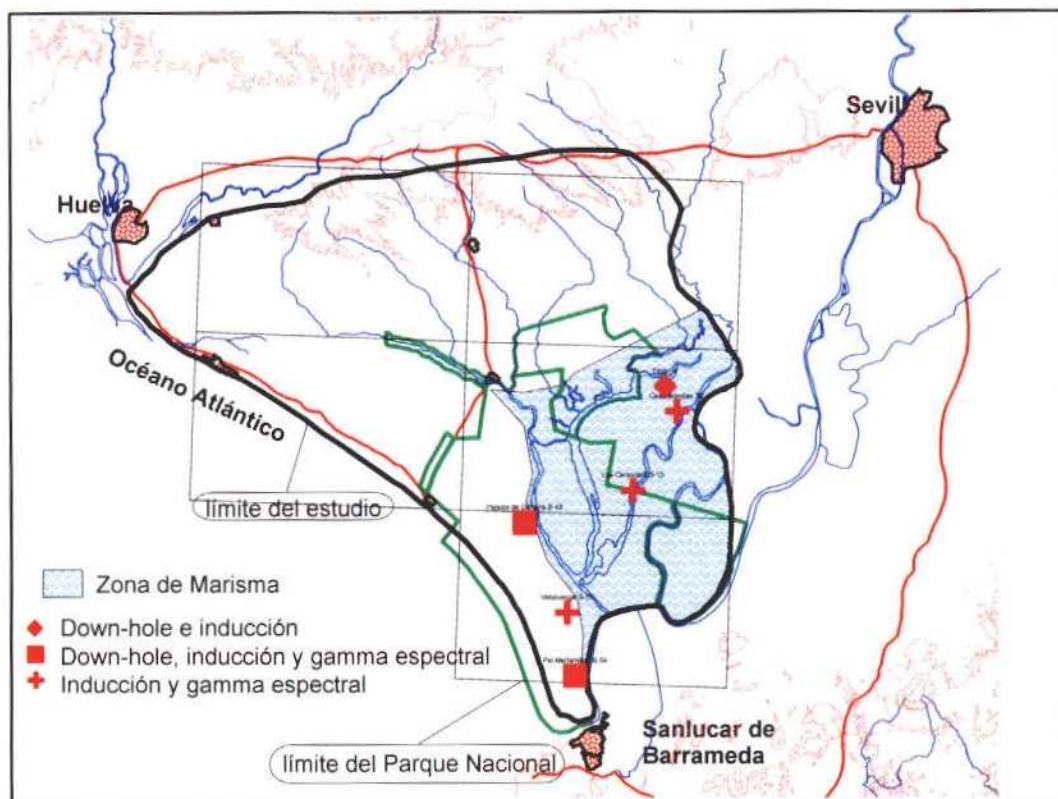


Figura 5 Situación de los sondeos mecánicos donde se han realizado los diferentes registros

### ***Procesado de los datos y presentación de los resultados.***

Los registros convencionales junto con el de la resistividad de la formación, se presentan agrupados para cada sondeo en los gráficos del anexo 3, junto con la descripción litológica del sondeo proporcionada por el IGME.

El registro de resistividad obtenido mediante inducción, se mide en unidades de conductividad (mS/cm). Su transformación a unidades de Resistividad es inmediata mediante la expresión:

$$R(\text{ohm.m}) = 100/C \text{ (mS/cm)}.$$

el resto de de las medidas se representan de manera convencional.

El procesado de los datos de la sonda de Gamma espectral ha sido realizado por la sociedad SEMM utilizando para ello los datos de calibración de la sonda obtenidos en las instalaciones específicas que tiene la sociedad Schlumberger en Clamert (Francia). Esta calibración es necesaria para poder expresar las medidas en términos cuantitativos.

Los registros obtenidos de estas medidas en cada sondeo son los siguientes (anexo 4):

Registro de la radiación gamma natural en c.p.s.

Registro de la radiación acumulada de los tres elementos U, Th y K, expresada en c.p.s,

Registro de la radiación acumulada de los elementos K y Th, expresada en c.p.s.

Registro de la radiación del canal de Th en ppm

Contenido porcentual de K

Contenido de Th en ppm

Contenido de U en ppm

Relación Th/K.

Los registros y valores representados de Gamma Espectral pueden aportar información fundamental sobre la composición y origen de las rocas, así como permitir establecer correlaciones entre sondeos con mayor fiabilidad. Este último aspecto no se puede llevar a cabo con los registros efectuados, no sólo por la distancia entre sondeos, sino por la gran variación estratigráfica lateral a que da lugar una secuencia deposicional deltaica. Las variaciones en el contenido de Th, U y K informan sobre los cambios de fácies de las formaciones arcillosas.

Para el sondeo S-2, Casa Bombas, la relación Th/K, indicador del cambio de fácies, apenas varía a lo largo del registro, permaneciendo en valores medios. De 0 a 55 m hay una arcillosidad importante, con bajo contenido en U y una presencia de K proporcionalmente importante, que varía poco a lo largo del sondeo.

En el S-15, Los Caracoles, de 0 a 10 m el contenido en arcilla va aumentando paulatinamente, disminuyendo el contenido en arena. Se aprecia un contenido relativamente importante de U hasta los 80 m. El índice Th/K permanece constante hasta los 52.5 m, disminuyendo posteriormente hasta los 105 m, desde donde vuelve a aumentar, alcanzando valores superiores a los del primer tramo. Entre los 112.5-117.5, a 127.5 y a 142 m se aprecian aumentos bruscos importantes de la radiactividad total, significando pasadas de arcilla de distinta naturaleza.

En la parte superior del sondeo S-49, Palacio de Doñana, hasta los 62 m, se observan, como en el S-15, varios picos en la curva de gamma natural (a 8, 17.5, 27.5 m) que evidencian una alternancia de formaciones de naturaleza diferente. En esta zona, la fase de U es muy débil. A los 62.5 m se produce un cambio de fásies con una arcillosidad más importante. De 85 a 106 m aumenta notablemente los contenidos de U y Th, acompañada por un aumento de la relación Th/K. A partir de los 132.5 m disminuye el contenido en arcilla, indicado principalmente por la casi desaparición del U.

En el sondeo S-57, Vetalegua, de 25 a 65 m existe un contenido elevado en U, con una bajada muy significativa a los 57.5, debida a la disminución del Th. De los 65 a los 107 m disminuye fuertemente el contenido en U, y de ahí, al final del sondeo tienen lugar numerosas fluctuaciones del valor de gamma natural, correspondientes a cambios de facies, como indican las fluctuaciones de la relación Th/K (la columna litológica disponible no presenta dichos cambios). A partir de los 155 m se produce la casi desaparición del U.

Finalmente, en el sondeo S-59, Palacio Marismillas, la arcillosidad también comienza aumentado poco a poco, hasta los 30 m; posteriormente, hasta los 53 m existe una zona con alto contenido en arcilla, con fases de U y Th bien representadas. A partir de los 70 m los valores de gamma natural permanecen prácticamente constantes, mientras que la relación Th/K presenta fluctuaciones notables, sobre todo en el intervalo 130-165 m, indicando que existen cambios de fásies en las arcillas. A partir de los 210 m aumenta ligeramente la arcillosidad.

### 3.3 Medidas Sísmicas down-hole

Las medidas sísmicas down-hole, se efectúan a lo largo de un sondeo no de manera continua como en el caso de una diagrafía, sino a intervalos discretos de orden métrico.

Estas medidas se realizaron en tres sondeos de la zona: Feder-4, S-49 y S-59, cuadro 1, figura 5.

Para la ejecución de estas medidas se emplazó en cada sondeo estudiado una cadena de 24 hidrófonos instalados a intervalos de un metro. Como el cable de conexión de esta cadena al registrador, utilizado en esta campaña, tiene una longitud total de 120 m, esta es la profundidad máxima hasta la que pudieron efectuarse las medidas sísmicas down-hole.

La señal sísmica se generó detonando una pequeña carga (200 gr) de explosivo pirotécnico en un taladro de 0.6-0.7 m de profundidad localizado en la proximidad (3-4 m) del emboquille del sondeo.

El estudio de cada sondeo se realizó repitiendo el proceso de tiro y registro desplazando la cadena de hidrófonos entre dos tiros sucesivos de forma que al menos se solapara la posición de un hidrófono, es decir que el hidrófono número 24 de la posición  $n$  de la cadena se hizo coincidir con el hidrófono número 1 de la posición  $n+1$ . Posteriormente el proceso se repitió completamente desplazando 0.5 m las diversas posiciones de la cadena de sensores. Así el intervalo final entre puntos de medida fue de 0.5 m.

Durante la ejecución de las medidas se observaron algunas variaciones en el tiempo cero de los registros entre tiros sucesivos de un mismo sondeo. Este hecho se achacó a que se utilizó como referencia para señalar el tiempo cero en los registros un geófono convencional emplazado en la proximidad inmediata del punto donde se detonaba el explosivo pirotécnico. El terreno natural en esa zona se fue deteriorando con las sucesivas explosiones lo que puede justificar ese retardo después de realizar varios tiros en el mismo punto.

En general los registros obtenidos han sido de muy buena calidad, permitiendo identificar de manera precisa la primera llegada de la onda de compresión en todos los registros, figura 6.

La instrumentación empleada ha sido un sismógrafo modelo StrataView de 24 canales de la marca Geometrics y la cadena de 24 hidrófonos, fabricada por Geotomographie.

