

NUMERO

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

SISMICA DE REFLEXION EN GINZO DE LIMIA (ORENSE) 1982



40226

I N D I C E

| | <u>Págs.</u> |
|--|--------------|
| 0. RESUMEN Y CONCLUSIONES | 1 |
| 1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES | 8 |
| 2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO | 13 |
| 3. FICHA ESTADISTICA | 15 |
| 3.1. Duración de los trabajos | 16 |
| 3.2. Equipo de personal | 16 |
| 3.3. Instrumentación | 17 |
| 3.4. Perfiles realizados | 18 |
| 3.5. Ensayos de registro | 20 |
| 3.5.1. Análisis de ruido | 20 |
| 3.5.2. Análisis de distancia de tiro | 21 |
| 3.5.3. Análisis de nº de golpes | 21 |
| 3.5.4. Dispositivo de zona meteorizada | 21 |
| 3.6. Parámetros de registro | 22 |
| 4. TRATAMIENTO DE DATOS | 24 |
| 5. ANALISIS E INTERPRETACION | 27 |
| 5.1. Influencia del método de registro y procesc de datos. | 28 |
| 5.2. Obtención de velocidades | 31 |
| 5.2.1. Determinación de velocidades por sísmica en sondeo ("up-hole") | 31 |
| 5.2.2. Testificación sónica | 31 |

Págs.

| | |
|--|----|
| 5.3. Obtención de impedancias acústicas. Resolución de capas | 35 |
| 5.4. Sismogramas sintéticos | 44 |
| 5.5. Identificación y seguimiento de reflectores | 45 |
| 5.6. Comparación con la información de los S.E.V. | 51 |

INDICE DE PLANOS

- N° 1 - Plano de situación 1/400.000
- " 2 - Plano de situación de perfiles y SEV 1/25.000
- " 3 - Plano de situación de perfiles 1/50.000
- " 4 - Plano de situación de detalle de perfiles 1/20.000

Perfiles 1 a 7

- Sección sísmica (stack)
- " " migrada
- " " interpretada

- N° 5 - Isocronas del reflector D 1/20.000
- " 6 - Secciones de profundidad del reflector B 1/10.000.

INDICE DE GRAFICOS

- N° 1 Comparación de velocidad de testificación sónica, "up-hole" y obtenidas en proceso (sondeo n°70).
- " 2 Velocidades de "up-hole" y obtenidas en proceso para los sondeos 133 y 127.
- " 3 Análisis de reflexiones en el sondeo n° 70.
- " 4 Análisis de reflexiones en el sondeo n° 4.
- " 5 Sismogramas sintéticos. Modelo 1.
- " 6 Sismograma sintético. Modelo 2.

INDICE DE ANEXO

- Croquis de referencias topográficas
- Listado de cotas y coordenadas
- Copia registro análisis de ruido
- Copia registros perfiles
- Diagramas de explotación
- Informe de "Ensayos de "up-hole" en la Cuenca de Ginzo de Li
ma":
- Copia de secciones geológicas
- Copia de columnas sondeos mecánicos
- Cortes geoelectrónicos n^{OS}. 3, 10, 4, 21 y 1.

0. RESUMEN Y CONCLUSIONES

A finales de 1981 se realizaron en Ginzo de Limia unos perfiles sísmicos para complementar los datos aportados por una campaña de sondeos eléctricos verticales. Invertida, sin embargo, la metodología de la investigación, durante la ejecución de esta sísmica, se realizaron decenas de sondeos mecánicos en la zona, inutilizando así el objetivo primario de los perfiles sísmicos. A mediados de 1982 se consiguió que uno de los numerosos sondeos mecánicos fuera testificado de densidad y sónico, y en tres sondeos se obtuvieran velocidades por la técnica de sísmica en sondeo. De nuevo, a últimos de 1982 se realizaron unos perfiles sísmicos pasando ahora por estos sondeos y enlazados con los perfiles de 1981, para así tratar de dar alguna utilidad a los trabajos sísmicos en Ginzo.

Esta es pues la razón de que el contenido de este informe tenga un carácter marcadamente analítico, ya que no tiene sentido deducir donde está el lignito, que ya han cortado más de cien sondeos. Se pretende por tanto sacar conclusiones sobre el tipo de información que la sísmica pueda aportar en estos yacimientos ,

experimentando además sobre métodos de registro y proceso de datos.

Se dispone en total de 18,6 Km. de perfil, pasando por un sondeo donde hay datos para determinación de coeficientes de reflexión.

Conclusiones de los ensayos de registro y proceso son:

- a) No se aprecia diferencia por registrar con geófonos extendidos, por lo que será recomendable su agrupamiento, dada la mayor facilidad de implantación, cuando los reflectores sean poco profundos.
- b) El empleo de mayor n° de golpes por registro sí que parece mejorar la relación señal/ruido. Del mismo modo el empleo de técnicas de mejora de coherencia entre trazas - puede hacer aumentar demasiado el ruido coherente, confundiendo con señal, aunque también es cierto que facilita el seguimiento de los reflectores; su utilización o no es por tanto una solución de compromiso.
- c) El tratamiento en preservación de amplitudes relativas, a no ser para utilización posterior de otros procesos, no tiene interés en este caso, ya que empobrece señales que interesa conocer, (p.e. fondo de cuenca), aumentando las

que ya eran bien visibles (arcilla), sin que sea posible por ello la distinción arcilla-lignito, al no darse este contacto lateralmente.

En cuanto a las determinaciones de velocidad se concluye:

- a) Las velocidades de zona meteorizada determinadas por domocronas en dispositivo D.Z.M. y de producción, son acceptables.
- b) La aplicación de técnicas sísmicas en sonde ("up-hole"), dando resultados muy buenos, comparables a los de testificación sónica en algunos tramos, presentan no obstante discrepancias importantes en otros tramos, por lo que se desaconseja como método a emplear en zonas de capas poco potentes.

Del análisis de resolución a partir de las impedancias se deduce:

- a) Es posible que los pisonos empleados como fuente de energía, proporcionen frecuencias útiles en los primeros 200 milisegundos hasta de 200 Hz, siendo visibles en las secciones hasta los 90 Hz (para las aplicaciones de filtros paso banda 30-100 Hz).
- b) Con las velocidades presentes, las ondas reflejadas os-

cilan entre los 15 y 25 m. de longitud, por lo que la auténtica resolución de capas no es posible para potencias inferiores a estas cantidades.

c) Sin embargo, los caracteres (forma y amplitud) debidos a la combinación de ondas de sucesivas superficies reflectantes - pueden servir para identificación de éstos.

Así pues, sería posible distinguir los siguientes reflectores:

- Cambio de arenas limpias a arenas de matriz arcillosa o a arcilla.
- Superficie superior del lignito junto con la arcilla, cuando la potencia de ésta sea inferior a la longitud de onda.
- Superficie inferior del lignito-arcilla.
- Separación de arena - granito, diferenciándose el granito descompuesto del fresco.

El carácter de cada reflector será variable de acuerdo con la secuencia litológica específica de las trayectorias del CDP, por lo que la aplicación de mejoras de coherencia facilita notablemente su seguimiento.

La interpretación de las secciones se ha establecido teniendo en cuenta estos conceptos y los resultados de sismogramas sintéticos sobre modelos.

Se puede seguir con bastante fidelidad la marcha del paquete arcilla-lignito, con difícil distinción de la presencia y potencia de este último, aunque un cuidadoso análisis del reflector sugiere variaciones en el carácter, atribuibles a estas circunstancias. En cualquier caso, se ha establecido un perfil en profundidad de este reflector, mejor cuantificado que en los S.E.V.

La detección del fondo de cuenca queda patente en las secciones, si bien es mejor reflector el límite del granito no alterado. Para éste se ha trazado un plano de isocronas, que permite visualizar su topografía.

Como conclusión final, se recomienda la siguiente metodología de investigación geofísica en cuencas con potencialidad lignitífera:

1°) La utilización de sondeos eléctricos verticales (SEV) , para localización de capas conductoras (arcillosas y/o lignitíferas), con carácter determinante de la continua ción o nó de la investigación.

2°) Realización de un sondeo mecánico, con testigo y testificación gamma-gamma calibrada (densidad) y sónica, ade más de las convencionales.

