

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

**ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SEDT DE LA REGIÓN
LOS MONEGROS (PROVINCIAS DE ZARAGOZA Y HUES-
CA)**





Ref. Madrid, Tomo 9372, Libro 3436 de Sociedades, Hoja B7206, Folio 116, C.I.F. A - 01 63

INDICE



INDICE

	Pags.
1.- INTRODUCCION	1
2.- TRABAJOS REALIZADOS	5
2.1. EQUIPO DE REGISTRO Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS	10
3.- CONTROLES Y CALIBRACIONES	20
4.- PROCESADO DE DATOS	33
5.- RESULTADOS	41
6.- CONCLUSIONES	85
6.1. EL METODO	86
6.2. LA INTERPRETACION	99
7.- RECOMENDACIONES	101

A N E X O: PLANOS



1.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS

Dentro del marco del proyecto MAGNA-EBRO 1 está previsto un programa de trabajos complementarios entre los que se contempla la realización de diversas campañas de geofísica centradas en Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempos (S.E.D.T.), Líneas Sísmicas y Sondeos de Investigación.

Este estudio se refiere a los trabajos correspondientes a la Campaña de Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempos que C.G.S. ha llevado a cabo en el sector centro-occidental de la Cuenca del Ebro, abarcando parte de las provincias de Zaragoza y Huesca.

El objetivo general del presente estudio geofísico consiste en aportar un nuevo tipo de información del subsuelo que complemente la ya existente, procedente esencialmente de líneas sísmicas y diagráfiás de sondeos de las investigaciones para petróleo que se han llevado a cabo durante años en este sector de la Cuenca del Ebro.

Asimismo, se ha contemplado como objetivo más específico la evaluación de las posibilidades y prestaciones del método electromagnético en medios con materiales conductores y, concretamente, la detección y seguimiento, en extensión y profundidad, de las formaciones arcillosas terciarias de cierta continuidad lateral, de edad Oligocena y Oligo-Miocena, presentes en el área de estudio.