El procedimiento seguido para la determinación de las velocidades  $V_p$  de las diferentes capas del subsuelo atravesadas por el sondeo, a partir de los registros down-hole es el siguiente:

- Identificación en los sismogramas de las primeras llegadas de las ondas de compresión determinando el tiempo invertido en recorrer la distancia existente entre el punto donde se genera la señal y el geófono donde se registra.
- Construcción para cada sondeo de un gráfico (democrónica) llevando en abscisas la distancia existente entre el punto de tiro y el geófono situado en el sondeo y en ordenadas los tiempos de las primeras llegadas de las ondas P.
- A su vez las distancias mencionadas se han de calcular para cada posición del geófono en el sondeo, en función de la localización del punto donde se genera la señal en la proximidad del emboquille. Para estos cálculos se opera con distancias reales y no con la profundidad del punto donde se sitúe el geófono en el sondeo.
- Cálculo de los valores  $V_p$  para cada una de las capas del subsuelo que se manifiestan de forma diferenciada en las democrónicas. En estos gráficos cada capa cuyos valores de  $V_p$  sean diferentes a los de las capas contiguas se manifiesta como un tramo de pendiente diferente. La inversa de tal pendiente determina la velocidad  $V_p$ , de la capa en cuestión.



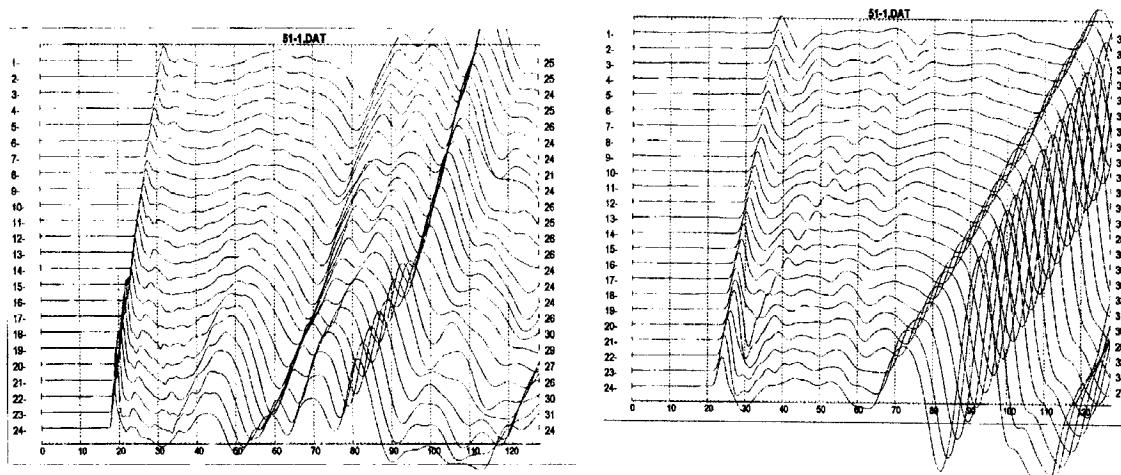


Figura 6. Ejemplos de registros sísmicos down-hole en el sondeo s\_49 (izquierda) y el sondeo S-59 (derecha)

La principal limitación de esta metodología es el carácter integrante de sus resultados que no permiten diferenciar niveles de pequeño espesor.

Para la caracterización del macizo rocoso en forma más detallada en el entorno de cada sondeo se ha realizado también el cálculo de  $V_p$  operando en modo diferencial. Este procedimiento consiste en determinar las diferencias en los tiempos de llegada de las ondas P entre dos posiciones del sensor, separadas por una distancia fija y conocida y en calcular  $V_p$  como cociente entre tal distancia y el incremento de tiempo entre las correspondientes llegadas de las ondas P. En esas circunstancias tales diferencias de tiempos están condicionadas exclusivamente por el medio rocoso del entorno del sondeo comprendido entre los dos sensores o posiciones mencionadas.

Cuanto menor es la distancia considerada entre los citados puntos mayor es el detalle de los resultados en lo que respecta a la identificación de posibles variaciones en la distribución de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso. No obstante al disminuir tal distancia aumenta la influencia del posible error relativo asociado a las determinaciones de los tiempos de las primeras ondas de compresión.

En este informe se han realizado algunos cálculos a modo de ensayos para distancias variables entre 2 y 4 m. En base a los resultados de estos ensayos se eligió finalmente un

intervalo de 3 metros asignando los valores de  $V_p$  resultantes al punto medio entre los dos puntos de medida considerados en cada caso. Los resultados se presentan en las figuras 7, 8 y 9, con las correspondientes dromocrónicas de los tres sondeos estudiados.