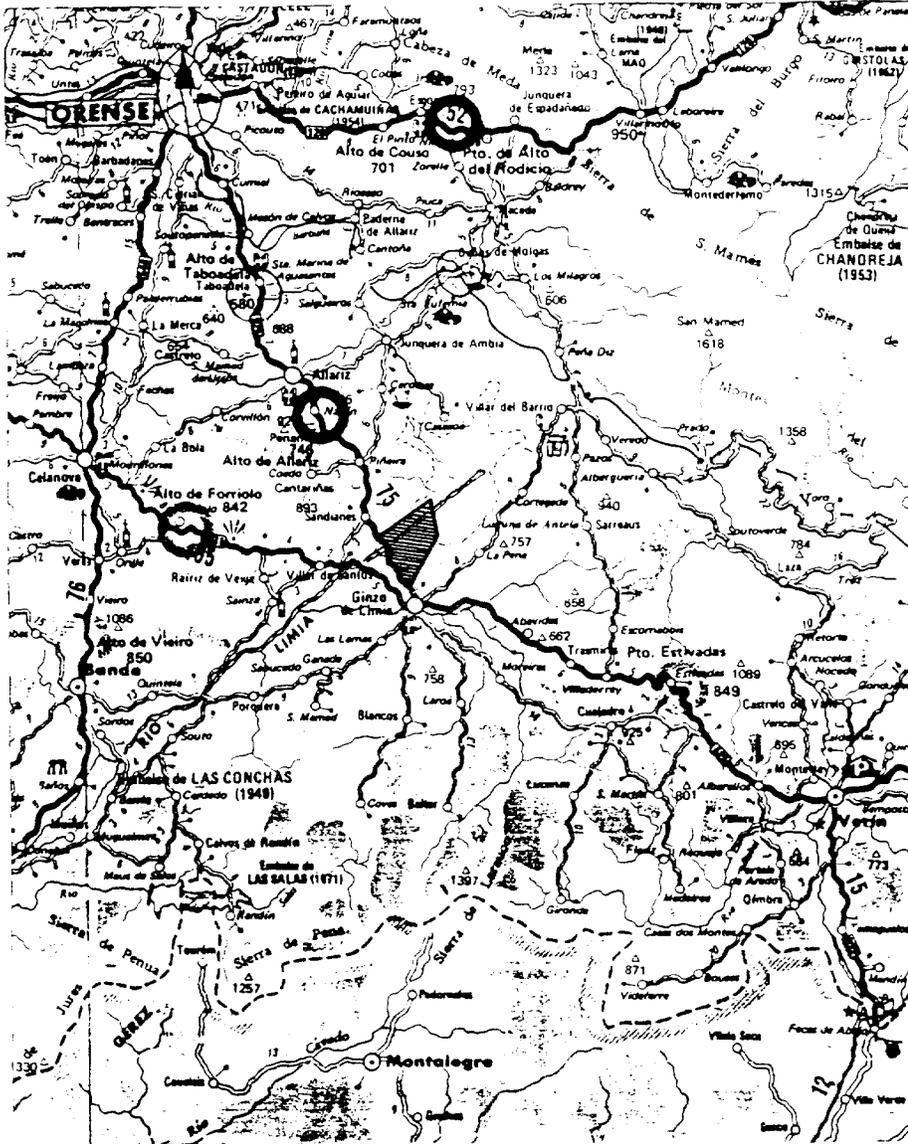
El análisis de impedancias acústicas, coeficientes de reflexión y resolución por longitudes de onda, aconsejará o nó la aplicación de métodos sísmicos y determinará su modalidad y parámetros de registro y proceso.

3°) Realización de una malla de perfiles sísmicos, para - efectuar el seguimiento de la capa lignitífera, del fondo de cuenca y cuantificar ambos; dando lugar al mejor posicionamiento de nuevos sondeos mecánicos.

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Antecedentes y contemporáneos de este estudio son los de "Investigación de lignitos en Galicia. Fase III". (1981) "Ampliación de sondeos mecánicos y prospección geofísica en Ginzo" (1981) e "Investigación de lignitos en las cuencas límnicas gallegas" (1981 y 1982). A ellos remitimos para una información completa sobre las prospecciones efectuadas por el IGME en la cuenca de Xinzo de Limia (Orense), dando aquí solamente unas breves referencias que permitan situar y comprender la realización en el tiempo de los estudios sísmicos y sus objetivos.

En los años 1979 y 1980, se estudiaron los depósitos terciarios gallegos, que por no presentar la forma típica de las cuencas conocidas, no lo habían sido todavía. Esto era debido a que en la cartografía anteriormente disponible no estaban representados los sedimentos terciarios, a veces recubiertos por el cuaternario; por otra parte la disposición horizontal de los lignitos - neoterciarios justifica la falta de indicios de los mismos. Resultado de estos estudios geológicos fue la selección de unas cuencas, sobre las que se realizaron estudios de facies lignitófilas, paleobotánicas, palinológicas y sedimentológicas, así como estudios



| | | |
|-------------------------|--|---------------|
| DIBUJADO | MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  | |
| FECHA Diciembre 1981 | | |
| COMPROBADO | | |
| AUTOR | PROYECTO SISMICA DE REFLEXION XINZO DE LIMIA (ORENSE) | CLAVE |
| ESCALA 1:400.000 | | |
| CONSULTOR |  Plano de situacion de zona | PLANO Nº 1 |

geofísicos para conocer las profundidades del basamento, y sondeos mecánicos para obtener información sobre la existencia de capas de lignitos.

En particular, de los sondeos eléctricos verticales efectuados en la Cuenca de Xinzo de Limia (plano nº1), se concluyó que gran parte de las curvas de S.E.V. eran compatibles con la presencia de una capa conductora (arcillosa y/o lignitífera). Sin embargo, la cobertura resistiva detrítica volvía ambigua la interpretación de los S.E.V., al mismo tiempo que una capa inferior de arenas altamente resistivas impiden la detección en la mayor parte de los casos del granito subyacente.

El plano nº2 indica la situación de los S.E.V. y perfiles geoelectrónicos relacionados con los perfiles sísmicos.

Los sondeos mecánicos realizados en esta fase cortaron lignito (1981).

Para tratar de paliar las ambigüedades de los S.E.V., la Dirección de Minería del IGME solicitó de la Sección de Geofísica la aplicación de un método explorativo alternativo.

Como método más idóneo se propuso la sísmica de reflexión de alta resolución, y puesto que el IGME dispone de un equipo Mini-So

sie de las características adecuadas para este tipo de trabajos, se inició la realización de unos perfiles de ensayo dentro del - proyecto "Trabajos de Geofísica aplicada para investigaciones de base Hidrogeológicas y Mineras" (1981).

Cuando se iniciaron, en noviembre de 1981, estos perfiles sís micos, se encontraban realizados los tres primeros sondeos mecánicos de investigación y se comenzaban por aquellas fechas nuevos - sondeos hasta el n° 10. De acuerdo con estos sondeos, se dispusie ron los perfiles sísmicos, con la idea de que una vez reconocidos sísmicamente el paquete arcilla-lignito y el basamento granítico, poder seguirlos en el resto de la cuenca, con este método exploratorio netamente más económico que los sondeos mecánicos, y suficien te en esta fase de la investigación.

Sin embargo, en aquel momento el yacimiento de Ginzo de Limia vió acelerada y desbordada toda metodología de investigación, rea lizándose más de 100 sondeos mecánicos en menos de seis meses.

Cambiados de forma tan drástica los métodos y objetivos de la investigación, los perfiles sísmicos pasaron a tener un inte rés muy secundario, si es que les restaba algún otro que el mera mente científico. Así fue entendido por esta Sección, que desde - entonces no dejó de solicitar el mejor aprovechamiento de los son deos mecánicos mediante diagrafías geofísicas completas, incluyen

do las sónicas en algunos sondeos.

Por razones que se nos escapan, o que al menos, no pueden ser objeto de este informe técnico, no fue hasta el mes de mayo de 1982 cuando se consiguió que un sondeo mecánico fuera testificado con sonda sónica y densidad calibrada (nº 70) y tres fueron entubados para realizar cálculos de velocidades por técnicas sísmicas (nº 70, 127, 133). Evidentemente para ese tiempo el equipo sísmico del IGME había finalizado hacía cinco meses los perfiles inicialmente previstos, no pudiendo volver a Ginzo para realizar los perfiles sísmicos necesarios pasando por estos sondeos con información de densidad y velocidad hasta noviembre de 1982, al amparo del proyecto "Prospecciones sísmicas para investigación de cuencas lignitíferas y recursos energéticos en el N.O. de la Península" (1982).

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Dadas las circunstancias señaladas en el párrafo anterior, - los objetivos de estos perfiles sísmicos se han ido adaptando a los conocimientos que sobre la cuenca de Xinzó han proporcionado los sondeos mecánicos, situación francamente inversa a la normal.

Hemos pasado de realizar unos perfiles de exploración, para conocer la distribución de capas del subsuelo, a unos perfiles situados sobre una distribución de capas bien conocidas de antemano. Sin embargo, esta misma circunstancia hace posibles los nuevos objetivos planteados:

- 1) Como ensayo de aplicabilidad del sistema Mini-Sosie a la detección de capas de lignitos y determinación del fondo de cuenca.
- 2) Como ensayo de posibilidad de utilizar técnicas especiales de tratamiento de secciones sísmicas con finalidades de interpretación estratigráfica.
- 3) Como ensayo de utilización de secciones sísmicas en las determinación de fallas y accidentes que puedan afectar la explotación de un yacimiento de lignitos.

3. FICHA ESTADISTICA

3.1. Duración de los trabajos

Se ha realizado en dos fases:

- Perfiles 1,2 y 3 de 10 de noviembre a 21 de diciembre de 1981, con sede en Xinzo de Limia.
- Perfiles 4,5,6 y 7 de 19 de noviembre a 23 de diciembre de 1982, con sede en Allaríz.

3.2. Equipo de personal

Jefe de equipo: D. Juan Luis Plata Torres
Dr. Ingeniero de Minas.

Ayudante: D. Julián Coronel, Perito de Minas

Operador: D. Paulino Muñoz de la Nava, Ingeniero Técnico de
Minas.

Topógrafo: D. José Luis Varea (Ibergesa)

3 mecánicos.

8 peones.