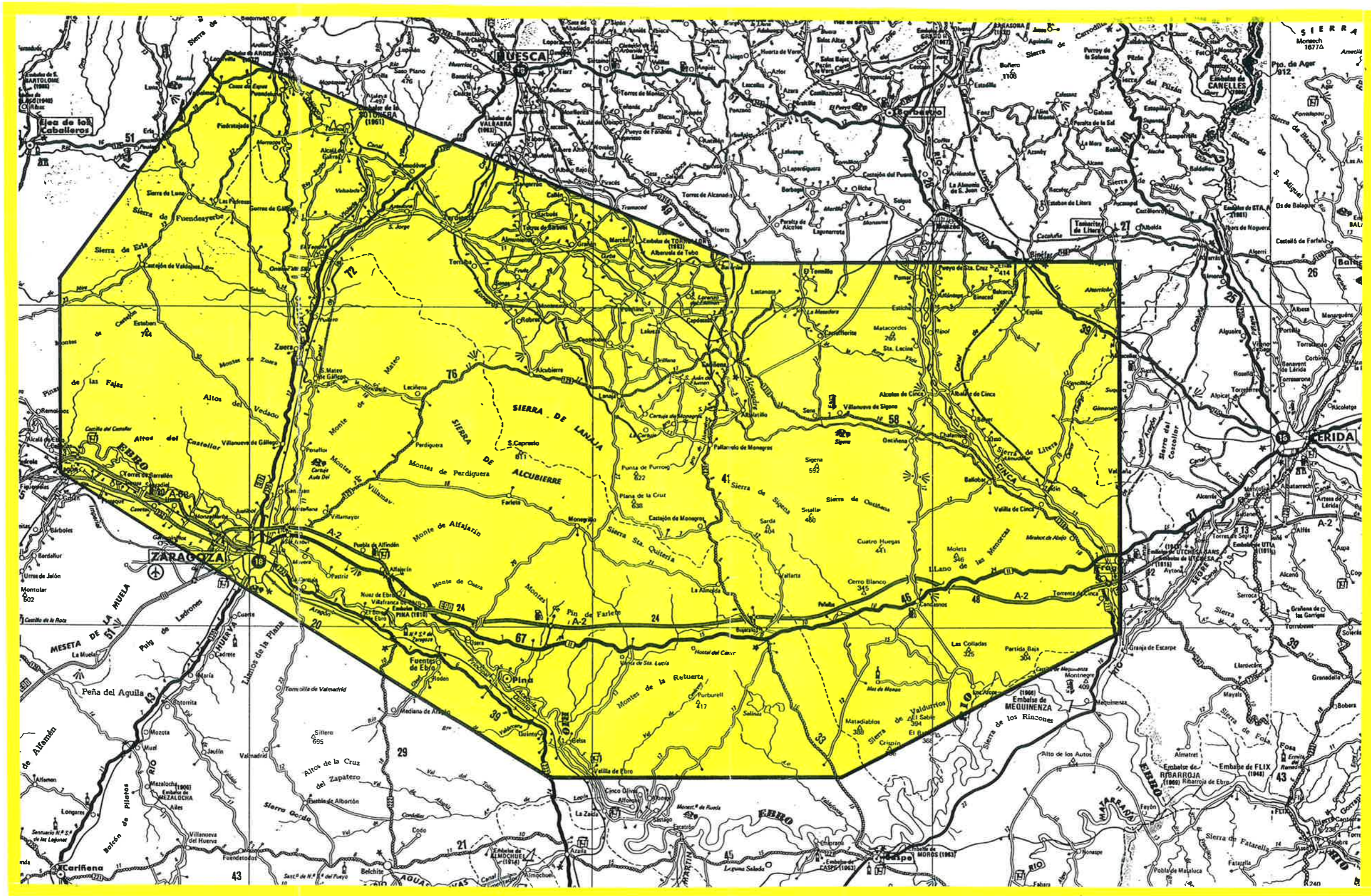


FIGURA 1: SITUACION DEL AREA DE ESTUDIO (E: 1/500.000)

El presente Informe consta, por tanto, de los siguientes puntos:

- * Descripción de los trabajos realizados, con especial atención a los equipos empleados y al procesado de los datos.
- * Interpretación de los resultados, perfil a perfil y con una visión regional.
- * Conclusiones obtenidas y una valoración de los resultados del método electromagnético en estas campañas.

2.- TRABAJOS REALIZADOS

2.- TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos de geofísica que centran este Informe, es decir, los SEDT, se han desarrollado durante cuatro etapas, entre los años 1990 y 1992. Su distribución en el tiempo y características están reflejadas en el Cuadro n° 1.

	FECHA DE REALIZACION	EQUIPOS DE MEDIDA	TAMAÑO BUCLE	NUMERO SONDEOS EM	PERFILES
1ª FASE	30-VII-90 10-X-90	SIROTEM MK II SE	300 x 300	205	PEM-9, PEM-9 (bis), PEM-1, PEM-3, PEM-6
SONDEO PALLARUELO	XII-90	SIROTEM MK II SE	50 x 50 100 x 100 300 x 300 400 x 400	13 13 13	
2ª FASE	VI-91 X-91	SIROTEM MK II SE SIROTEM MK III SE	300 x 300	693 7 repeticiones	PEM-1, PEM-2, PEM-3, PEM-4, PEM-5, PEM-6, PEM-7, PEM-8, PEM-9
3ª FASE	XII-91 II-92	SIROTEM MK II SE	300 x 300		

CUADRO N° 1

La programación inicial de los primeros perfiles sobre los que se debían ubicar los SEDT (1ª Fase del Cuadro 1), se llevó a cabo en función de una serie de factores, entre los que cabe destacar la posición de los sondeos de investigación petrolera, que indicaban la presencia de las formaciones de interés para el estudio. También se tuvo en cuenta la disposición de las líneas sísmicas que presentaban mayor calidad con el fin de que sirvieran de apoyo a la hora de analizar los perfiles de SEDT y de evaluar este método.

Completada la interpretación de estos primeros perfiles y con el apoyo de la información geológica y de las líneas sísmicas y sondeos existentes, se decidió llevar a cabo un sondeo de investigación en la zona de Pallaruelo de Monegros. Entre la 1ª y la 2ª campañas de SEDT se realizó un pequeño estudio que fue

concebido exclusivamente como estudio previo al emplazamiento del sondeo de investigación Pallaruelo-1.