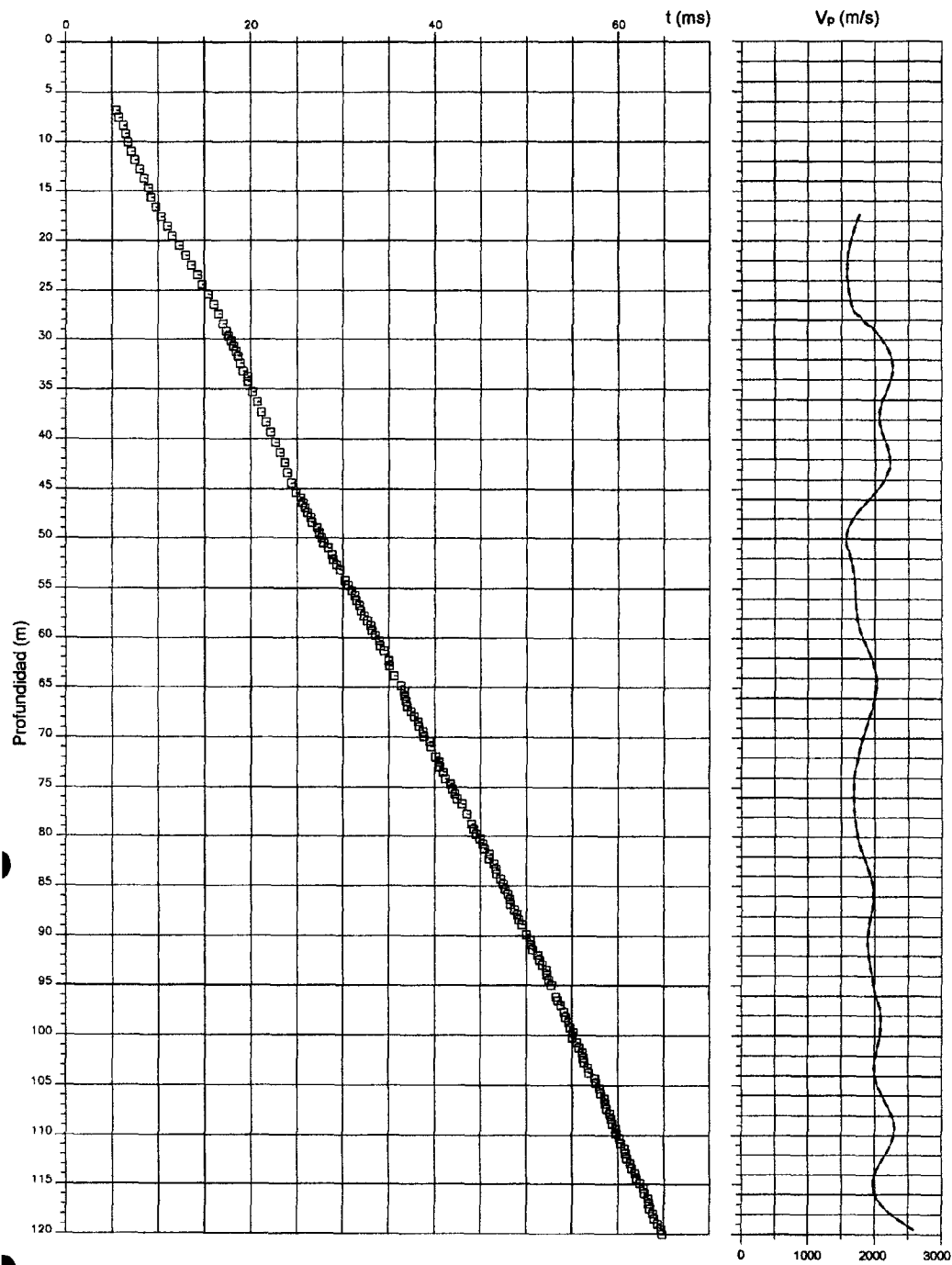


Figura 7 Estudio sísmico down-hole. Sondeo FEDER-4

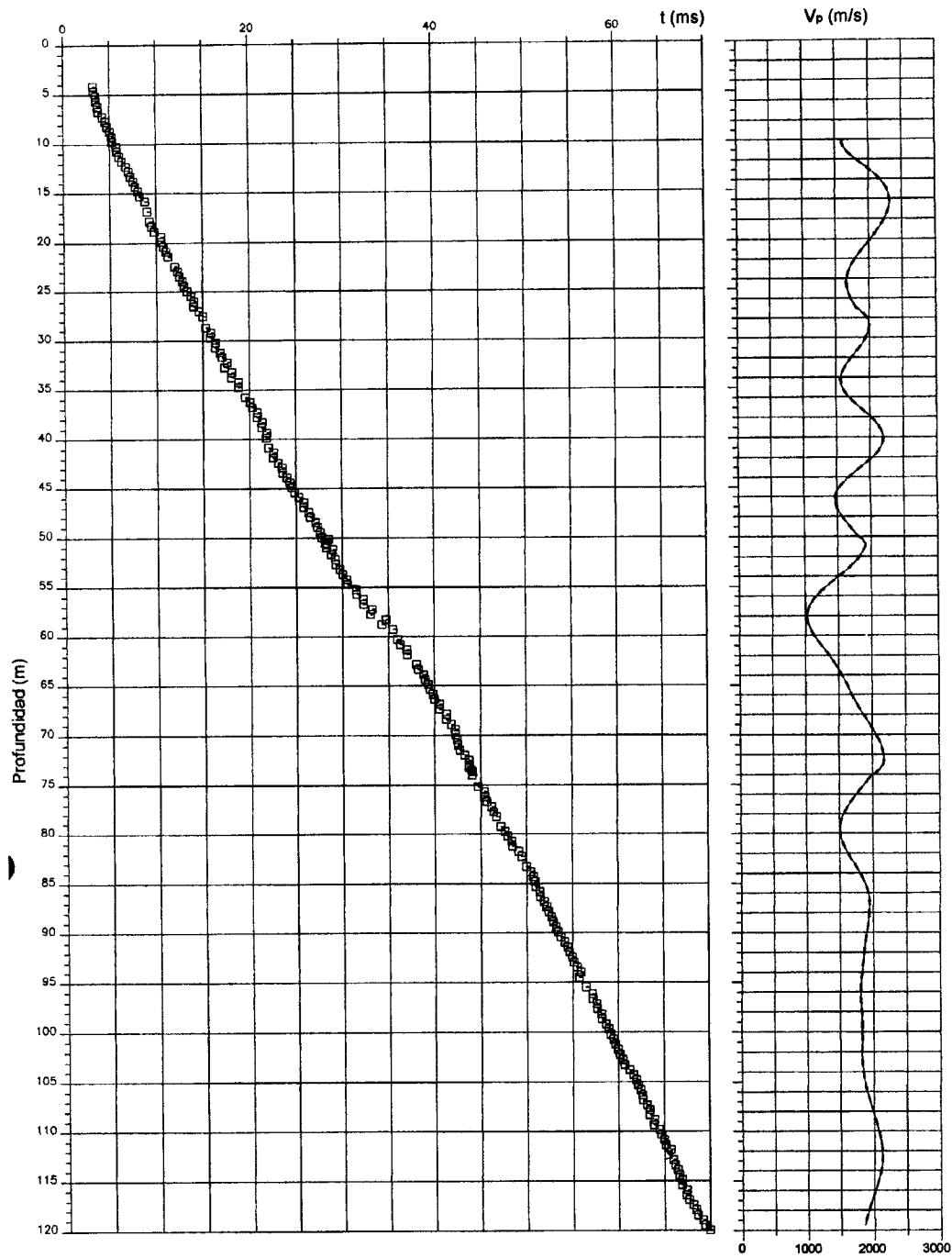


Figura 8 Estudio sísmico down-hole. Sondeo S-49

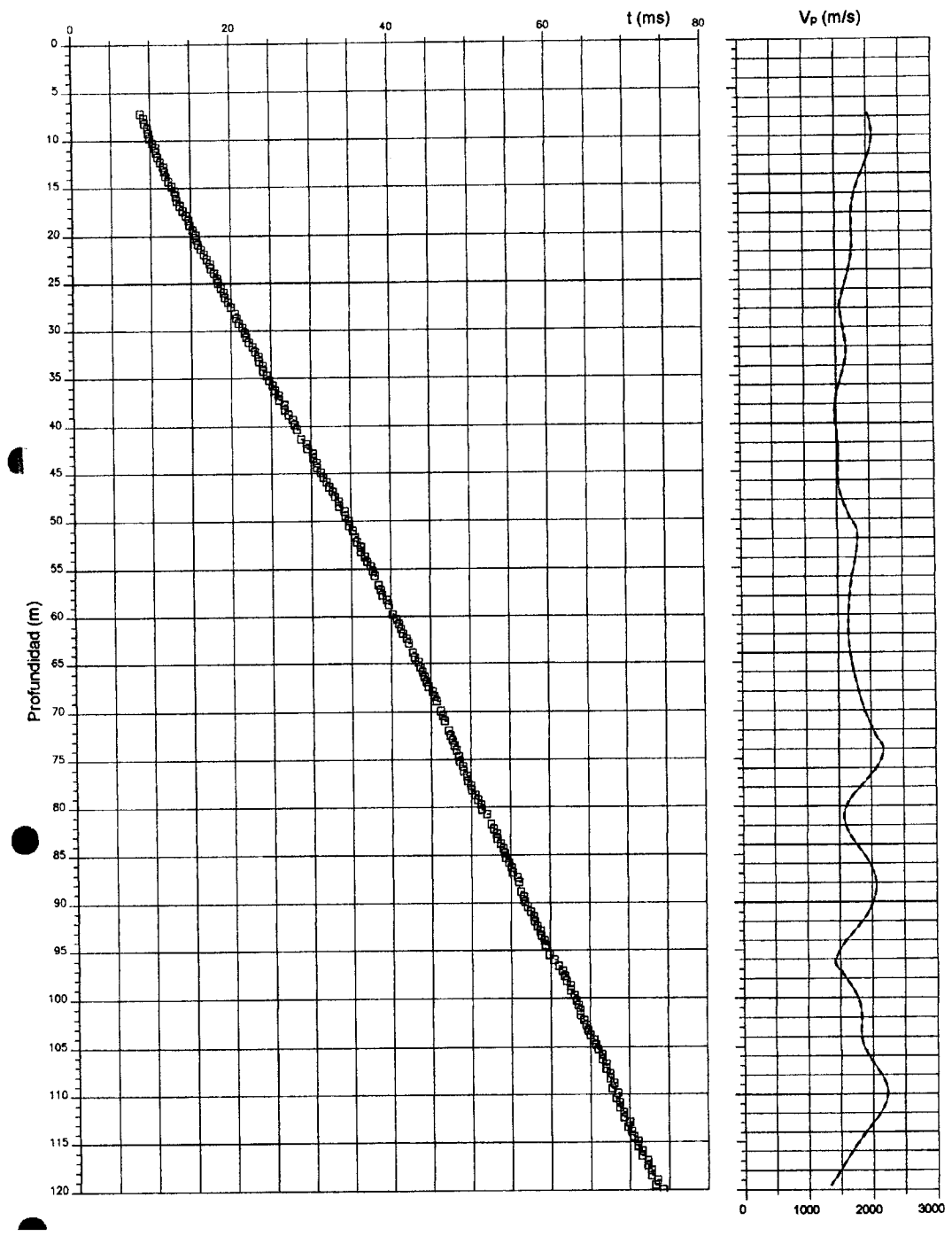
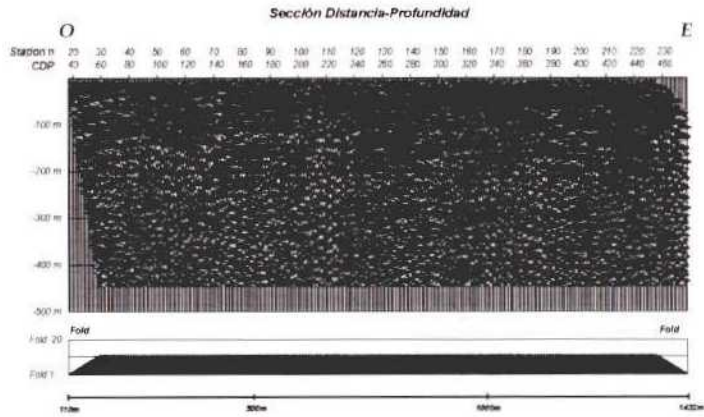


Figura 9 Estudio sísmico down-hole. Sondeo S-59

ANEXO 1

SECCIONES SÍSMICAS INTERPRETADAS



Esquema de localización de los perfiles.



**TRABAJOS SÍSMICOS DE REFLEXIÓN EN EL ACUÍFERO DE ALFONTE-MARISMAS.**

**Perfil - Doñana 1 (Vibro)**

Recording parameters			
Recorded by	Antonio Alcaraz	Date recorded	12/01/2009
Instrument	36 Mariner 1024	Acquisition Rate	none
Energy source	Vibropan	Distortion frequency	10.000
Spread type	1800 shot	Shot	none
Source interval	8 meters	Shot interval	8 meters
Active channels	24	Sample interval	0.001 ms
Sample rate	1000	Trigger interval	1.2 shot
Recording time	000.000	Offset distance	24 meters