3.3. Instrumentación

- Registrador DHR - 1632 MS de I/O:
 - . método Mini-Sosie
 - . 12 canales
 - . 1K por canal
 - . soporte en cinta de datos digitalizados
 - . Plotter secuencial

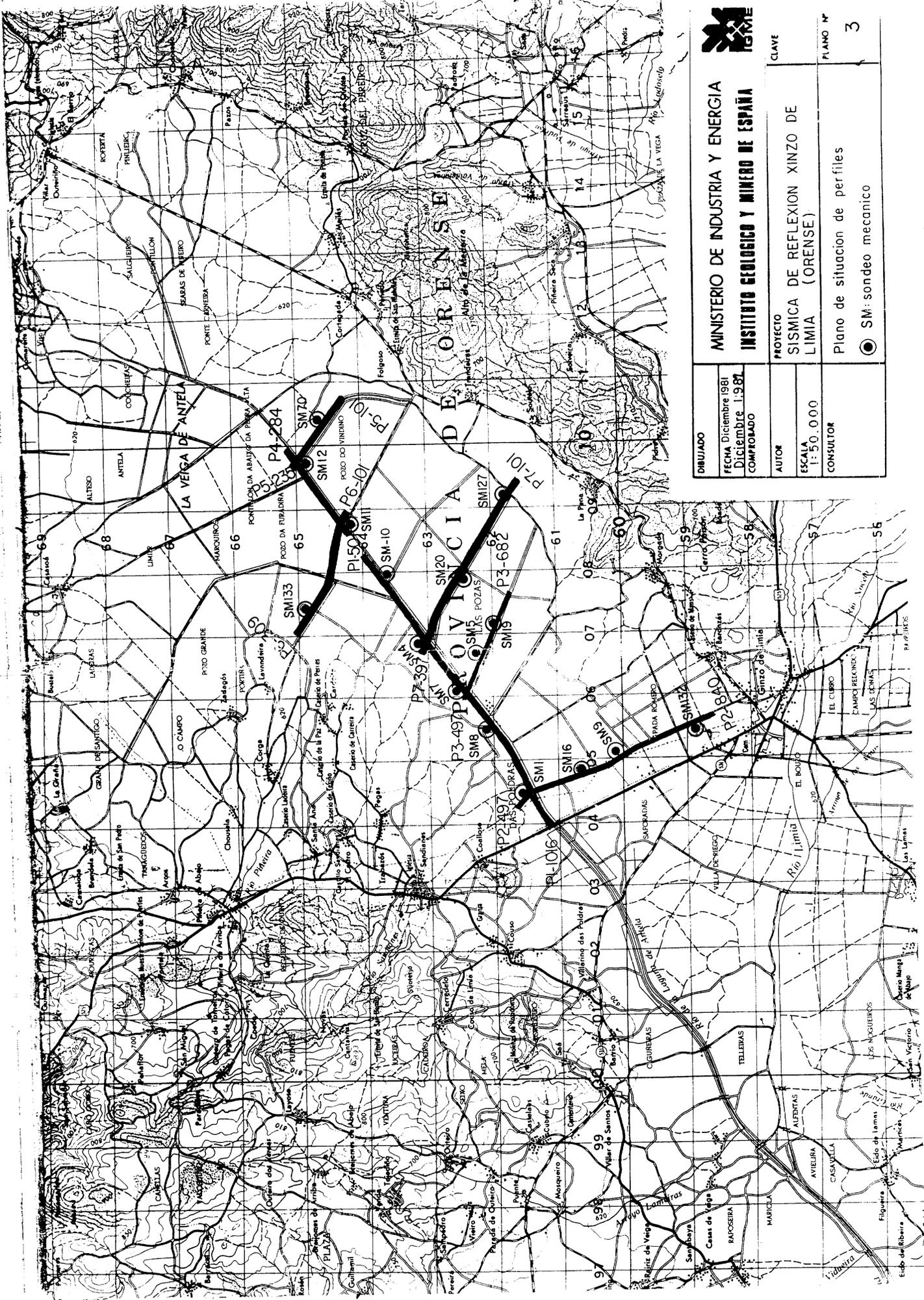
- Geófonos SM - 7 GR digital grade, 30 Hz de Sensor.
- Fuente de energía: pisones Wacker BS 100 y 60 Kg.
- Material complementario:
 - . interconector de trazas RLS - 120 de I/O
 - . adoptador multifuente MSA - 1 de I/O
 - . filtro CMF - HR de I/O
 - . osciloscópio Tektronix 464, memoria, doble traza.
 - . cables de 28 pares, terminales Amphib 110 y salidas Herma 4
 - .. comunicación por radio
 - . vehículos Land-Rover.

3.4. Perfiles realizados

Se encuentran todos en la hoja topográfica 1/50.000 n° 264. Dada la rectitud de los perfiles y la llanura del terreno (laguna de Antela) el levantamiento taquimétrico de los puntos de medición ha sido parcial. Se ha empleado el sistema de coordenadas - UTM, por arrastre desde el vértice Coaloso (X = 603167, 5 Y = 4661935,7 Z = 680,23). Los itinerarios han sido cerrados y compensados.

Como referencias se han dejado sobre el terreno los siguientes puntos: (Ver croquis en Anexo)

| | | X | Y | Z |
|----------|--------|--------|---------|--------|
| C.N 525 | Km 502 | 604124 | 4660837 | 619.92 |
| Perfil 1 | PA-1 | 603968 | 4661166 | 620.54 |
| Perfil 1 | PA-2 | 604812 | 4661678 | 617.91 |
| Perfil 1 | PA-3 | 605489 | 4662043 | 617.97 |
| Perfil 3 | P3-700 | 607792 | 4661633 | 617.64 |
| Perfil 3 | PA-4 | 607936 | 4661567 | 617.66 |
| Perfil 3 | PA-5 | 608204 | 4661444 | 617.77 |
| | PA-6 | 607514 | 4663466 | 618.28 |
| Perfil 4 | PA-7 | 608735 | 4664325 | 618.57 |
| Perfil 5 | PA-8 | 610255 | 4664564 | 617.61 |
| Perfil 6 | PA-9 | 609696 | 4664978 | 618.46 |
| Perfil 6 | PA-10 | 607338 | 4664772 | 618.47 |
| Perfil 7 | PA-11 | 608020 | 4662411 | 617.84 |



| | | |
|--|--|---|
|  | | MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA |
| DIBUJADO FECHA Diciembre 1981 Diciembre 1.987 COMPROBADO | PROYECTO SISTEMICA DE REFLEXION XINZO DE LIMA (ORENSE) | CLAVE PLANO Nº 3 |
| AUTOR ESCALA 1:50.000 CONSULTOR | Plano de situación de perfiles ● SM: sondeo mecanico | |

La longitud de los perfiles es la siguiente:

| Perfil | 1ª estación (PV) | última (PS) | longitud | |
|----------|------------------|-------------|-------------|----------|
| 1 (1981) | 497 | 1.016 | 5.190 | metros |
| 2 (1981) | 497 | 836 | 3.390 | " |
| 3 (1981) | 497 | 682 | 1.850 | " |
| 4 (1982) | 101 | 284 | 1.830 | " |
| 5 (1982) | 101 | 235 | 1.340 | " |
| 6 (1982) | 101 | 308 | 2.070 | " |
| 7 (1982) | 102 | 397 | 2.950 | " |
| | | | TOTAL | 18.620 " |

Su situación se indica en los planos n° 2, n° 3 y n° 4.

En Anexo se da un listado de las coordenadas y cotas de las estaciones levantadas.

3.5. Ensayos de registro

3.5.1. Análisis de ruido

De forma paralela a los perfiles, transcurren canales de riego con base y paredes de hormigón, de unos 30 m de anchura y 8 de profundidad para el perfil 1 y 4, y de unos 10 m de anchura y 2 m de profundidad en el resto de los perfiles, salvo en el n° 2 y parte del n° 6, sin que haya otra alternativa para su implantación, dado el tipo de terreno de labor por los que transcurren.

Se llevaron a cabo dos análisis de ruido: uno en el perfil 1, paralelo de canal, y otro en un camino lateral, sin canal. En Anexo se reproducen los registros efectuados, apreciándose mejor calidad en el segundo ensayo, debido posiblemente al ruido introducido por reflexiones laterales de las paredes del canal.

Se ha seguido el método transpuesto, con 5 m. entre estaciones y 9 geófonos agrupados por estación; del análisis del mismo se ha optado por filtrar 30 Hz en baja y utilizar un dispositivo de 9 geófonos extendidos en 10 m (1,25 m entre geófonos) y 10 m de segmento de golpeo.

No obstante, para la segunda fase del trabajo (perfiles 4,5,6 y 7) se ha optado por agrupar 18 geófonos en cada traza

manteniendo el segmento de golpeo, a fin de poder comparar el tipo de resultados.

3.5.2. Análisis de distancia de tiro

Efectuados con cada dispositivo elegido se han obtenido los mejores resultados con 40 m. para los perfiles 1,2 y 3, habiéndose reducido a 35 para los 4,5,6 y 7.

3.5.3. Análisis de n° de golpes

Efectuados para cada dispositivo por adición de registros independientes hasta obtener la mejor coincidencia de señales dentro de los primeros 500 ms; se han empleado 1200 - 1400 golpes para los perfiles 1,2 y 3, aumentándose a 1800 para el resto.

3.5.4. Dispositivo de zona meteorizada

En el perfil 1 se ha realizado una línea de refracción para determinar la potencia y velocidad de las primeras capas de terreno. La secuencia del dispositivo empleado es:

PT-2-3-5-10-3x15-10-5-3-2-PT-2-3-5-10-3x15-10-5-3-2-PT.

La interpretación da como resultado:

- 1°) primer metro terreno suelto muy lento
- 2°) hasta 3 m. con velocidad de 625 m/s.
- 3°) de 3 a 10 m. con velocidad de 1.250 m/s.
- 4°) capa de velocidad 1.665 m/s.

De los monitores obtenidos en el Plotter del registrador se ha ido trazando un diagrama de las velocidades para la refracción (primeras llegadas), manteniéndose las condiciones muy uniformes en toda la zona y domocronas de 1700 m/s seguida de 2000 m/s.

En Anexo se dan copias de algunos registros para poder apreciar su calidad.

3.6. Parámetros de registro

Como resultado de los análisis anteriores y teniendo en cuenta las condiciones geológicas y objetivos de este estudio, se han utilizado los siguientes parámetros:

| | <u>Perfil 1, 2, 3</u> | <u>4, 5, 6, 7</u> |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Fuente de energía pison Wacker | 1 de 60 + 1 de 100 | 1 de 100 |
| Segmento de golpeo | 10 m | 10 m |
| Nº golpes/registro (medio) | 1200-1400 | 1800 |
| Distancia de tiro a 1ª traza | 40 m | 35 m |
| Distancia entre trazas | 10 m | 10 m |
| Nº de geófonos por traza | 9 | 18 |
| Distancia entre geófonos | 1,25 m | agrupados |
| Longitud de geófonos | 10 m | agrupados |
| Nº de trazas | 12 | 12 |
| Filtros en registro | 30 Hz LC | 30 Hz LC |
| Intervalo de muestreo | 1 ms | 1 ms |
| Duración de registro | 1 s | 1 s |
| Cobertura | 6 | 6 |

El registro de los perfiles se ha realizado según se indica en los diagramas de explotación. (Anexo)

4. TRATAMIENTO DE DATOS

Ha sido realizado por la Compañía General de Geofísica, según la secuencia:

- Recuperación de amplitudes
- Edición - mutes
- Colección de los CDP
- Deconvolución
- Correcciones estáticas
- Análisis de velocidades
- Correcciones dinámicas
- Correcciones estáticas residuales
- Adición
- Migración
- Filtro pasa banda
- Mejora de coherencia
- Igualación de trazas
- Correcciones estáticas del DPC al DP (600 m)
- Salida analógica.