En este sector se realizaron 29 SEDT de diferente tamaño de bucle (50x50 m, 100x100 m, 300x300 m y 400x400 m) en 13 emplazamientos. El motivo de la utilización de diferentes tamaños de bucle fue conocer con la mayor precisión posible la respuesta del método en diferentes rangos de profundidad.

Posteriormente, en las fechas indicadas en el Cuadro 1, se acometió la realización de la segunda fase de SEDT. En esta campaña se pretendió cubrir de una manera homogénea la zona de estudio a partir de una red de perfiles ortogonales de dirección aproximada NO-SE y NE-SO.

Por último, en la tercera fase, se completaron los perfiles de las anteriores y se intercalaron algunos perfiles nuevos en las zonas consideradas más interesantes desde el punto de vista geológico de acuerdo con la respuesta y el aporte de información suministrada por el método.

En el plano 1 (E: 1/200.000) se recoge la disposición de los perfiles de SEDT realizados durante el Proyecto y de los sondeos de petróleo y de investigación que, en mayor o menor medida, han condicionado su implantación. En los planos nº 2 al 15 del Anexo se presenta, sobre Hojas E: 1/50.000 del M.T.N., la posición exacta de los diferentes SEDT realizados sobre cada uno de los perfiles, especificándose, además, la campaña a la que pertenecen.

En la figura 2 se presenta un esquema de distribución espacial de los perfiles del estudio, períodos de registro y densidad de las mediciones.

El número total de SEDT medidos fue de 1049, pudiéndose observar la distribución de éstos según perfiles en el Cuadro nº 2.

PERFIL	SEDT	Nº SEDT
PEM-1	17	Del 1256 al 1316; del ON al 36N; del 21 al 26; del 1380 al 1429; del F1 al F29
PEM-2	162	Del 1183 al 1214 (incluye el 1125); del H-226 al H-256; del 27 al 64; del 1346 al 1357; del 1476 al 1480; del 1438 al 1442; del 1583 al 1595
PEM-3	31	Del 1465 al 1475; del 1 al 20
PEM-4	69	Del 1430 al 1437; del 1443 al 1448; del 73N al 123; del 1376 al 1379
PEM-5	53	Del 1317 al 1345; del 37N al 44N; del 45 al 50; del 64N al 72N
PEM-6	95	Del 1 al 26; del 65 al 105; del H201 al H224; del 51N al 63N
PEM-7	55	Del 1126 al 1182
PEM-8	40	Del 1215 al 1255
PEM-9	59	Del 1 al 47; del F-15 al F-24; del F-30 al F-31
PEM-9BIS	9	Del 66 al 74
PEM-10	170	Del 1001 al 1124; del F-1 al F-29; del 48 al 65
PEM-11	25	Del 1449 al 1464; del 1499 al 1507
PEM-12	10	Del 1573 al 1582
PEM-13	12	Del 1481 al 1493
PEM-13 BIS	5	Del 1494 al 1498
PEM-14	32	Del 1541 al 1572
PEM-14 BIS	6	Del 1535 al 1540
PEM 15	27	Del 1508 al 1534

CUADRO N° 2

2.1. EQUIPOS DE REGISTRO Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS

Los equipos utilizados para la toma de datos de campo fueron sistemas SIROTEM en sus versiones MK II SE y MK III SE, dispuestos tal como se detalla a continuación:

DISPOSITIVO EMISOR

- Bucle cuadrado de 300 x 300 m en todas las fases salvo en la zona de entorno del sondeo Pallaruelo-1 en la que, además, se trabajó con bucles de 50 x 50 m, 100 x 100 m y 400 x 400 m, respectivamente.
- Alimentación por baterías, proporcionando un total de 24 voltios. Se realizaron además pruebas utilizando un motor generador Honda de 2 KVA, y un estabilizador-rectificador MCI, capaz de suministrar voltajes entre 24 y 96 voltios. En la figura 5 se observa la similitud de las medidas obtenidas con ambos sistemas y su equivalencia una vez interpretadas.
- El sistema de alimentación por motor, conjuntamente con la unidad de control SATX-1, se utilizó para realizar periódicamente medidas de la rampa de disparo, observándose que no presentaban variaciones significativas (entre 370 y 380 μ s, en la primera fase, y sobre 500 μ s, en el resto de las fases).