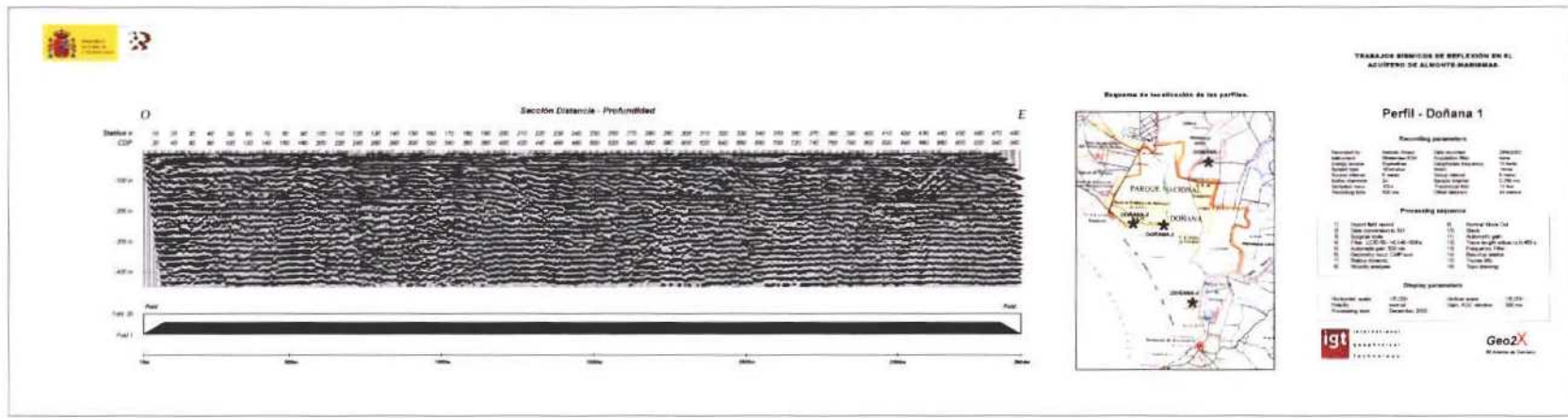
  

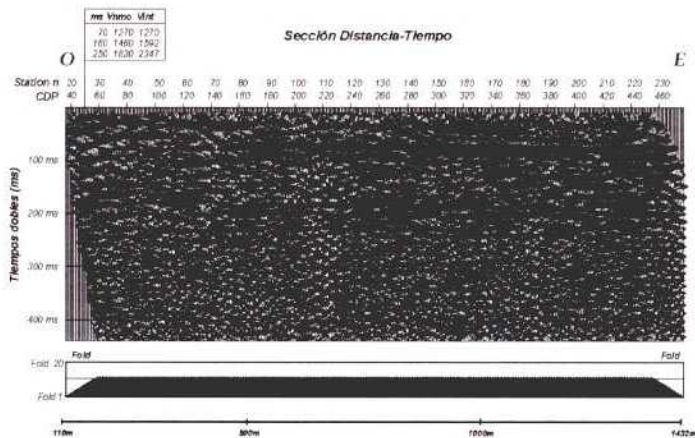
Processing sequence			
1)	Input file name	3)	Normal Move Out
2)	Date conversion to SII	10)	2500
3)	Surgeon mode	11)	Automatic gain
4)	Filter: LC 05.00, HCF 140-15000	12)	Trace length adjusted to 0.430 s
5)	Automatic gain: 300 ms	13)	Frequency filter
6)	Automatic gain: 1.500 shot	14)	Horizontal stretch
7)	Static dynamic	15)	Trace flip
8)	Velocity stretch	16)	Open drawing

Display parameters			
Horizontal scale	1/0.000	Vertical scale	1/0.000
Rotary	normal	Gain, A/D, width	0.01 m
Processing date	15/03/2009		







Esquema de localización de los perfiles.



**TRABAJOS SÍSMICOS DE REFLEXIÓN EN EL ACUÍFERO DE ALMONTE-MARISMAS.**

**Perfil - Doñana 1 (Vibro)**

**Recording parameters**

Recorded by	Antonio Álvarez	Date recorded	12/14/2002
Instrument	Strevision V34	Acquisition date	none
Energy source	Vibro	Display frequency	15 hertz
Source type	12 m vibro	Notes	None
Source interval	1 meter	Shot interval	6 meter
Active channels	24	Sample interval	0.020 ms
Seismic trace	1200	Trace length	12 feet
Recording time	100 ms	Offset distance	24 meters

**Processing sequence**

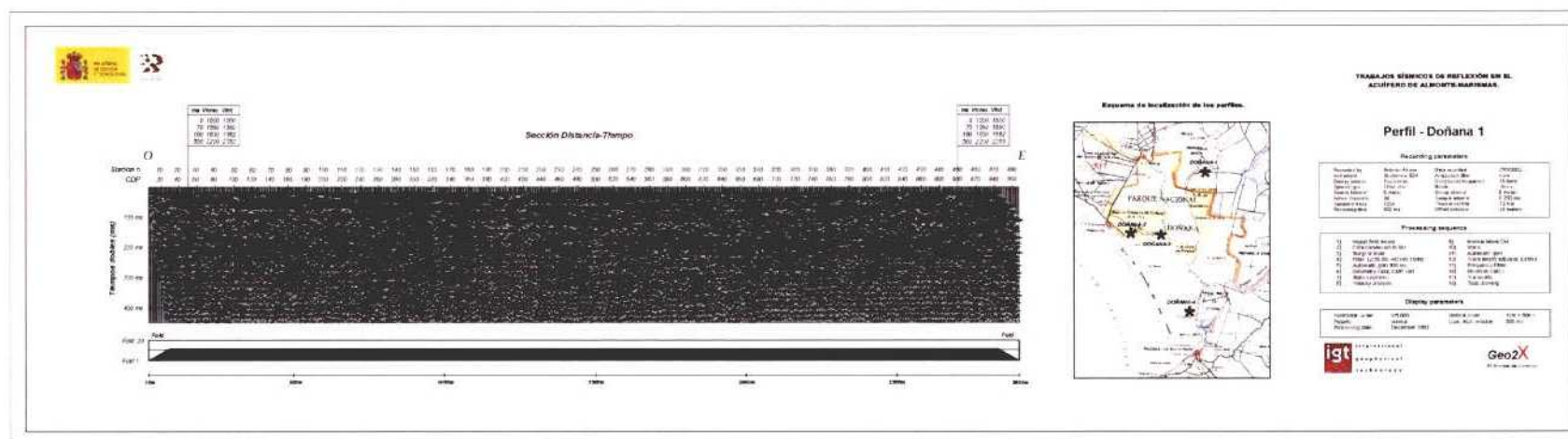
1) import final record	9) Normal Move Out
2) Data conversion E-SZ	10) Stack
3) Surgical mute	11) Automatic gain
4) Filter LCAS 20-140140 Hz	12) Trace length adjust to 0.400 s
5) Automatic gain 300 ms	13) Frequency filter
6) Geometry input, CMP sort	14) Velocity statics
7) Initial velocity	15) Trace Mx
8) Velocity analysis	16) Base drawing

**Display parameters**

Horizontal scale	1:5.000	Vertical scale	1cm = 60 ms
Priority	Normal	Gain/AGC window	300 ms
Processing date	December 2002		

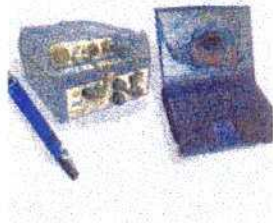






ANEXO 2

CARACTERISTICAS DEL REGISTRADOR GEOLOGGER Y DE LAS SONDAS DE  
INDUCCIÓN Y GAMMA ESPECTRAL



## RG USB Micrologger2

### NOW WITH MPEG DIGITAL RECORDING!

With a new USB interface for your laptop computer and built-in borehole video support, the Micrologger2 is currently the most powerful portable logging system on the market. This featherweight, smaller in size than the average notebook, packs a powerful punch and supports all RG probes and cameras, including the latest acoustic and imaging types. The Micrologger2 needs only a PC, probe and a RG or third-party supplied winch to provide high quality logging and borehole television for every situation.

At the heart of the Micrologger2 is the latest RG-Winlogger software. The product of twenty man-years' development, RG-Winlogger is a simple-to-use Windows™-based solution for log data acquisition, processing and reporting.

#### FEATURES:

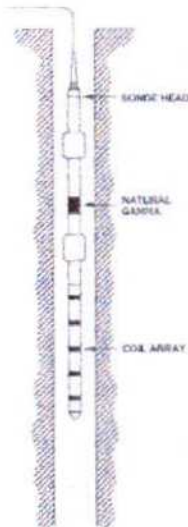
<b>Logging:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supports all RG and many third-party digital and analogue probes.</li> <li>USB link for reliable high-speed connection to most PCs.</li> <li>Compatible with most winches/ depth encoders and cables to 2000m.</li> <li>Remote control of SMART winch speed and direction.</li> <li>Real time data display and printing.</li> <li>Supports Windows™ printers.</li> <li>Data output in LAS and RG formats.</li> <li>Modular construction for easy field maintenance.</li> </ul>
<b>Video:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supports RG, Laval, Hytec and other third-party cameras.</li> <li><b>NEW!</b> Digital recording to PC (MPEG) or VCR options.</li> <li><b>NEW!</b> Optional mains booster power supply for lighting up to 150Ws.</li> <li>Uses same winch/cable for logging and video.</li> <li>Full control of lighting, focus, irs, direction from PC.</li> <li>Supports depth and text overlays.</li> <li>Grabs and prints individual frames.</li> </ul>
<b>Imaging:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Direct support for Digital Optical Televiewer (DOPTV) and High resolution acoustic televiewer (HRAT) probes.</li> </ul>

#### SPECIFICATIONS:

<b>Size:</b>	284mm(w) x 240mm(l) x 56mm(h)
<b>Weight:</b>	2.8kg
<b>Power:</b>	12VDC (eg. vehicle battery)

#### SALES INFORMATION:

<b>01 005 001</b>	Micrologger2 includes power/data cables, RG-Winlogger software
<b>01 005 002</b>	Optional 110/220VAC power supply (also powers SMART portable winch)
<b>01 005 030</b>	Optional 150W lighting power supply
<b>01 005 022</b>	Canvas carrying bag
<b>01 006 001</b>	Ruggedised notebook PC
<b>01 011 000</b>	High-speed continuous thermal plotter



### Focussed Induction Probe

The focussed induction probe produces accurate formation conductivity logs even in dry or plastic-lined boreholes. The probe coil spacings are optimised to achieve high vertical resolution and a deep radius of investigation, with minimal borehole influence when logging in conductive-fluid-filled holes.

#### PRINCIPLE OF MEASUREMENT:

An oscillating high-frequency magnetic field from a transmitter coil in the probe induces an alternating electrical current within the surrounding formation proportional to its electrical conductivity. This current, in turn, induces voltages within the receiver coils. These are phase discriminated and measured. These voltages are proportional to the formation conductivity. Additional focussing coils minimise the contribution of the borehole signal.