Los parámetros y sistemas empleados se indican en las secciones.

Los perfiles 4,5,6 y 7 se han procesado con tratamiento de

amplitud relativa, aplicando las ganancias de registro para cada canal y proporcionales al tiempo de recorrido.

Se presentan para cada perfil las secciones normales, migradas e interpretadas.

5. ANALISIS E INTERPRETACION

5.1. Influencia del método de registro y proceso de datos

Las diferencias de registro de los perfiles se refleja en el siguiente cuadro:

| | Fuente energía | Offset | Nºgolpes/ registro. | Geófonos |
|------------------|----------------|--------|------------------------|--------------|
| Perfiles 1,2,3 | 2 pisones | 40 m | 1200-1400 | 9 en 10 m. |
| Perfiles 4,5,6,7 | 1 pisón | 35 m | 1800 | 18 agrupados |

Las razones de estos cambios son:

- 1) Utilizar un solo pisón para procurar no sobrepasar la capacidad de proceso en tiempo real del registrador DHR - 1632 (9 golpes/segundo para 1000 muestras/segundo), evitando así la posible pérdida de adición de impulsos en los primeros tiempos de cada registro.
- 2) El offset es practicamente el mismo, ya que en el primer grupo de perfiles, los geófonos están extendidos en un segmento de 10 m.
- 3) Se ha aumentado el nº de golpes en el segundo grupo de perfiles para mejorar la relación señal ruido.

- 4) Se ha aumentado el n° de geófonos por traza en el segundo grupo de perfiles, agrupando los geófonos, para experimentar la influencia de no efectuar un "filtro - terreno" y evitar la mezcla de puntos de reflexión entre distintas trazas, al tiempo que se reduce el segmento de reflexión.

Las diferencias en proceso son debidas a: 1) Recuperación de la amplitud de las señales en el proceso de los perfiles 4,5,6 y 7 por incorporación de ganancia lineal proporcional al tiempo de trayecto. Con ello se persigue que las reflexiones provenientes de los mayores contrastes de impedancias acústicas queden más destacadas.

- 2) En los perfiles 1,2 y 3 se ha utilizado un filtro pasabanda 35-65 Hz, mientras que en los perfiles 4,5,6 y 7 se ha utilizado un filtro 30-100 Hz, tratando con ello de conservar las altas frecuencias.

- 3) En los perfiles 4,5,6 y 7 no se ha efectuado mejora de la coherencia entre trazas.

Puesto que se han aplicado simultáneamente diferencias tanto en registro como en proceso, no es posible distinguir en todos los casos las razones de los cambios observados en las secciones. Estos son:

1) Para tiempos mayores que los considerados en el marcador u horizonte del basamento, aparece en las secciones de los perfiles 1,2 y 3 gran profusión de ruido coherente, pudiendo incluso seguirse con poca dificultad algunas alineaciones en general paralelas al horizonte del basamento. Estas alineaciones son menos visibles en las secciones de los perfiles 4,5,6 y 7, donde prácticamente desaparece este tipo de ruido.

Estas diferencias pueden atribuirse fundamentalmente a las diferencias en proceso.

2) Como consecuencia del proceso de preservación de amplitudes relativas, el primer horizonte (adjudicable al cambio arenas - arcillas arenosas) es menos visible en las secciones de los perfiles 4,5,6 y 7. Lo mismo ocurre en determinados tramos del horizonte adjudicado al basamento, donde puede además haber afectado la no aplicación de un criterio de mejora de coherencia entre trazas.

3) Es evidente la diferencia provocada por los distintos filtros aplicados.

4) Es notable el aumento de intensidad conseguido por el proceso de preservación de amplitudes relativas, en los perfiles 4,5,6 y 7, de los niveles adjudicables a las arcillas y los lignitos, aunque sigue siendo dudosa la diferenciación de lignito-arcilla por su amplitud.

5.2. Obtención de velocidades

5.2.1. Determinación de velocidades por sísmica en sondeo ("up-hole")

Como parte del proyecto "Prospecciones sísmicas para investigación de cuencas lignítifera y recursos energéticos en el N.O. de la Península (1982)", se aplicó la técnica de "up-hole" en los sondeos n° 70, 127 y 133. (Por razones ya comentadas anteriormente, los únicos sondeos en que se pudo establecer determinaciones de velocidad, son de borde de cuenca). En Anexo se da el informe completo de estos trabajos.

5.2.2. Testificación sónica

Se dispone de diagraffias sónicas y de densidad del sondeo n° 70, facilitadas por ENDESA.

En el gráfico n° 1, se reproduce la columna litológica de dicho sondeo, junto con las diferentes informaciones de velocidad.

En primer lugar, se han trazado las velocidades de intervalo, calculadas a partir de la diagraffia sónica del canal 4 (1 m. de fuente a detector y 20 cm. entre detectores), promediando para intervalos de 2 m. (distancia utilizada entre geófonos - del ensayo de "up-hole").

Hasta los 65 m, la velocidad oscila de 1.750 m/s a 2.000 m/s, en las arenas. La transición de arenas limpias a arcilla es muy gradual, sin contraste brusco de velocidad. En el intervalo de las arcillas y lignito la velocidad es bastante estable, sobre 1.600 m/s.

Por debajo de los 130 m, se vuelve a entrar en arenas arcillosas, con alternancias de velocidad desde 2.030 m/s a 2.330 m/s, pasando a arenas a partir de los 150 m, con velocidades inferiores.

Ni las diagrañas de resistividad, densidad, o gamma natural permiten establecer la causa de las variaciones, bastante bruscas, de velocidad en los tramos de arenas, tanto anteriores como posteriores a la capa arcilla-lignito. En estas condiciones, es difícil adoptar un valor promedio para extrapolar al resto de la cuenca, sobre todo a la vista de las restantes columnas de los sondeos mecánicos, donde las alternancias arenas-arenas arcillosas-arcillas son muy variadas.

Junto a esta curva se ha representado la variación de la velocidad media a partir de los datos "up-hole". Esta velocidad (relación entre la distancia fuente-geófono y el tiempo que ha tardado en propagarse la energía) se establece próxima a 1.800 m/s, pasando sólo a 1.700 m/s debido a las capas lentas de arcillas -

lignitos. Para 150 m. de profundidad supone este margen de velocidades medias, tan sólo 5 ms, de diferencia si está presente o no la capa arcillosa.

En el mismo gráfico se representa, a la derecha, una posible función de velocidad, como promedio de la de los intervalos del sónico, junto con el resultado del ensayo de "up-hole". Salvo los tramos 60-80 m, y 145-170 m, la coincidencia de resultados es muy buena. Sin embargo estas discrepancias, para las que no se ha encontrado explicación, ponen en guardia contra los resultados de "up-hole" en este tipo de secuencias.

Se ha superpuesto además en el mismo gráfico las velocidades de intervalo obtenidas a partir de las velocidades de correcciones dinámicas para la sección sísmica en esta parte del sondeo 70. Quizá algo lenta en los primeros 60 m, se adapta sin embargo bien, como velocidad media al resto de la columna. Lo mismo ocurre con estas velocidades para los sondeos 127 y 133 (gráfico nº2).

En consecuencia, la velocidad que se ha adoptado para reducir los datos a 600 m, es de 1.800 m/s, permitiendo el "up-hole" continuar las velocidades del sónico, que empiezan a los 30 m, hasta la superficie del suelo.

Las velocidades de corrección dinámica se han calculado en proceso por análisis continuos, obteniéndose una sección para 1200, 1300, 1400, 1500, 1650, 1750, 1800, 1950, 2150, 2250, 2450, 2600, 2850, 3200 y 3800 m/s y eligiendo en cada tiempo la velocidad de mejor alineación de horizontes sísmicos.

La variación para las distintas secciones y partes de ellas es algo grande, debido posiblemente a esas oscilaciones que acusa la testificación sónica; con algunas excepciones, los márgenes están entre 1500 y 1800 m/s para los primeros 200 ms y de 1900 a 2800 para el intervalo 200-300 ms.

En resumen, se obtienen los siguientes márgenes de velocidad:

| | | 0 - 200 ms | 200 - 300 - 400 ms |
|----------------|----|----------------|--------------------|
| V_{st} | P1 | 1700 - 1760 ms | 2200 |
| | P2 | 1700 | 2600 - 3000 |
| | P3 | 1500 - 2000 | 3300 - 2900 |
| | P4 | 1625 | 1750/2600 |
| | P5 | 1650 - 1750 | 1800/2600 |
| | P6 | 1625 | 1750/2800 |
| | P7 | 1650 | 1950/2600 |
| \bar{V}_s | | 1600 - 1850 | 2000 - 2250 |
| V_{uh} | | 1560 - 1785 | 2270 |
| \bar{V}_{uh} | | 1750 m/s | |

V_{st} : velocidad de intervalo a partir de correcciones dinámicas
 \bar{V}_s : " " testificación sónica
 V_{uh} : " " ensayo de up-hole, por tramos
 \bar{V}_{uh} : " " media de up-hole.

Por tanto, salvo algunas anomalías en los perfiles 2 y 3, - pueden adoptarse para la obtención de tiempos que identifiquen - los horizontes la velocidad dada por la testificación sónica, ex trapolada al resto de la cuenca con las salvedades indicadas por las velocidades stacking.