Con la unidad SIROTEM III no es necesario utilizar ninguna unidad auxiliar. La rampa de disparo queda grabada.

- La intensidad de corriente en la primera fase se ha movido en el entorno de los 5A. El cable utilizado tenía una sección de 6 mm. En fases posteriores se

utilizó un cable de 10 mm de sección, con el agravante de ser más costoso de transportar y complicado de implantar pero con la ventaja de que se puede trabajar con una intensidad de corriente de 8 A.

DISPOSITIVO RECEPTOR

Se utilizaron dos tipos de dispositivo receptor:

1.- Bucle único

- Recepción con el mismo bucle emisor, utilizando para ello los tiempos de no emisión. En este caso el sistema quedó configurado de la siguiente manera:

Cadena de Emisión:

Baterías 24 voltios
Sirottem II SE o Sirottem III SE
Bucle

Cadena de Recepción:

Bucle
Sirottem II SE o Sirottem III SE

2.- Sondeo Central

- Recepción con la bobina multiespira RVR-1. El conjunto utilizado fue:

Cadena de Emisión:

Motor-generator Honda
Rectificador-Regulador MCI
Unidad SATX-1 de control de la emisión

Cadena de Recepción:

Bobina receptora RVR-1 (área equivalente 10.000 m²)
Sirottem II SE

La sincronización entre las cadenas emisora y receptora se realiza por medio de un sistema controlado un cristal de alta precisión

Para una obtención correcta de los datos en el receptor se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

- **Modalidad "standard" o "early"**. Aun habiéndose registrado ambas modalidades, la "standard" ha sido prácticamente la única utilizada en la interpretación. La razón se debe a que la mayor parte de los primeros canales de la modalidad "early" no son válidos al encontrarse en la zona oculta del SEDT. Sin embargo, el resto de los canales entra dentro de las ventanas de "standard" (ver figuras 3 y 4).
- **Número de canales**. Con el Sirotem MK II SE se ha seleccionado el número máximo de canales, es decir, 32, siempre, claro está, que en la parte final no hubiera muchos canales con ruido elevado, en cuyo caso convendría rebajar el número de canales. La experiencia ha permitido conocer que, en caso de no hacer esta reducción de canales, algunos aparecerían con ruido. Esta es la causa por la que con el equipo Sirotem MK III SE no se seleccionaron los 50 canales posibles, habiéndose seleccionado normalmente 40. A continuación, se muestran en las figuras 3 y 4 los tiempos de cada canal en los dos equipos.
- **"Stacking"**. El "stacking" se dispuso en 512 repeticiones. En presencia de alto nivel de ruido, éste se aumentó a 1024 repeticiones.
- **Ganancia**. La ganancia varía entre 0,1, 10 y 100. En la primera fase se trabajó con ganancias 1 y 100, comprobándose que la de mejor calidad era la ganancia 1, lo que condicionó que la mayor parte de las medidas de las sucesivas fases se trabajara con esa ganancia.