#### FEATURES:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formation conductivity measurement in wet/dry boreholes or through plastic casing</li> <li>Focussed measurements almost eliminates borehole signal</li> <li>PSD (phase-sensitive detector) discriminates between magnetic susceptibility and conductivity signals</li> <li>Highly stable measurement is almost independent of temperature</li> <li>Option of natural gamma for correlation</li> </ul>
--	--

#### MEASUREMENTS:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formation conductivity</li> <li>Natural gamma (optional)</li> </ul>
--	--

#### APPLICATIONS:

<b>Water:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indicator of permeable zones and porosity</li> <li>Formation-water salinity</li> <li>Long-term well monitoring</li> </ul>
<b>Engineering/Minerals</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ore identification and quality</li> <li>Correlation</li> </ul>
<b>Other:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indication of hydrocarbons</li> </ul>

**OPERATING CONDITIONS:**

<b>Borehole type:</b>	open/ plastic or grp cased, air/water filled
<b>Centralisation:</b>	none; fin standoff recommended

**SPECIFICATIONS:**

<b>Diameter:</b>	38mm
<b>Length:</b>	2.15m
<b>Weight:</b>	9kg
<b>Max. temperature:</b>	70°C (extended range available)
<b>Max. pressure:</b>	20MPa (extended range available)
<b>Number of coils:</b>	4
<b>Operating frequency:</b>	39kHz
<b>Effective TX-RX spacing:</b>	500mm (20in)
<b>Resolution:</b>	1mS/m
<b>Accuracy:</b>	3% of reading over whole temperature range
<b>Conductivity range:</b>	2 to 3000 mS/m
<b>Natural-gamma detector:</b>	50mm x 25mm NaI(Tl) scintillation crystal (larger sizes available)

**SALES INFORMATION:**

<b>Probe:</b>	
<b>25 060 000</b>	Focussed Induction probe with calibration ring
<b>25 061 000</b>	includes natural gamma
<b>Accessories:</b>	
<b>23 001 000</b>	Fin stand-off
<b>20 070 000</b>	Natural-gamma API calibrator without source
<b>30 010 000</b>	3.7MBq 137Cs source for natural gamma calibrator

FICHE TECHNIQUE DES OUTILS DE DIAGNOSTIC



NUCLEAIRE

SONDE GAMMA RAY SPECTRAL

CODES MESURES: GR1,GR2

**Informations générales:**

La sonde de gamma ray spectral est utilisée pour déterminer les teneurs des trois éléments radioactifs principaux rencontrés dans les roches, à savoir le potassium-40, le thorium-232 et l'uranium-238. Le détecteur est un cristal de NaI de 50 mm sur 150 mm. Le spectre fourni par la sonde distingue 250 niveaux d'énergie discrets; un traitement ultérieur utilise trois fenêtres, chacune centrée sur le pic d'émission caractéristique des trois éléments.

Cette mesure peut apporter des informations fondamentales sur la composition et origine des roches, ainsi que de permettre l'établissement de corrélations stratigraphiques plus fiables.



**Caractéristiques physiques:**

Longueur: 900 mm.  
Diamètre: 69 mm.

**Limites environnementales:**

Température: 70 °C.  
Pression: 200 bar.

**Conditions de forage:**

Diamètre de 76 à 450 mm.  
Forage nu/tubé en eau ou boue.

**Mode d'opération**

Enregistrement à la remontée, à la descente ou statique.  
Pas d'échantillonnage normal 20 cm.  
Vitesse d'enregistrement typique 2 m/min.

**Capteurs:**

SGR: cristal NaI 50x150 mm.

**Configuration:**

Distance du point de mesure par rapport au bas de la sonde:  
SGR : 200 mm

**Acquisition des données:**

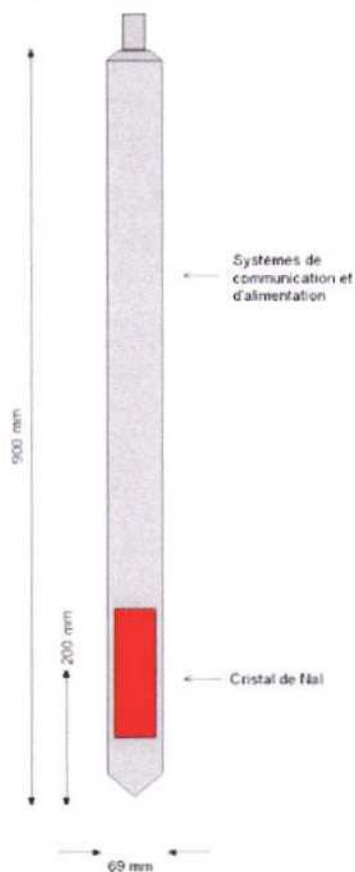
SGR: comptage et classification des coups en fonction de leurs énergies (250 canaux allant de 60 keV à 3060 keV par pas de 12 keV) pendant la durée d'un échantillonnage, calcul du GR global en coups-par-seconde.

**Format des données:**

Encodage du gamma ray global et données spectrales en mode digital 16-bit. Pour chaque échantillonnage, remontée d'une trame de données comprenant les paramètres mesurés ainsi qu'un checksum.

**Calibration:**

SGR: des enregistrements sont réalisés dans des puits artificiels ou des blocs dopés en K, U et Th, dont les teneurs sont connus grâce à des analyses faites en laboratoire. A partir de ces enregistrements on calcule les « stripping factors » et les coefficients à appliquer aux mesures réalisées sur le terrain.




SEMM : Société d'Etudes, de Mesures et de Maintenance  
Usine verte - Les Maufrais - 18360 VESDUN  
Tél : 02 48 63 10 89 - Fax : 02 48 63 05 90 - email : semm@free.fr