La conversión en tiempos, de las profundidades dadas por los sondeos mecánicos, también puede hacerse con la velocidad media de "up-hole".

En conclusión se han adoptado:

1800 m/s para el tramo de arenas

1600 m/s para el tramo de arcillas-lignitos

2050 m/s para el 2° tramo de arenas.

5.3. Obtención de impedancias acústicas. Resolución de capas.

En el gráfico n° 3 se representa:

1) Columna litológica del sondeo SM-70.

Hasta los 70 m, son arenas limpias. De los 70 a los 82 m arenas con matriz arcillosa e intercalaciones de arcillas, variando la potencia de los tramos desde 0,14 a 1,40 m. Desde los 82 a los 126 m está ocupada por arcillas, con muy pocas intercalaciones de arenas arcillosas. Se presentan capas de lignitos a los 92 m (0,40 m de potencia) 97 m (0,60 m), 99 m (0,70 m) y 110 m (9 m).

De 126 a 151 m son arenas de matriz ligeramente arcillosa, pasando luego a arenas limpias hasta los 171 m en que se empieza a cortar granito.

- 2) Densidades de tramos, obtenidas de las testificaciones gamma-gamma calibradas facilitadas por ENDESA.

La densidad se mantiene muy constante en los grandes tramos presentando una transición suave en las alteraciones; cambios realmente bruscos de densidad sólo se dan en los tramos de lignito.

Puede ajustarse una densidad media en las arenas de $2,35 \text{ g cm}^{-3}$ hasta los 80 m, pasando a $2,02 \text{ g cm}^{-3}$ para las arcillas, hasta los 126 m. El lignito se sitúa en $1,24 \text{ g cm}^{-3}$. Desde los 126 m al final, puede tomarse $2,5 \text{ g cm}^{-3}$, sin mayores variaciones.

- 3) Velocidades de tramos, a partir de los datos de la testificación sónica.

Para el primer paquete de arenas y arenas con matriz arcillosa se ha adoptado una velocidad de 1800 m/s y 1700 m/s respectivamente, teniendo así en cuenta las indicaciones de velocidad media del ensayo de "up-hole" y las velocidades de corrección dinámica en esos tramos. Para el paquete arcilla-lignito, se ha tomado 1600 m/s y para el último tramo

de arenas se ha mantenido 2.250 m/s hasta los 146 m, pasando luego a 2.050.

En el registro sónico puede apreciarse que la velocidad disminuye suavemente según aumenta el contenido en arcillas, por lo que los saltos representados por los puntos 1-2 y 10-11 no son muy reales. Como ya dijimos anteriormente, no se observa cambio de velocidad neto en los lignitos; el único cambio brusco del registro se da para la variación en las arenas (punto 11 y 12).

- 4) Variación de las impedancias acústicas en función de la profundidad, como producto de velocidad x densidad en cada tramo.

Los contrastes $\left(\frac{v_1 d_1}{v_2 d_2}\right)$ más importantes (valores más alejados de la unidad) se dan para las alternancias lignito-arcilla (1,63 y 0,61), siendo intermedio para el contacto arenas arcillosas-arcilla (1,23) y muy pequeño para los cambios de arena limpia a arena arcillosa (1,06 y 1,09).

La situación puede ser distinta en otras partes de la cuenca, donde el paso de arenas-arcillas se hace sin intermedio de tramos de arenas arcillosas. En este caso el contraste de impedancias sería de 1,3. Igualmente, el paso lignito-arenas se acusaría con contraste 0,35.

Es importante resaltar pues, que las variaciones en el sistema de deposición en la cuenca, que ponen de manifiesto las distintas columnas de los sondeos mecánicos, dará lugar a alteraciones de los contrastes de impedancia acústica, tanto en vertical como en cambios laterales, que deberán producir reflexiones de distinto carácter, amplitud y continuidad para un mismo horizonte aparente.

5) Coeficientes de reflexión, obtenidos mediante

6)

$$R = \frac{V_2 d_2 - V_1 d_1}{V_2 d_2 + V_1 d_1}$$

En definitiva, es otra forma de representar los contrastes de impedancia acústica. Las superficies limitadoras del lignito reflejarán un 24% de la energía que reciben. Los cambios en las arenas (1 y 12) sólo reflejan el 3 ó 5%. Los cambios arenas-arcillas del 10 al 14%. Consecuencia de esto es la curva nº 6, que representa la energía transmitida en función del tiempo, para el 100% de la emitida por la fuente superficial. Se aprecia que el efecto "amortiguador" de las capas de lignito, aunque su potencia sea pequeña, es, al menos teóricamente, enorme: sólo el 8% de la energía emitida queda disponible para reflejarse en el fondo de la cuenca (contacto arena-granito).

Aunque no se dispone de datos de velocidad y densidad del

granito, éste puede reflejar probablemente hasta un 30% de la energía que recibe, lo que es sólo un 2-3% de la emitida.

Estas consideraciones pueden servir de ayuda en la explicación del carácter del reflector adjudicado al fondo de cuenca en las secciones, y a su difícil observación en algunos casos, sobre todo cuando se ha efectuado un proceso con preservación de las amplitudes relativas.

En el gráfico se representan en círculos los metros que separan los distintos coeficientes.

- 7) Basándonos en las profundidades marcadas para los contactos en los sondeos mecánicos y en las velocidades, se han obtenido los tiempos (dobles) en que se produciría el momento inicial (tiempo cero) de cada reflexión.

En el gráfico se representa en un círculo los milisegundos que separan cada inicio de reflexión.

Es evidente que señales separadas 2 m/s no pueden resolverse, es decir, no pueden identificarse por aislado.

Para frecuencias de 500 Hz ($T = 0.002$ s) y las velocidades de las arcillas (1600 m/s) se obtienen longitudes de onda de 3 m. Como la frecuencia más probable que se considere con los pisones Wacker puede ser de 100 Hz ($T = 0,01$ s),

las longitudes de onda de las señales reflejadas en las pequeñas alternancias de lignito-arcilla, serían de 16 m. Como estas capas están separadas de 1 a 3 m, todas las reflexiones se confundirían en una, si fueran del mismo signo. Dada la alternancia de signos de los coeficientes de reflexión, lo que ocurrirá es que estas señales se anularán mutuamente.

Esto es lo que representa el esquema 10, para señales de 50 Hz.

Se concluye por tanto que estas pequeñas intercalaciones de lignitos, aparte de dificultar la transmisión de la energía sísmica a zonas más profundas, serán invisibles en la sección sísmica.

Para diversas frecuencias de energía y las distintas velocidades presentes, se obtendrían las siguientes longitudes de onda de señales reflejadas

| | 50 Hz | 100 Hz | 200 Hz |
|-------------|---------------|---------------|--------|
| V m/s | λ (m) | λ (m) | |
| 1.800 | 36 m | 18 m | 9 m |
| 1.700 | 34 | 17 | 8,5 |
| 1.600 | 32 | 16 | 8 |
| 2.250 | 45 | 23 | 11 |
| 2.050 | 41 | 21 | 10 |

Por tanto, la resolución de las demás interfases tampoco es posible con frecuencias inferiores a 200 Hz.

- 8-9) Se representa de nuevo las distintas impedancias acústicas, ahora en función del tiempo, junto con el resultado de hacer una convolución gráfica de una señal de 50 Hz (0,02 s de período) con la función de coeficientes de reflexión. - Quedarían indentificables: la interfase 1 (arenas-arenas ar cillosas), aunque de poca intensidad, la interfase 2 (en- trada en arcillas); la interfase 9 (entrada en lignito po tente); la interfase 10 y 11 juntas (salida de lignito y salida de las arcillas) y la interfase 12 (cambio de conte nido en arcillas de las arenas).

Naturalmente, a mayores frecuencias, mejorará algo la reso lución. No obstante este gráfico ya dá una idea de los des^u fases (como mínimo de 10 ms) entre los tiempos "cero" de cada reflexión y la posición de los picos de ondas que le son asimilables, así como de la combinaci^on de señales, que puede dar "falsos" reflectores (señal entre 2 y 9).

El pretender por tanto en estas condiciones el establecer una correspondencia única entre reflectores de la sección sísmica e interfases de las columnas estratigráficas no sé rá siempre posible.

Los valores de densidad y de velocidad de las capas se han empleado para otra zona de la cuenca, como el sondeo n° 4. En este, el paquete de arenas-arcillas es de mayor potencia que en el borde de la cuenca. El paquete de arcilla-lignito es sin embargo menos potente, aunque aquí no se presentan pequeñas intercalaciones de lignito; es decir, la columna estratigráfica presenta variaciones en potencias de tramos, que tendrán que reflejarse en su comportamiento sísmico. Se han calculado los coeficientes de reflexión, tiempos dobles de inicio de reflexiones, contrastes de impedancia acústica y convolución gráfica de onda de 50 Hz (gráfico n° 4). En este último gráfico se observa que las señales debidas al cambio en las arenas (1) y entrada en arcillas (2) están bastante más distanciadas que en el sondeo 70, por lo que aquí será más posible su diferenciación. Sin embargo no será posible distinguir entre entrada o salida de arcilla a lignitos, sumándose las señales - $((2 + 3) \text{ y } (4 + 5))$.

Una importante diferencia es además que en estas condiciones puede llegar a la superficie del granito el 40% de la energía, en vez del 8%.

En conclusión de este análisis, las continuas variaciones en alternancia de capas con distintos contenidos en arcilla-

llas, hace que el signo de los coeficientes de reflexión cambie, con pequeños intervalos de separación, lo que ocasiona la anulación de ondas.

Cuando los coeficientes de reflexión sean del mismo signo, se producirán adiciones de ondas reflejadas, desplazando el máximo de amplitud cantidades importantes desde el tiempo "cero" teórico. (Ver columnas de los sondeos S-19 y S-70).

Cuando el lignito se presente en capas seguidas de pequeña potencia (ver S-1 y S-16), puede suceder que se cancelen las reflexiones.