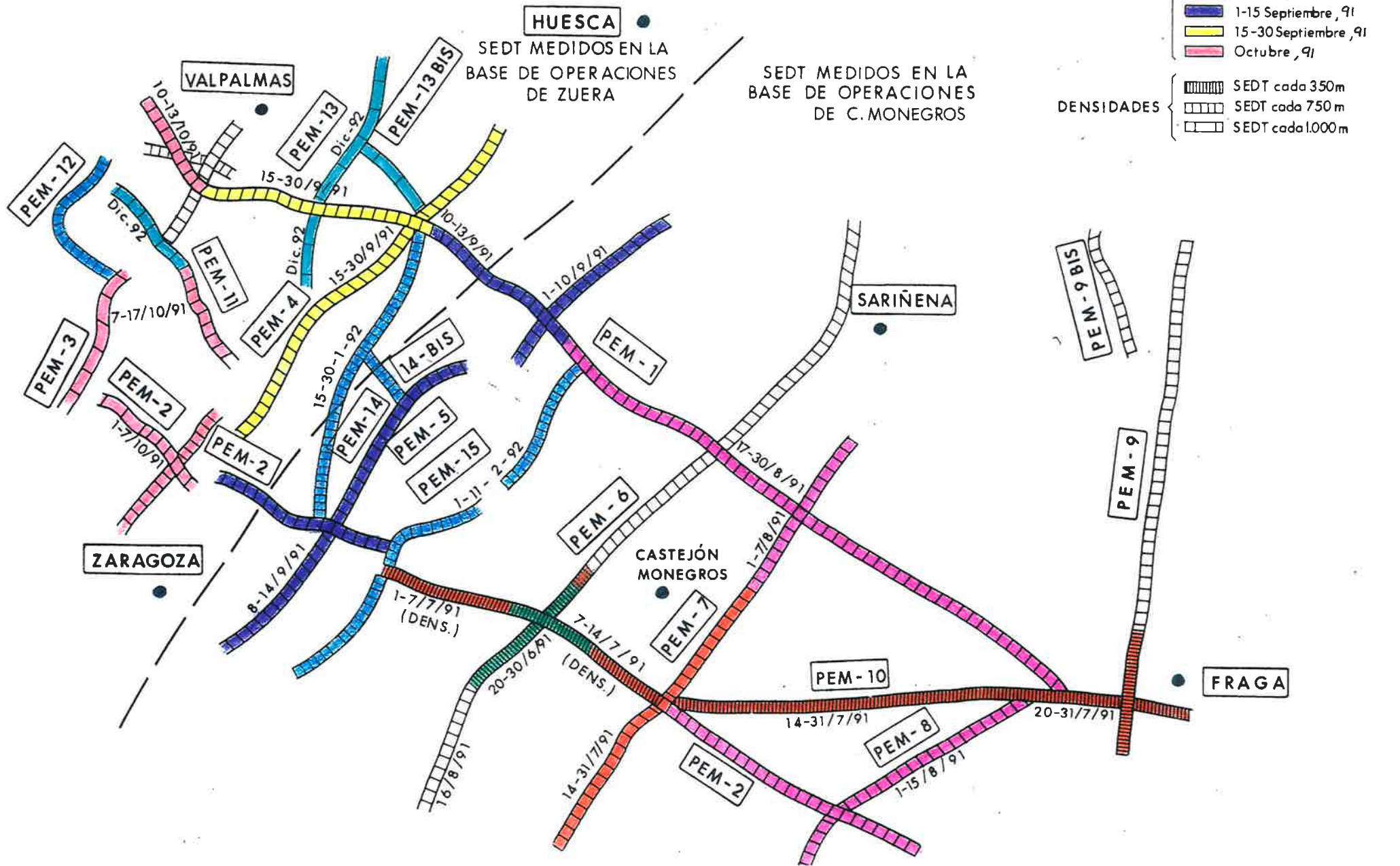


FIGURA 2

- **Comparación de los equipos.** Los SEDT de la segunda fase se realizaron con los dos equipos, Sirotek MK II SE y MK III SE. Para contrastar sus respuestas y comprobar su compatibilidad, se realizaron siete registros sobre otros tantos emplazamientos con ambos equipos. El importante grado de similitud en la respuesta puede observarse en las figuras 5, 6 y 7. En la superposición de ambas curvas, los mínimos desfases al principio y al final de las mismas es un efecto similar al observado al realizarse dos medidas con un mismo equipo, en un mismo punto pero con una diferencia de tiempo. Es decir, que son debidas a respuestas externas y no a defectos de los equipos.