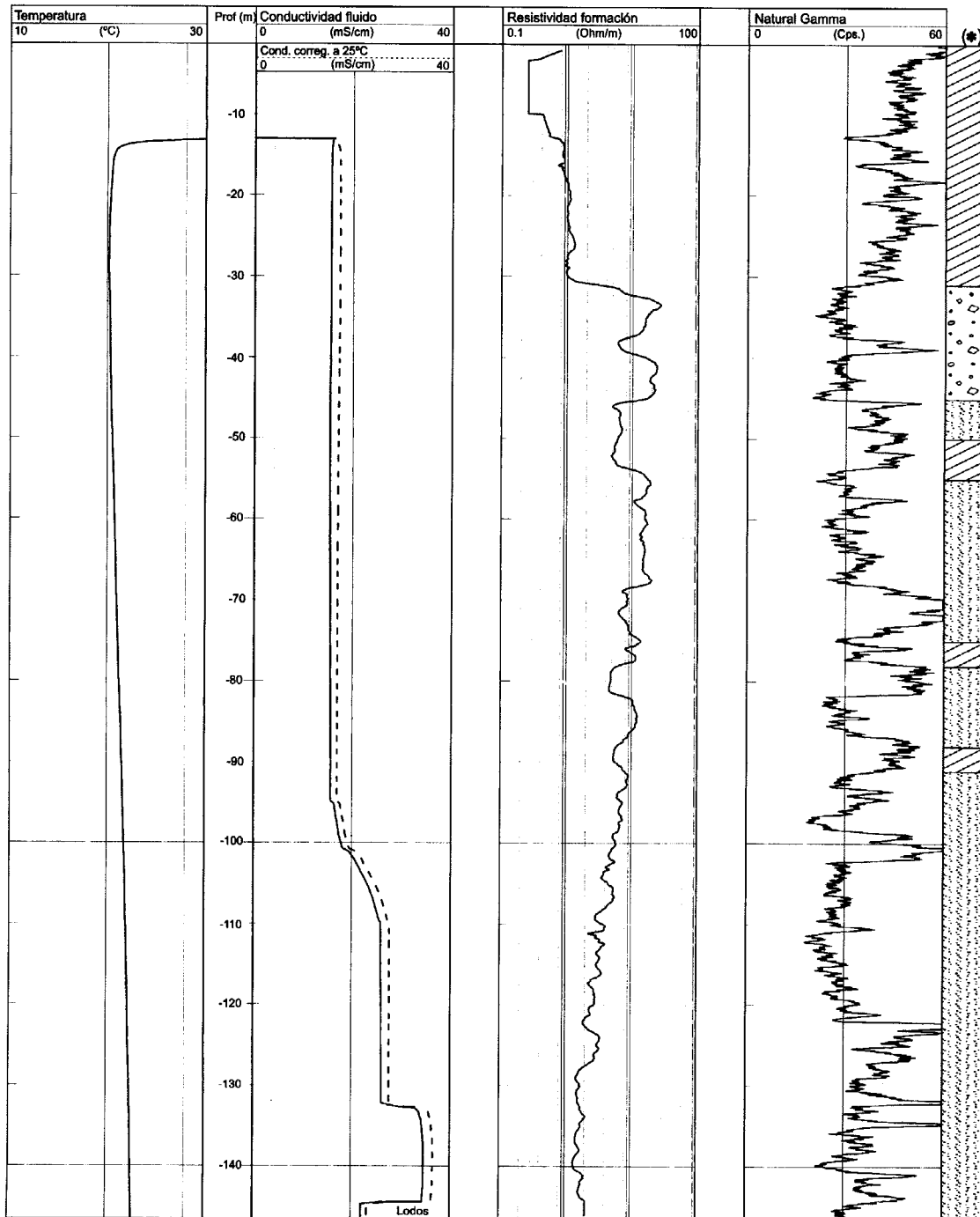
15/10/02

p. 1 / 1

ANEXO 3



REGISTROS CONVENCIONALES Y DE INDUCCIÓN

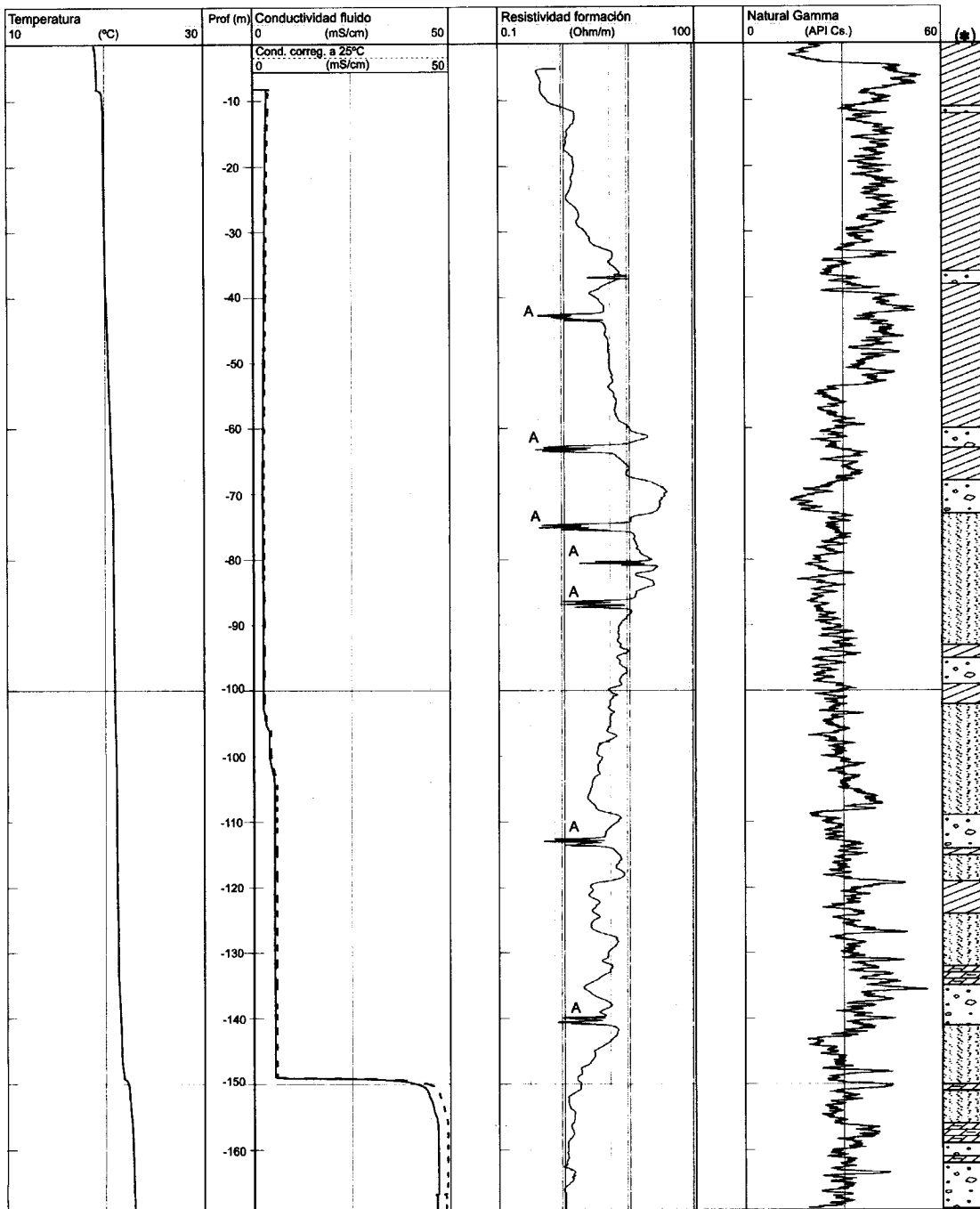
 Instituto Geológico y Minero de España	<b>Trabajos de testificación geofísica en Doñana (Huelva)</b>		
	Sondeo: <b>FEDER-4</b>	Registros: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rad. Gamma Natural</li> <li>• Conductividad</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Resistividad formación (Inducción)</li> </ul>	Consultor: 
Posición: X: 742210 UTM 29, 208175 UTM 30 Y: 4112910 UTM 29, 4114448 UTM 30 Z: -	Equipo: Micrologger II Técnico: AMC		Fecha: Septiembre 2002



(\*) Columna litológica simplificada según datos del IGME





 <b>Instituto Geológico y Minero de España</b>		<b>Trabajos de testificación geofísica en Doñana (Huelva)</b>	
<b>Sondeo: S-2 (Casa Bombas)</b>		<b>Registros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Rad. Gamma Natural</li> <li>* Conductividad</li> <li>* Temperatura</li> <li>* Resistividad formación (Inducción)</li> </ul>	
<b>Posición:</b> X: 743650 UTM 29, 210473 UTM 30 Y: 4110250 UTM 29, 4111701 UTM 30 Z: 5m		<b>Equipo: Micrologger II</b> <b>Técnico: AMC</b>	
		<b>Consulor:</b> 	
		Fecha: Septiembre 2002	