Las amplitudes de las secciones de los perfiles 1,2 y 3 son poco significativas, mientras que en los otros perfiles, procesados en amplitud relativa, las variaciones de amplitud sí que pueden asimilarse más fielmente a variaciones litológicas. En este sentido, el horizonte sísmico que se puede adjudicar al cambio arenas-arcilla, se confundirá con el cambio arcilla-lignito; en situaciones como las del sondeo S-11 y S-12, donde hay un paquete más importantes de arcilla antes del lignito, puede aparecer un reflector que los detecte, reflector que desaparecerá en situaciones como las del S-4 y S-7.

Situaciones tan dispares como los presentados en el perfil

5 para el S-12 y el S-70, hace que la multiplicidad de variaciones de coeficientes de reflexión a lo largo del perfil, prácticamente imposibiliten el seguimiento de estas capas, quedando como único horizonte sísmico real el lignito.

5.4. Sismogramas sintéticos

De la sección geológica del perfil sísmico 1, deducida de los sondeos mecánicos (copia en Anexo), se han construido dos modelos. En el primero, se ha adoptado una velocidad de 1.750 m/s para las primeras arenas, consideradas homogéneas, 1.600 m/s para el paquete arcilla-lignito, 2.200 m/s para la segunda capa de arenas y 4.000 m/s para el granito, habiéndose situado la interfase de éste de 15 a 40 m por debajo de lo indicado en los sondeos mecánicos, a fin de reflejar la posible situación del granito no alterado.

En el segundo modelo se ha diferenciado la capa de lignito, adjudicándole además una velocidad de 1.350 m/s para que se destaque de las arcillas, en el sismograma.

Según estos modelos, de los que se reproduce una parte en los gráficos nos. 5 y 6, la detectabilidad del basamento,