SIROTEM ST and ET Nominal Data Windows

SIROTEM nominal data windows				EARLY TIME nominal data windows				
ms	CHANNEL	START	MIDDLE	END	CHANNEL	START	MIDDLE	END
	1	0.315	0.487	0.659	1	0.025	0.049	0.074
	2	0.707	0.879	1.051	2	0.074	0.098	0.123
	3	1.099	1.271	1.443	3	0.123	0.147	0.172
	4	1.491	1.663	1.835	4	0.172	0.196	0.221
	5	1.883	2.055	2.227	5	0.221	0.245	0.270
	6	2.275	2.643	3.011	6	0.270	0.319	0.369
	7	3.059	3.427	3.795	7	0.368	0.417	0.466
	8	3.843	4.211	4.579	8	0.466	0.515	0.564
	9	4.627	4.995	5.363	9	0.564	0.613	0.662
	10	5.411	5.779	6.147	10	0.662	0.711	0.760
	11	6.195	6.955	7.715	11	0.760	0.858	0.956
	12	7.763	8.523	9.283	12	0.956	1.054	1.152
	13	9.331	10.091	10.851	13	1.152	1.250	1.348
	14	10.899	11.659	12.419	14	1.348	1.446	1.544
	15	12.467	13.227	13.987	15	1.544	1.642	1.740
	16	14.035	15.579	17.123	16	1.740	1.936	2.132
	17	17.171	18.715	20.259	17	2.132	2.328	2.524
	18	20.307	21.851	23.395	18	2.524	2.720	2.916
	19	23.443	24.987	26.531	19	2.916	3.112	3.308
	20	26.579	28.123	29.667	20	3.308	3.504	3.700
	21	29.715	32.827	35.939	21	3.700	4.092	4.494
	22	35.987	39.099	42.211	22	4.484	4.876	5.268
	23	42.259	45.371	48.483	23	5.268	5.660	6.052
	24	48.531	51.643	54.755	24	6.052	6.444	6.836
	25	54.803	57.915	61.027	25	6.836	7.228	7.620
	26	61.075	67.323	73.571	26	7.620	8.404	9.188
	27	73.619	79.867	86.115	27	9.188	9.972	10.756
	28	86.163	92.411	98.659	28	10.756	11.540	12.324
	29	98.707	104.955	111.203	29	12.324	13.108	13.892
	30	111.251	117.499	123.747	30	13.892	14.676	15.460
	31	123.795	136.315	148.835	31	15.460	17.028	18.596
	32	148.883	161.403	173.923	32	18.596	20.164	21.732

FIGURA 3: SIROTEM II

ET and ST Nominal Data Window Details

SIROTEM 3 - OPERATOR'S MANUAL

V.3 NOMINAL DATA WINDOWS - STANDARD TIMES SERIES (Times in milliseconds. Sampling delay = 0)

WINDOW	START	CENTRE	FINISH
1	0.287	0.487	0.687
2	0.687	0.887	1.087
3	1.087	1.287	1.487
4	1.487	1.687	1.887
5	1.887	2.087	2.287
6	2.287	2.687	3.087
7	3.087	3.487	3.887
8	3.887	4.287	4.687
9	4.687	5.087	5.487
10	5.487	5.887	6.287
11	6.287	7.087	7.887
12	7.887	8.687	9.487
13	9.487	10.287	11.087
14	11.087	11.887	12.687
15	12.687	13.487	14.287
16	14.287	15.887	17.487
17	17.487	19.087	20.687
18	20.687	22.287	23.887
19	23.887	25.487	27.087
20	27.087	28.687	30.287
21	30.287	33.487	36.687
22	36.687	39.887	43.087
23	43.087	46.287	49.487
24	49.487	52.687	55.887
25	55.887	59.087	62.287
26	62.287	68.687	75.087
27	75.087	81.487	87.887
28	87.887	94.287	100.687
29	100.687	107.087	113.487
30	113.487	119.887	126.287
31	126.287	139.087	151.887
32	151.887	164.687	177.487
33	177.487	190.287	203.087
34	203.087	215.887	228.687
35	228.687	241.487	254.287
36	254.287	279.887	305.487
37	305.487	331.087	356.687
38	356.687	382.287	407.887
39	407.887	433.487	459.087
40	459.087	484.687	510.287
41	510.287	561.487	612.687
42	612.687	663.887	715.087
43	715.087	766.287	817.487
44	817.487	868.687	919.887
45	919.887	971.087	1022.287
46	1022.287	1124.687	1227.087
47	1227.087	1329.487	1431.887
48	1431.887	1534.287	1636.687
49	1636.687	1739.087	1841.487
50	1841.487	1943.887	2046.287

FIGURA 4

MEDIOS HUMANOS Y MATERIALES

En los trabajos de campo han intervenido los siguientes técnicos:

- José Cedillo Alegre y José Luengo García, que han programado y dirigido los trabajos de campo en sus diversas etapas.
- Rafael Guicoechea Cuadrado y David Borrego Alvarez, que han intervenido como operadores geofísicos.
- Antonio Lozano Souto, Marceliano Figueruelo, José Manuel Arnaiz, Ricardo García y Mariano Aguilar, ayudantes de operador.
- Juan Luis Plata y Luis Savirón, han actuado como supervisores en el registro de datos en el campo.