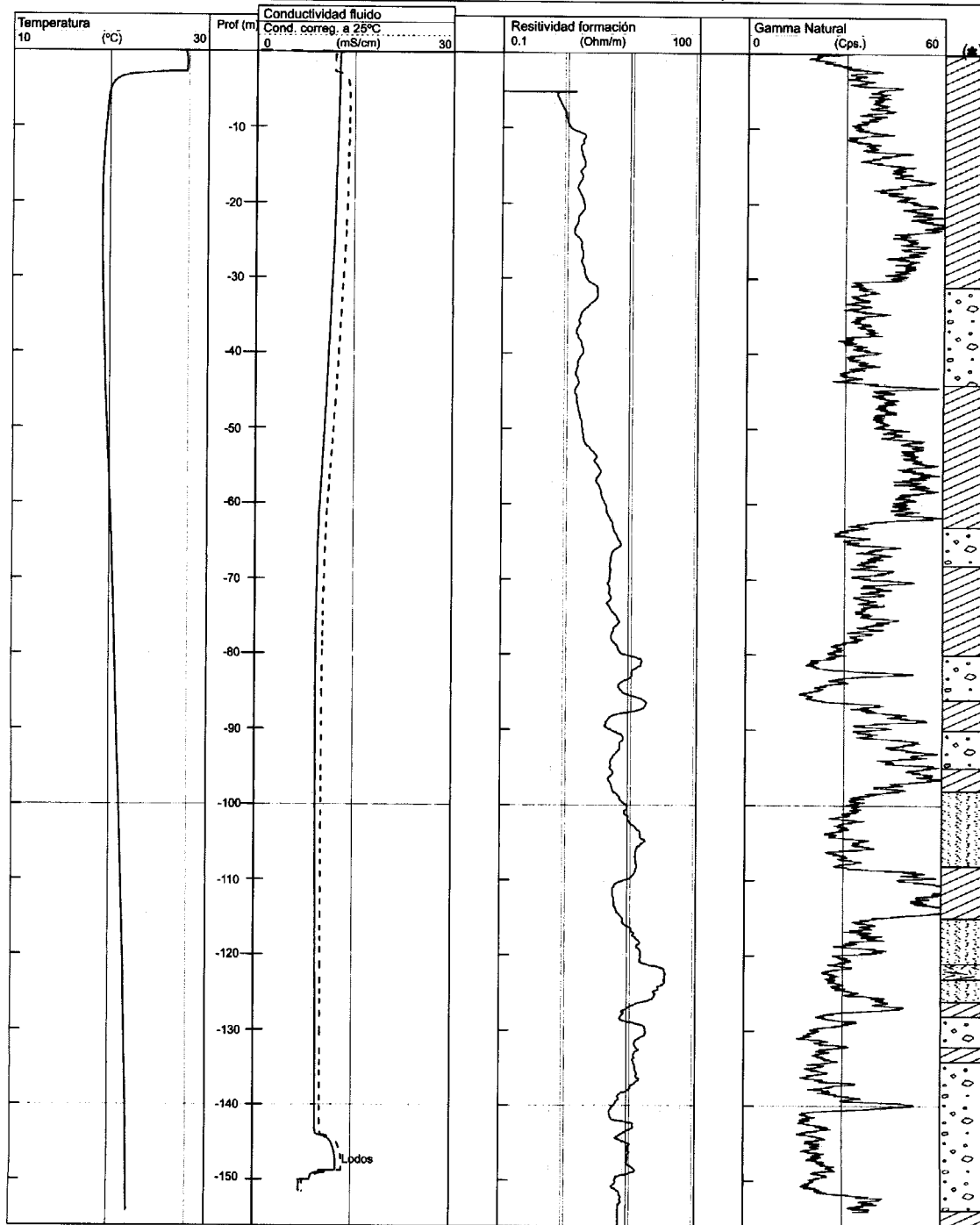




(\*) Columna litológica simplificada según datos del IGME



A.- Lecturas anómalas

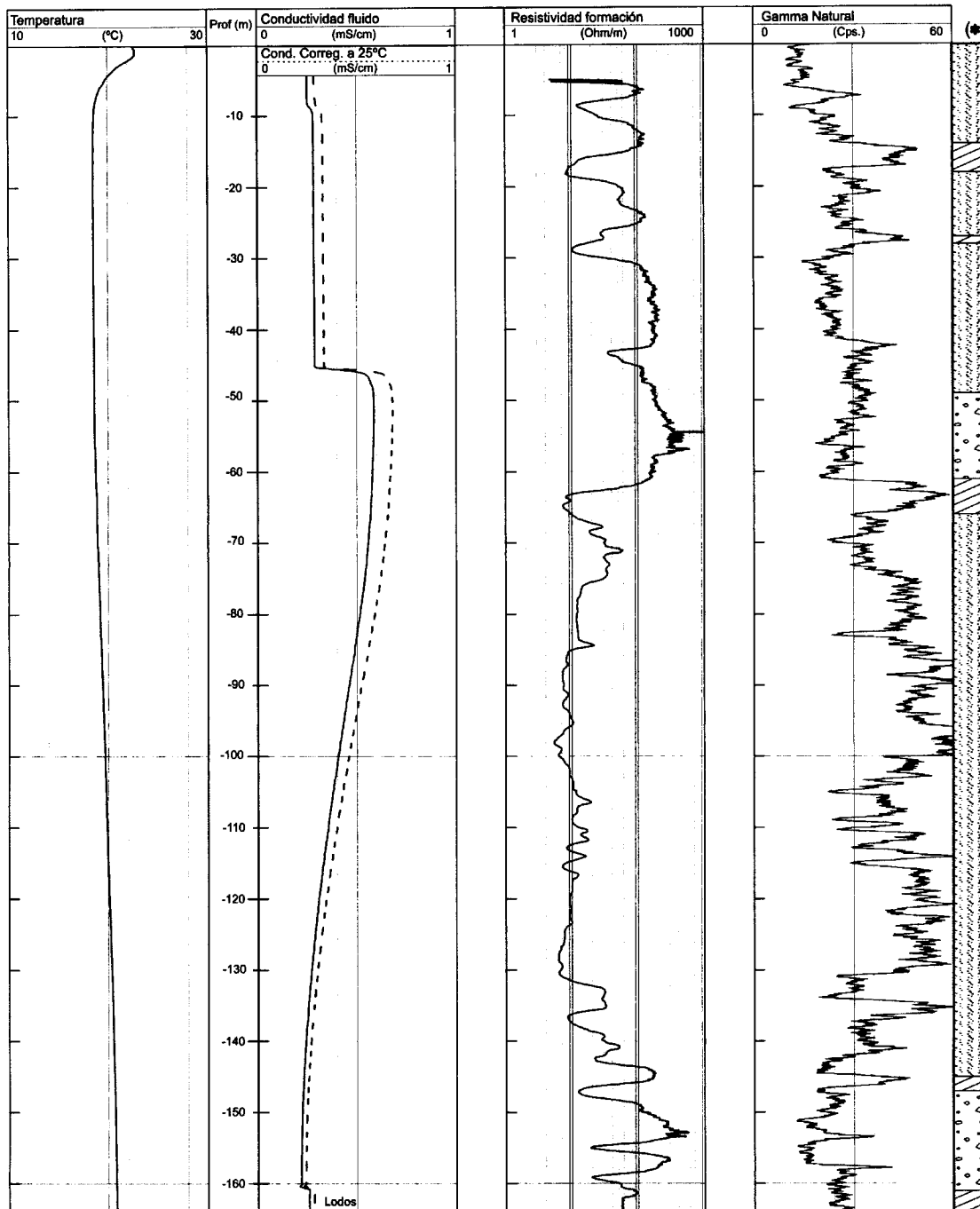
 Instituto Geológico y Minero de España	<b>Trabajos de testificación geofísica en Doñana (Huelva)</b>	
	Sondeo: S-15 (Los Caracoles)	Registros: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Rad. Gamma Natural</li> <li>* Conductividad</li> <li>* Temperatura</li> <li>* Resistividad formación (Inducción)</li> </ul>
Posición: X: 739380 UTM 29, 205645 UTM 30 Y: 4101290 UTM 29, 4103025 UTM 30 Z: 5m	Equipo: Micrologger II Técnico: AMC	Fecha: Septiembre 2002 Consultor: 



 Arcilla  
  Arena  
  Grava  
  Margas  
  Areniscas  
  Calizas  
  Sin muestra



(\*) Columna litológica simplificada según datos del IGME

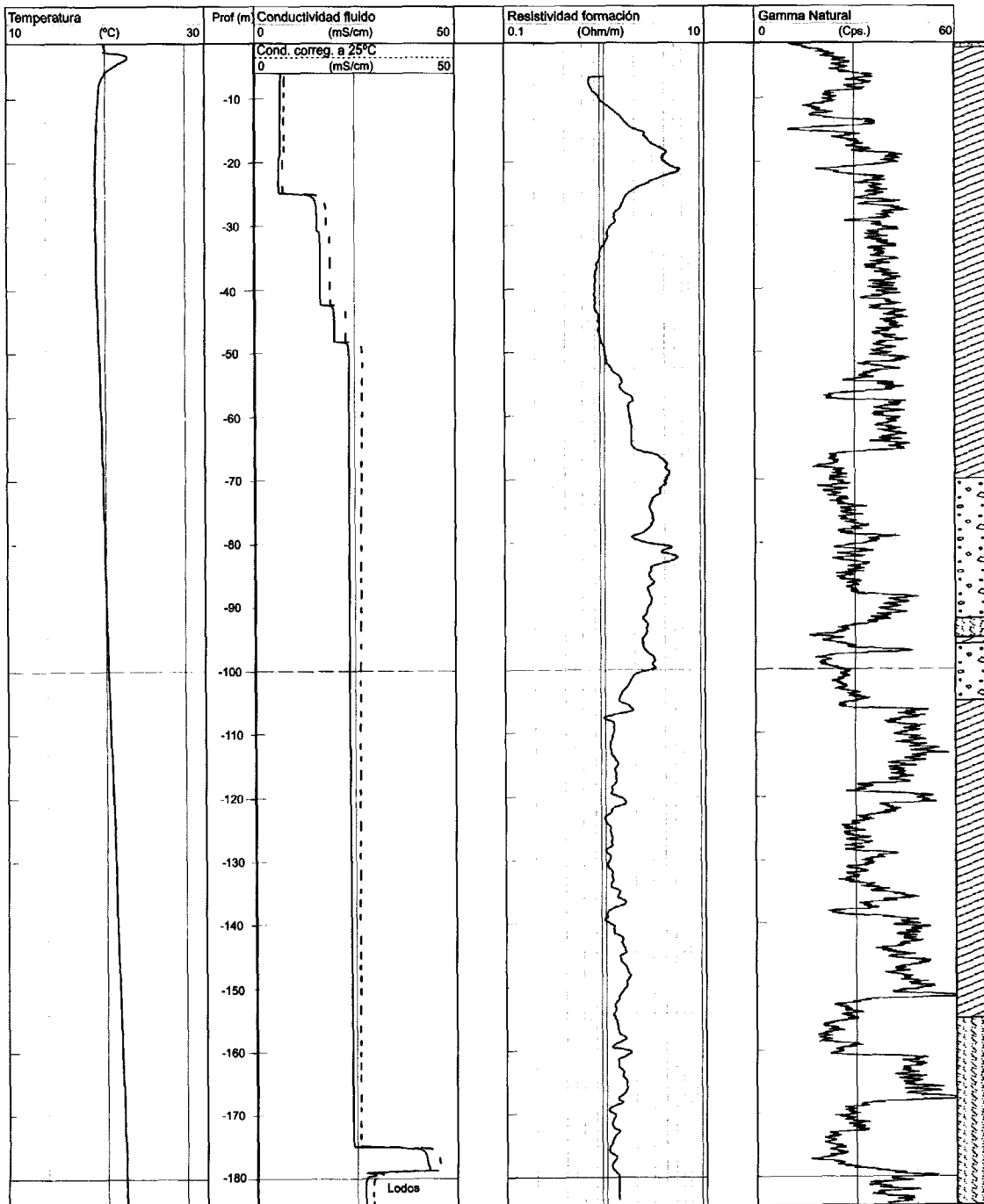
 <b>Instituto Geológico y Minero de España</b>	<b>Trabajos de testificación geofísica en Doñana (Huelva)</b>		
	<b>Sondeo: S-49 (Palacio de Doñana)</b>	<b>Registros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Rad. Gamma Natural</li> <li>* Conductividad</li> <li>* Temperatura</li> <li>* Resistividad formación (Inducción)</li> </ul>	<b>Consultor:</b> 
<b>Posición:</b> X: 727779 UTM 29, 193794 UTM 30 Y: 4067040 UTM 29, 4099513 UTM 30 Z: 2.94 m	<b>Equipo: Micrologger II</b> <b>Técnico: AMC</b>		<b>Fecha: Septiembre 2002</b>