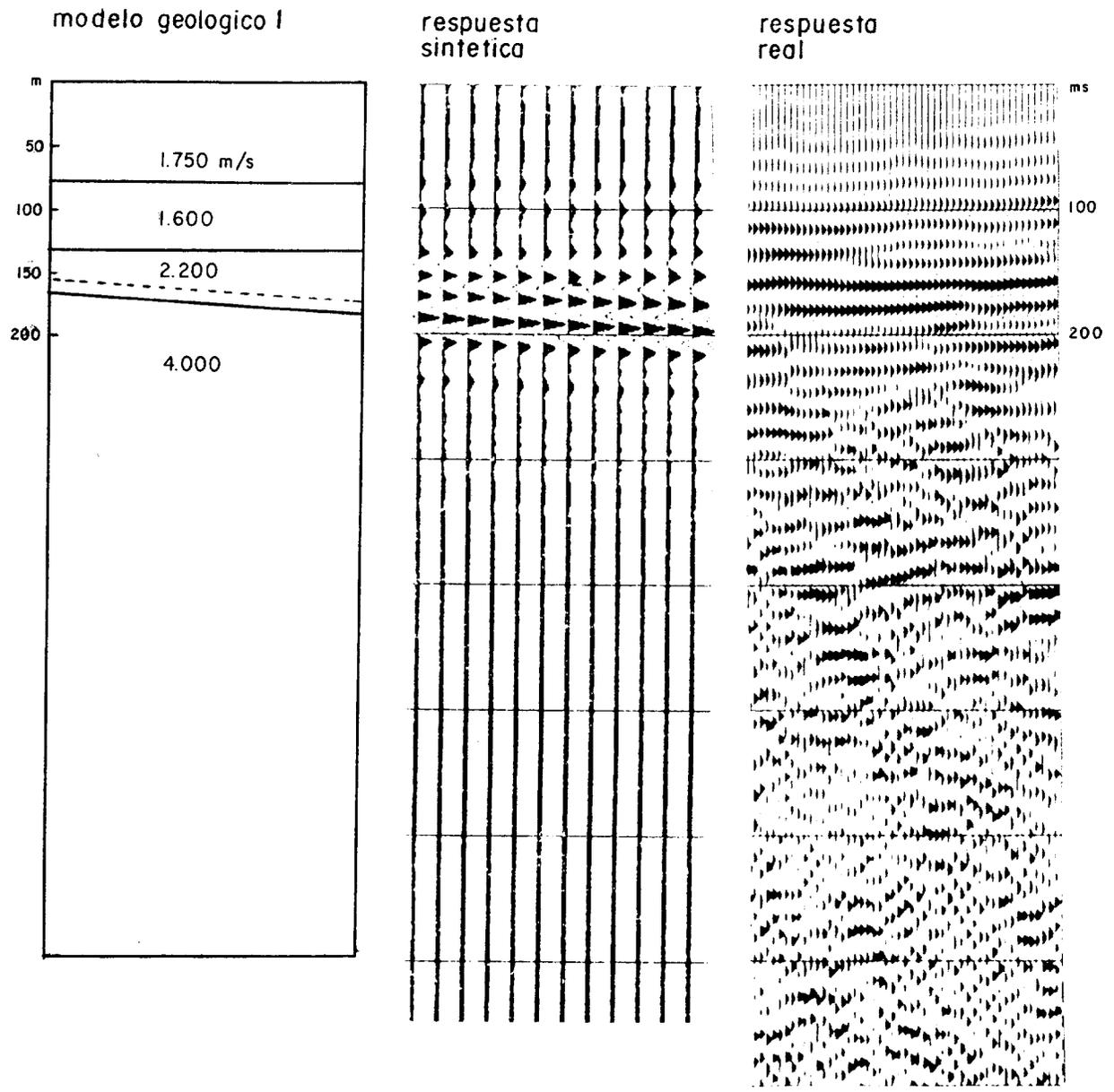


Grafico nº 5a. Sismogramas sinteticos. Modelo 1

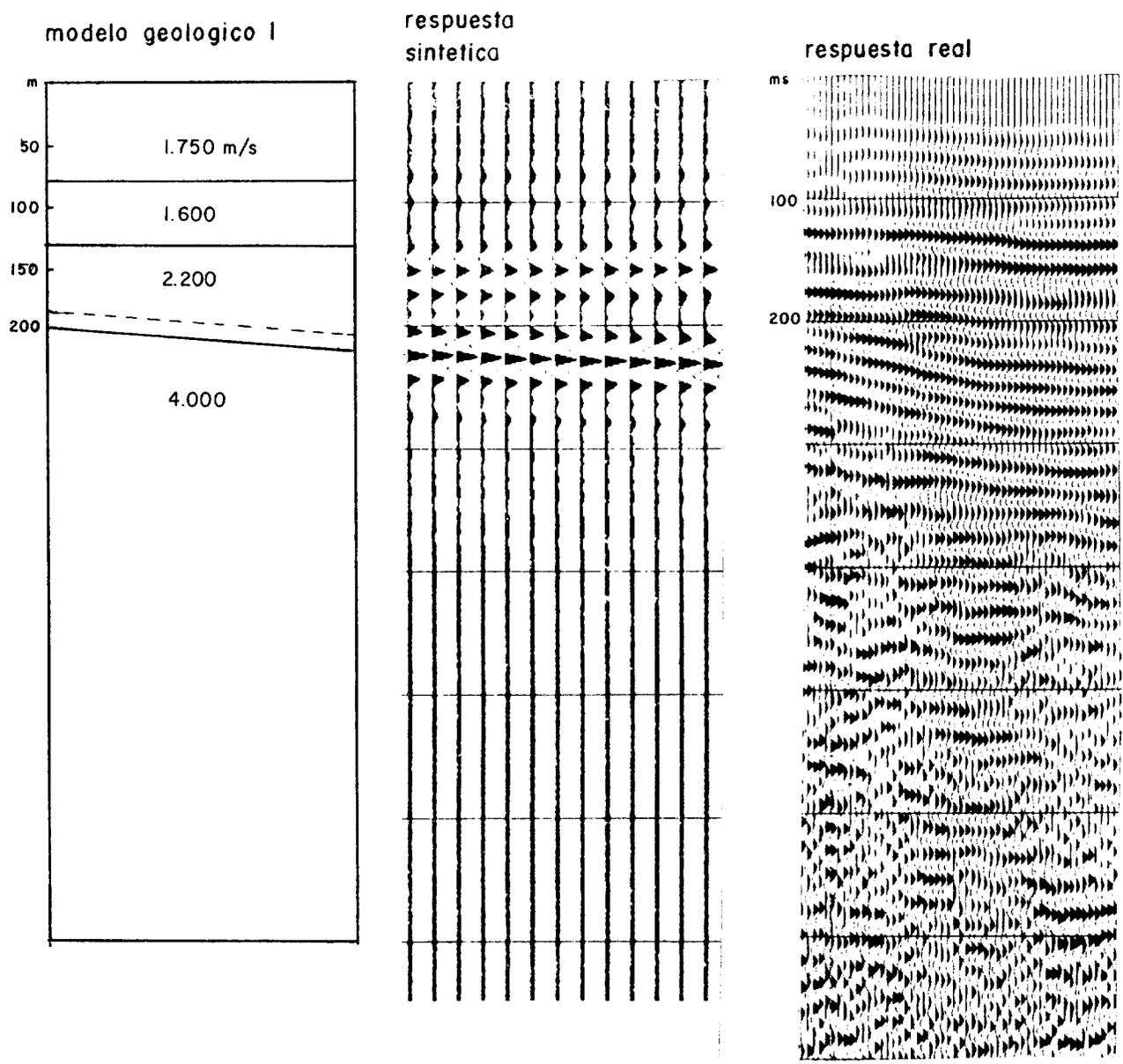


Grafico nº 5b. Sismogramas sinteticos. Modelo I

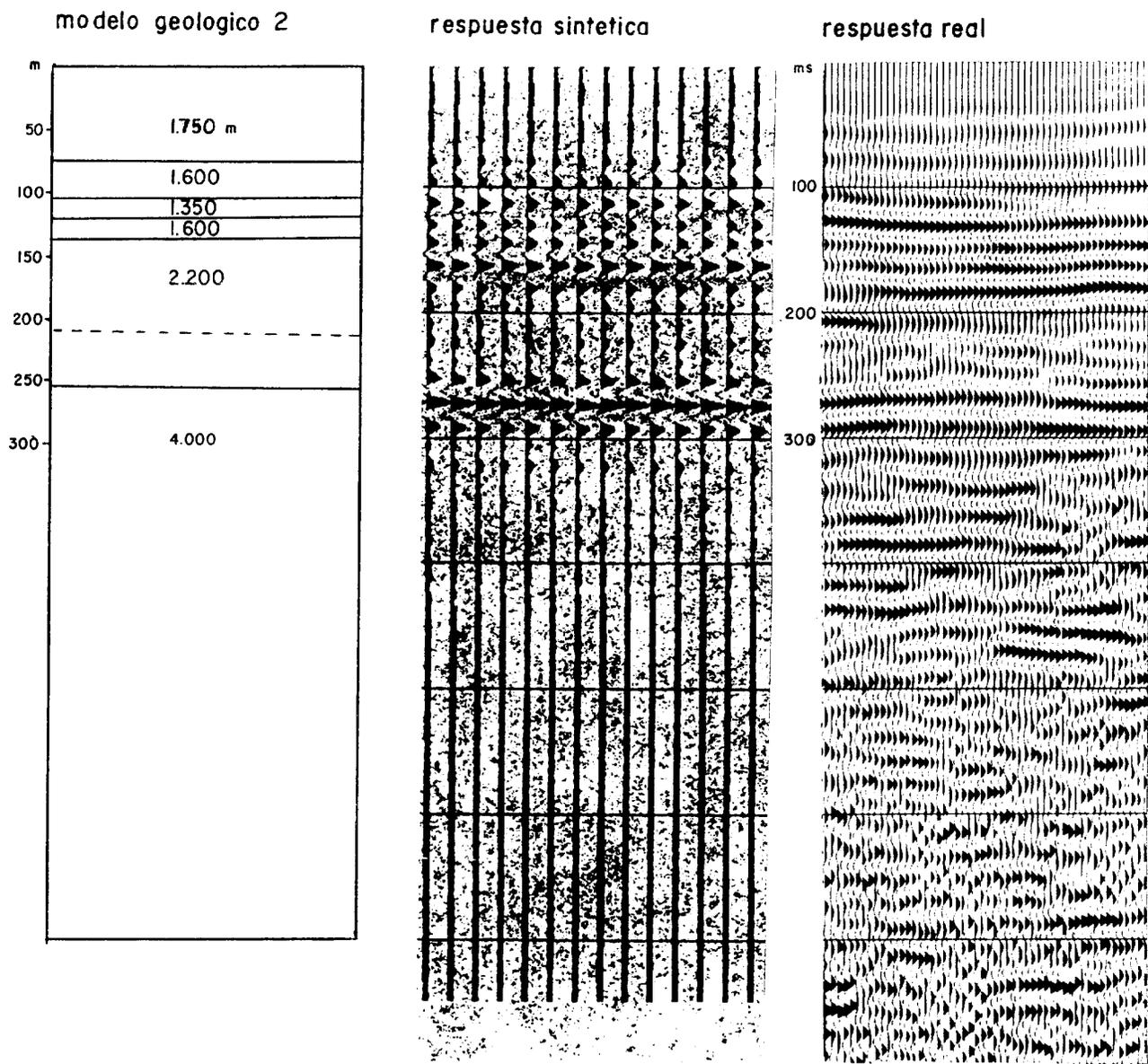


Grafico nº 6 a. Sismogramas sinteticos. Modelo 2

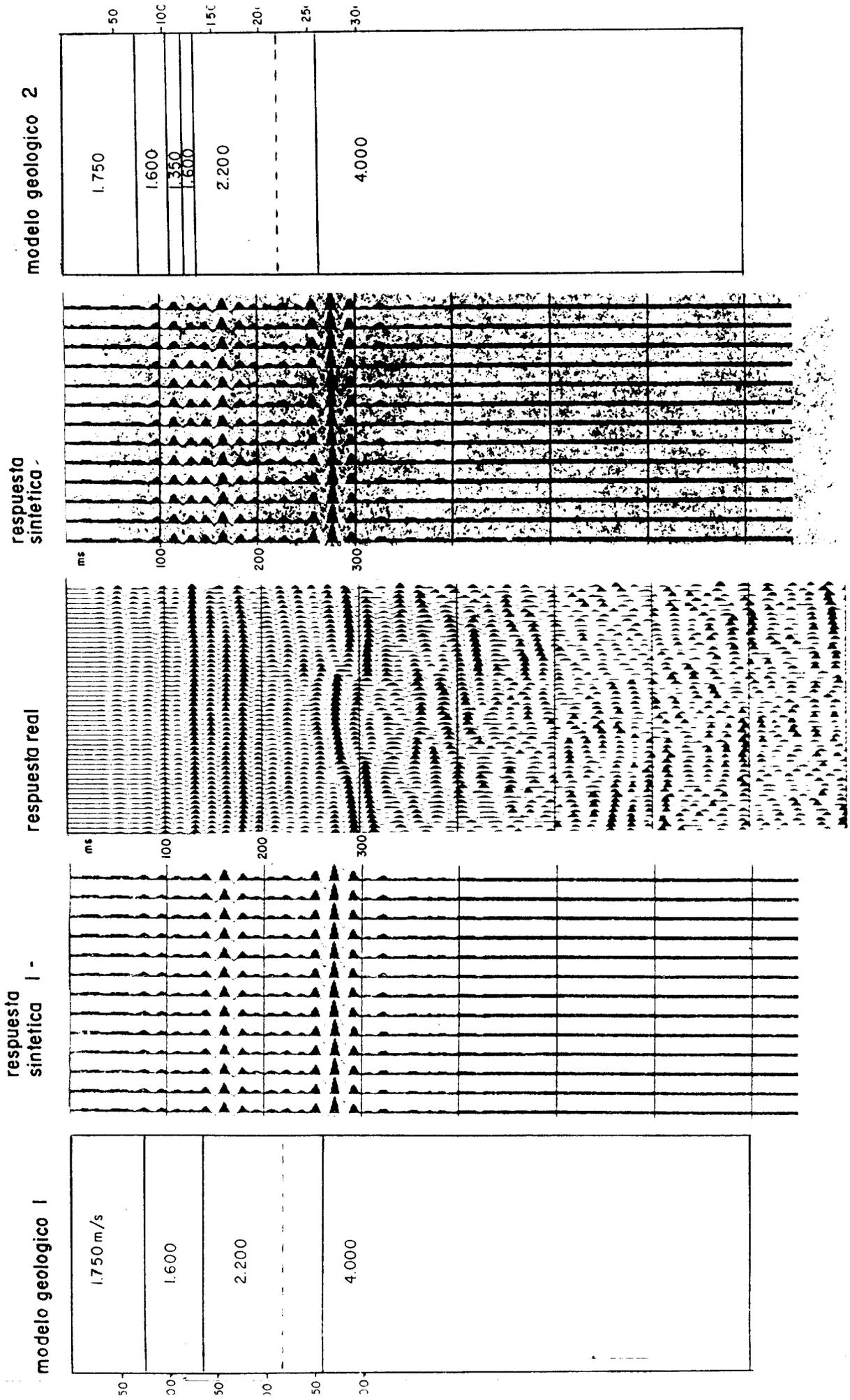


grafico nº 6b Composición de sismogramas sintéticos del modelo 1 y modelo 2

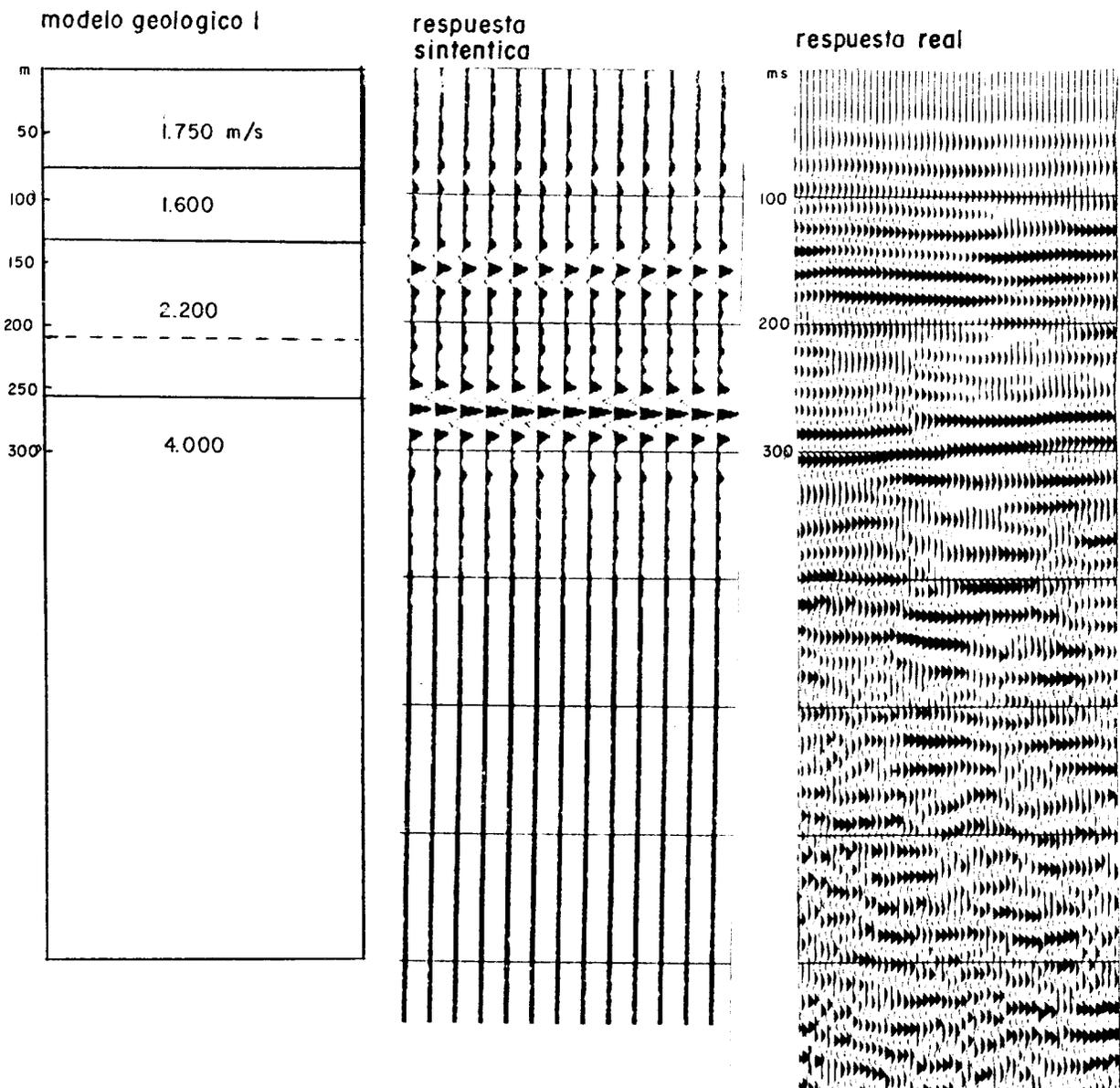


Grafico nº 5c Sismogramas sinteticos. Modelo I

único aspecto que quedaba por esclarecer en los análisis de coeficientes de reflexión, es posible, y sitúa además esta superficie por debajo de lo indicado en los sondeos mecánicos.

Las señales de reflexión de las distintas interfases, se sitúan dentro de unos 100 ms.

La correspondencia entre la sección geológica y el modelo sintético es bastante buena, apoyando nuevamente la identificación de reflectores.

5.5. Identificación y seguimiento de los reflectores.

Como resultado de los anteriores análisis, se han trazado los siguientes reflectores:

- A) Marcado de color amarillo y adjudicado a la superficie de separación de arenas limpias a arenas de matriz arcillosa ó arcilla, cuando este sea el cambio.
- B) Marcado de color verde, se identifica con el cambio al lignito o a las arcillas, según sea la situación, o a la suma de ambos cuando ambos tramos están presentes , con poca potencia de arcilla.
- C) De color marrón, identificada la señal reflejada en

la salida de lignito-arcilla-arcillas arenosas en arenas más limpias.

D) De color naranja, sitúa el fondo de cuenca, como contacto con el granito fresco.

E) De color azul es el posible reflector del cambio arenas-granito descompuesto.

Para los diferentes sondeos mecánicos de los que se tiene información, adoptando las velocidades anteriormente dichas de:

1800 m/s primer tramo de arenas
1600 m/s tramo de arcilla-lignito
2050 m/s segundo tramo de arenas,

se establece el siguiente cuadro de seguimiento de reflectores:

| <u>REFLECTOR</u> | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>C</u> | <u>E</u> | <u>SONDEO</u> |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| Z profundidad m | 80 | 100 | 135 | 160 | SM-1 |
| T tiempo doble ms | 89 | 112 | 156 | 178 | |
| Z | 50 | 115 | 140 | 195 | SM-8 |
| T | 55 | 118 | 162 | 211 | |
| Z | 70 | 110 | 137 | 202 | SM-7 |
| T | 76 | 126 | 160 | 219 | |
| Z | 65 | 115 | 145 | 205 | SM-4 |
| T | 70 | 133 | 167 | 222 | |
| Z | 70 | 115 | 150 | 215 | SM-10 |
| T | 75 | 133 | 177 | 239 | |
| Z | 69 | 113 | 147 | 207 | SM-11 |
| T | 77 | 132 | 175 | 230 | |
| Z | 65 | 105 | 130 | 160 | SM-12 |
| T | 70 | 120 | 151 | 178 | |
| Z | 65 | 120 | 162 | 240 | SM-16 |
| T | 70 | 126 | 191 | 261 | |
| Z | 96 | - | 180 | 247 | SM-9 |
| T | 107 | - | 212 | 273 | |
| Z | 95 | 116 | 155 | 242 | SM-5 |
| T | 105 | 131 | 180 | 259 | |
| Z | 56 | 117 | 155 | 225 | SM-19 |
| T | 61 | 136 | 184 | 248 | |
| Z | 48 | 115 | 148 | 220 | SM-20 |
| T | 53 | 137 | 178 | 243 | |
| Z | 50 | 108 | 128 | 172 | SM-70 |
| T | 55 | 125 | 150 | 190 | |

Estos tiempos serían los de inicio de cada reflexión, por lo que los picos de onda vendrían con desfases de hasta ± 10 ms. Por otra parte, la superficie tomada en los sondeos mecánicos como perteneciente a un cierto reflector, puede no ser la que realmente se identifica en el tiempo dado, tanto por la compleja alternancia de capas, como por que la onda tomada puede ser resultado de la adición de varios reflectores, según se expuso anteriormente.

El mejor comentario sobre las secciones y la información - que suministran, es su detenida observación.

Como guía para ello, pueden destacarse lo siguiente:

En el reflector B, el carácter de la onda puede asimilarse a la presencia de mayor o menor potencia de lignito, sobre todo por la continuidad e intensidad del pico central. Compárese p.e. su aspecto bajo el SM-4 y SM-9.

Quedan manifestadas en las secciones sísmicas las diferentes variaciones de capas y naturaleza de éstas, por ejemplo la presencia de arcilla encima del lignito en SM-11 en comparación con su ausencia en SM-7; la variación de la naturaleza del recubrimiento antes del lignito a lo largo del perfil 7, desde el sondeo SM-4 al SM-20, etc.