-  Arcilla
-  Arena
-  Grava
-  Margas
-  Areniscas
-  Calizas
-  Sin muestra

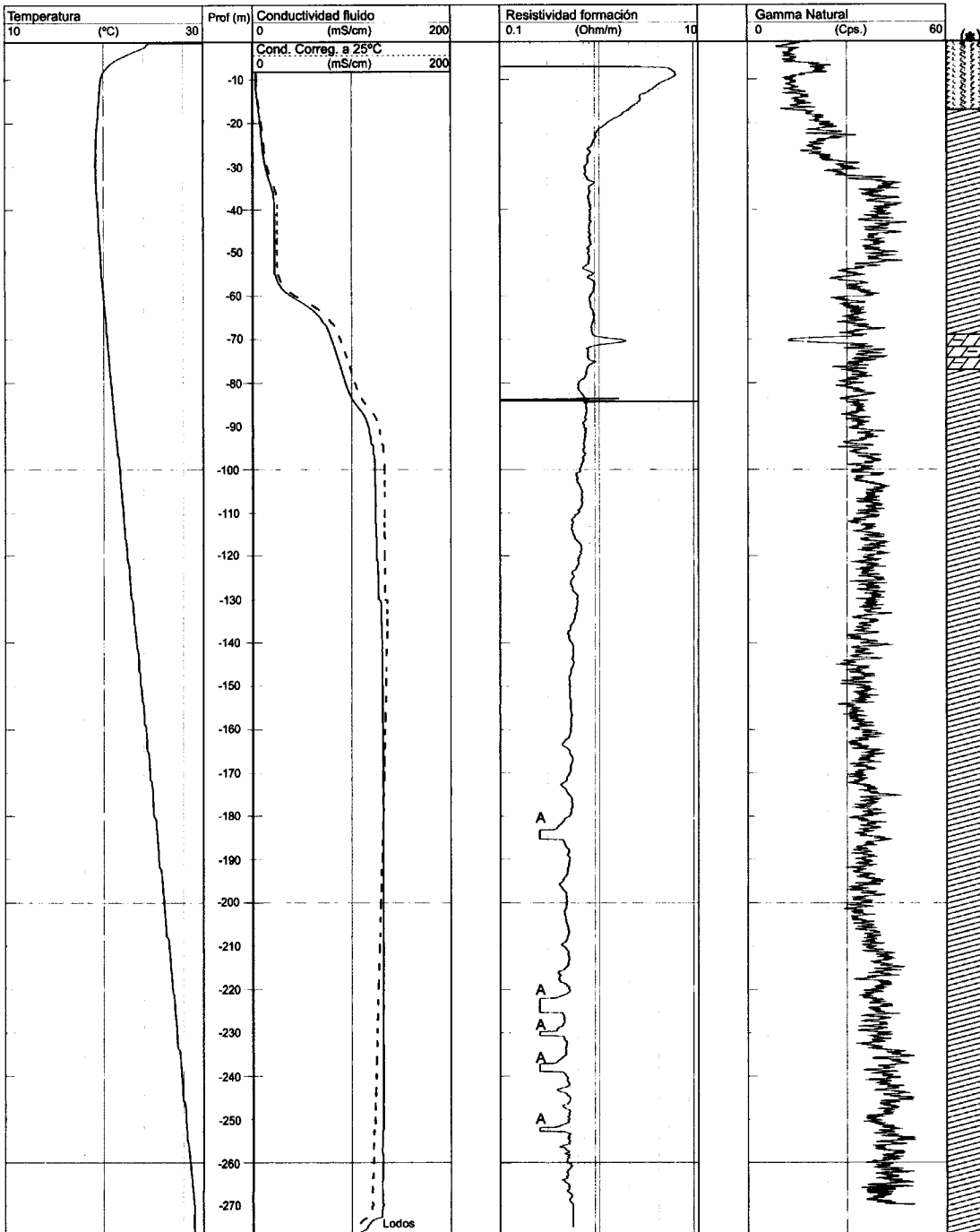
(\*) Columna litológica simplificada según datos del IGME

 Instituto Geológico y Minero de España		<b>Trabajos de testificación geofísica en Doñana (Huelva)</b>	
Sondeo: S-57 (Vetalengua)		Registros: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Rad. Gamma Natural</li> <li>* Conductividad</li> <li>* Temperatura</li> <li>* Resistividad formación (Inducción)</li> </ul>	
Posición: X: 733010 UTM 29, 198416 UTM 30 Y: 4087500 UTM 29, 4089658 UTM 30 Z: 2 m		Equipo: Micrologger II Técnico: AMC	
		Consultor: 	
		Fecha: Septiembre 2002	



 Arcilla  
  Arena  
  Grava  
  Margas  
  Areniscas  
  Calizas  
  Sin muestra

 <b>Instituto Geológico y Minero de España</b>		<b>Trabajos de testificación geofísica en Doñana (Huelva)</b>	
<b>Sondeo: S-59 (Palacio Marismillas)</b>		<b>Registros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Rad. Gamma Natural</li> <li>* Conductividad</li> <li>* Temperatura</li> <li>* Resistividad formación (Inducción)</li> </ul>	
<b>Posición:</b> X: 734679 UTM 29, 199293 UTM 30 Y: 4080422 UTM 29, 4082736 UTM 30 Z: 3m		<b>Equipo: Micrologger II</b> <b>Técnico: AMC</b>	
		<b>Consultor:</b> 	
		<b>Fecha: Septiembre 2002</b>	



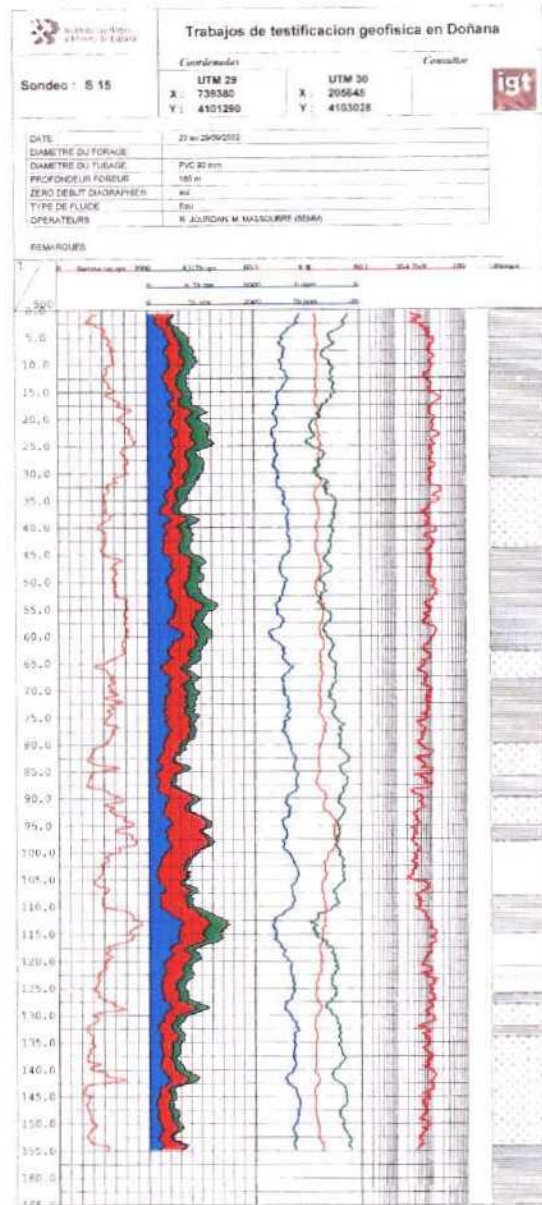
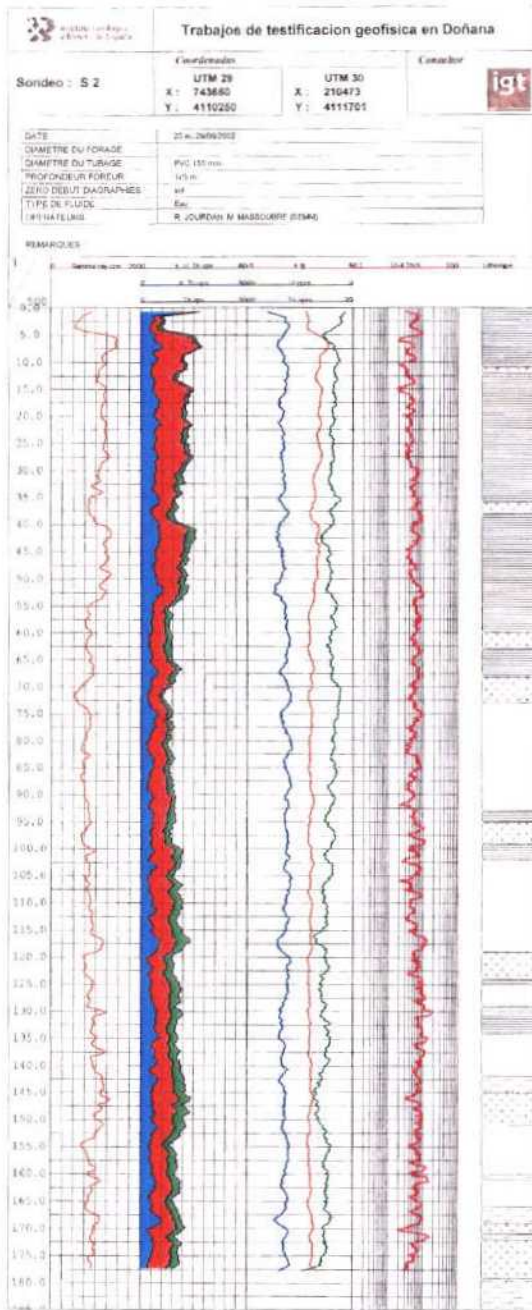


(\*) Columna litológica simplificada según datos del IGME

A.- Lecturas anómalas

ANEXO 4

REGISTROS DE GAMMA ESPECTRAL





### Trabajos de testificación geofísica en Doñana

Sondeo : S 49

#### Coordenadas

UTM 29  
X : 727779  
Y : 4097040

UTM 30  
X : 193794  
Y : 4099513

#### Consultor



DATE	23 au 29/09/2002
DIAMETRE DU FORAGE	
DIAMETRE DU TUBAGE	PVC 50 mm
PROFONDEUR FOREUR	165 m
ZERO DEBUT DIAGRAPHIES	sol
TYPE DE FLUIDE	Eau
OPERATEURS	R. JOURDAN, M. MASSOUBRE (SEM)

#### REMARQUES