Se refleja igualmente la potencia relativa de tramos: p.e. el paso de unos 40 m. de arcilla-lignito en el sondeo SM-1, a unos 80 m. en el sondeo SM-9, a lo largo del perfil 2. Esto no quiere decir que pueda establecerse una correspondencia inequívoca entre litología y reflectores, sino que el carácter de las reflexiones, como ya se ha explicado, es indudable que contiene información sobre las capas que lo reflejaron, no siempre posible de distinguir y menos aún de separar.

Las pendientes indicadas en las secciones de tiempo para los hundimientos del granito, deben ser mayores en una sección - en profundidad, ya que al aumento de tiempos habría que añadir un aumento de las velocidades. Queda patente además una variación en el espesor de la zona de granito descompuesto, por diferencias - entre los horizontes D y E.

En el plano n° 5 se representan las isocronas medias del horizonte D, adjudicable al granito fresco; la situación reflejada es una de las posibles alternativas de trazado.

En las secciones, puede apreciarse para este horizonte algunas fallas bastante claras. Por ejemplo en el P1-PS 510, P7-PS 200, P5-PS 200, P3-PS 560, P3-PS 620, P3-PS 670 y P2-PS 580, de 10 a 20 m. de salto.

La variación en profundidad del horizonte B se refleja en

el plano n° 6. Las fallas observadas en el basamento, se manifiestan por ondulaciones de este horizonte, extendiéndose en zonas de 200 a 300 m. Es decir, parece como si la capa de lignito-arcilla no estuviera sometida a un sistema de fallas propiamente dicho, si no que siguiera un paleorelieve previamente formado por la tectónica del basamento. Se observan algunos saltos importantes, sobre todo en el P2, donde puede llegar hasta 20 m. En otros puntos puede sin embargo observarse claramente saltos bruscos en lignito: por ejemplo en P4-PS 190 y P7-PS 195, que no deben sobrepasar los 7-10 m.

La disposición aparente de falla inversa en P6-PS 245 puede ser debida a una elevación del basamento entre ésta y P6-PS 200.

Por todas las razones ya expuestas, es evidente que el horizonte B no refleja en todo momento la posición del techo del lignito. Las profundidades del plano n° 6 se han obtenido por elección de una línea de tiempos de pico en el nivel B, continuada por la intersección de perfiles a todas las secciones y mediante calado de profundidad en el sondeo mecánico n° 10. La coincidencia con los restantes sondeos es buena, salvo en los números 16 y 20.

Finalmente, de nuevo una advertencia, quizás innecesaria,

sobre la presentación de las secciones interpretadas: se ha utilizado un código de colores para marcar la continuidad de los reflectores, y éste es por tanto el único significado que debe darse a la coloración.

En la sección del perfil 5, bajo las estaciones 120 a 140 y entre 400 y 700 ms, hay un fenómeno anómalo producido por fallo del sistema de registro en esos puntos de tiro, sin mayores consecuencias.

5.6. Comparación con la información obtenida de los S.E.V.

En el Anexo se acompañan los cortes geoeléctricos correspondientes a los perfiles sísmicos. En el plano nº6 se ha superpuesto la información de los sondeos mecánicos, la interpretación de las secciones sísmicas y de S.E.V.

Conclusión de estos cortes es que la información geoeléctrica acusa claramente la presencia de una capa resistiva y dá una idea del orden de magnitud de su profundidad, potencia y disposición. Esta capa poco resistiva es fundamentalmente, la capa de lignito. El corte geoeléctrico no proporciona casi ninguna información del basamento. Es notable, no obstante, que la posición dada para ésta en algunos S.E.V., es más profunda que la de los sondeos mecánicos, lo que coincide con la sísmica y corrobora la hipótesis de una potente zona de alteración en el granito.

La aportación, por lo tanto, de los perfiles sísmicos a la información geoeléctrica y de sondeos mecánicos, podemos concretarla en los siguientes puntos:

- 1) Cuantifica con más exactitud la profundidad de los distintos niveles.
- 2) Detecta bien el fondo de cuenca y su morfología.
- 3) Permite un seguimiento continuo de los horizontes.
- 4) Permite situar posibles zonas falladas.

Madrid, marzo 1983

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan L. Plata', written in a cursive style with a long horizontal stroke extending to the right.

Fdo.: Juan Luis Plata Torres