Los medios utilizados han variado mucho a lo largo de todo el Proyecto, según las zonas y en función de las dificultades surgidas en el curso de las campañas, llegándose a contar con la participación desde siete peones y dos vehículos todo terreno hasta quince peones y cuatro vehículos todo terreno en la segunda fase, en que se superpusieron los dos equipos. Debe hacerse constar las muchas dificultades encontradas en estas actuaciones.

FIGURA 5

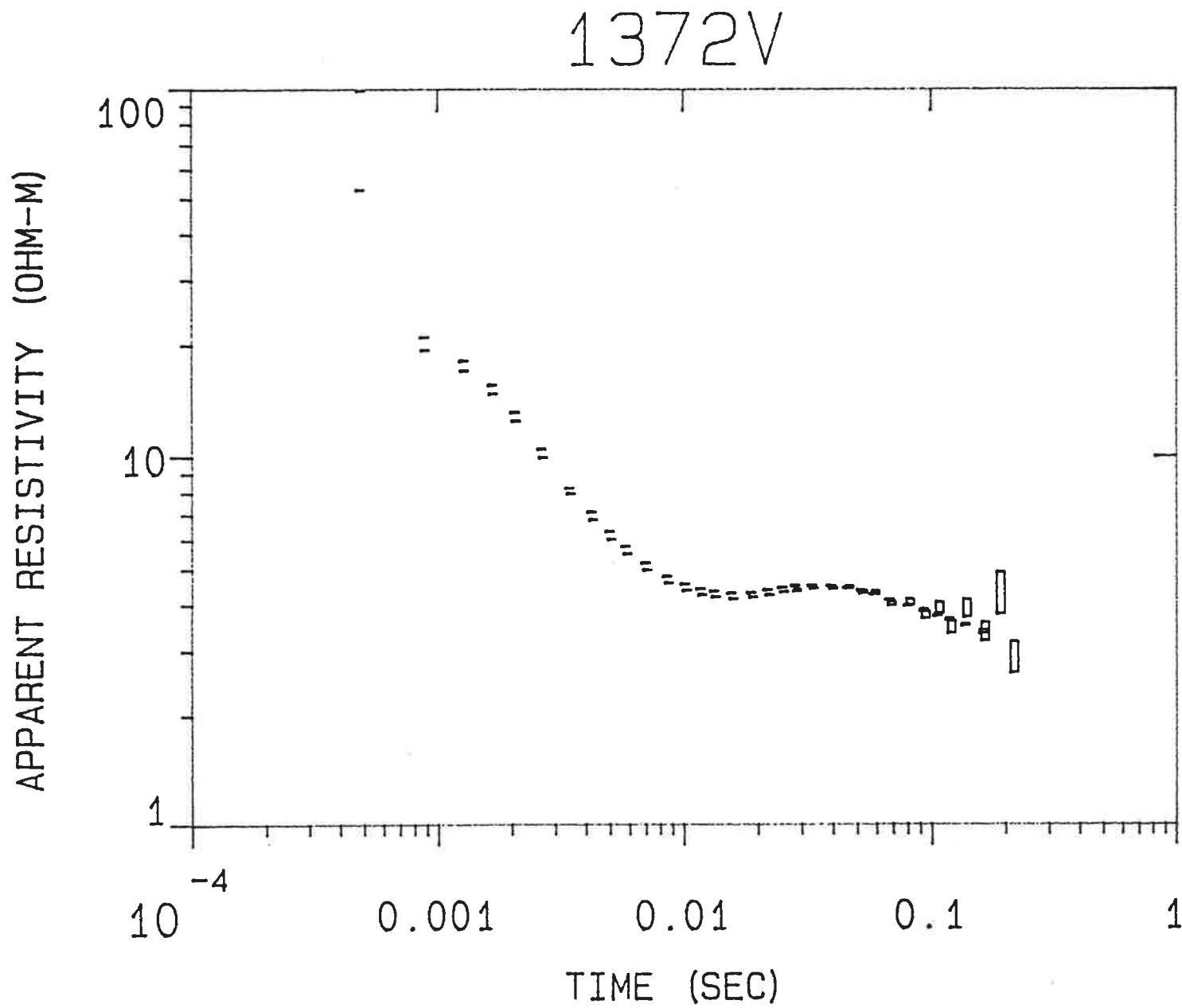


FIGURA 6

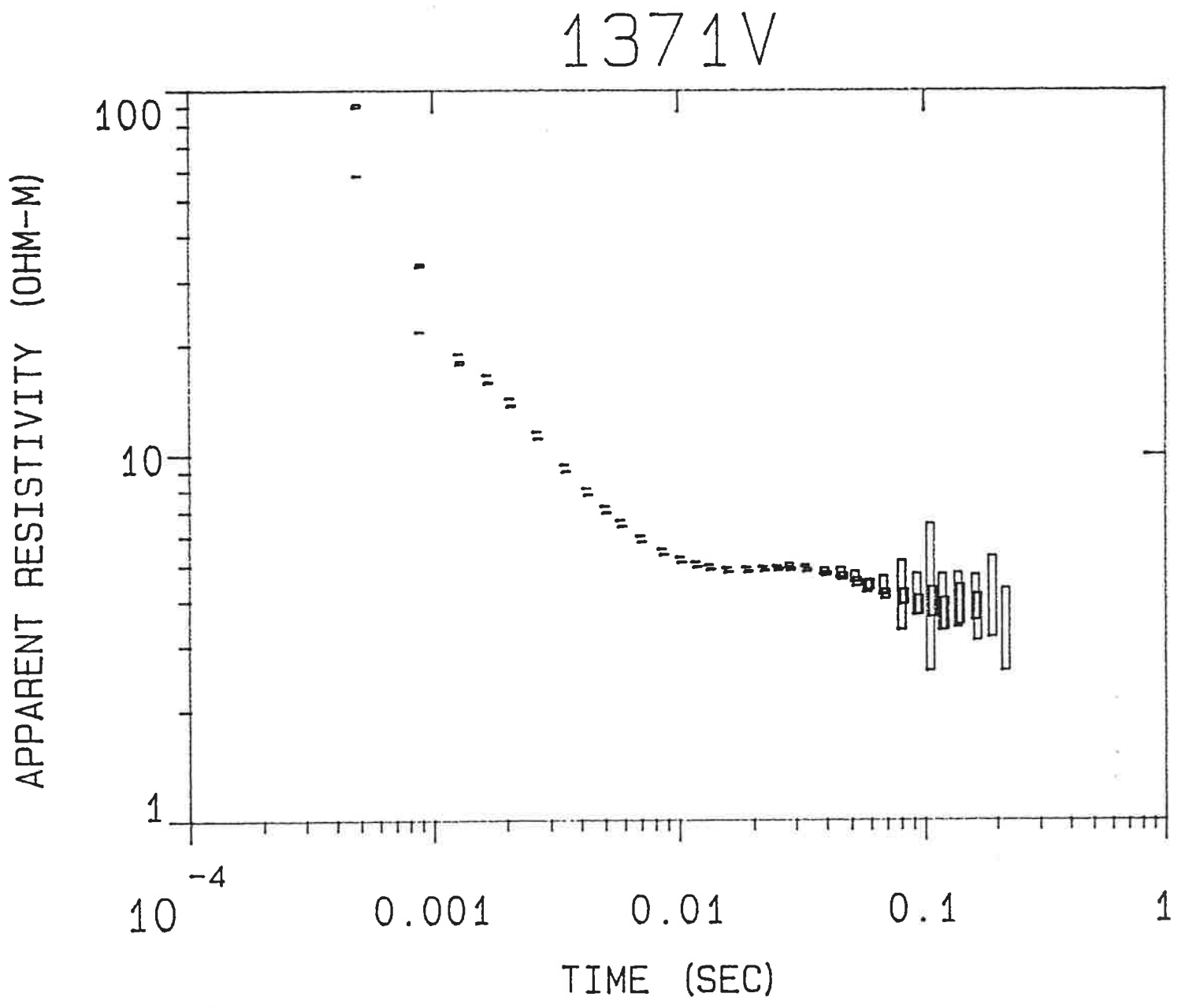
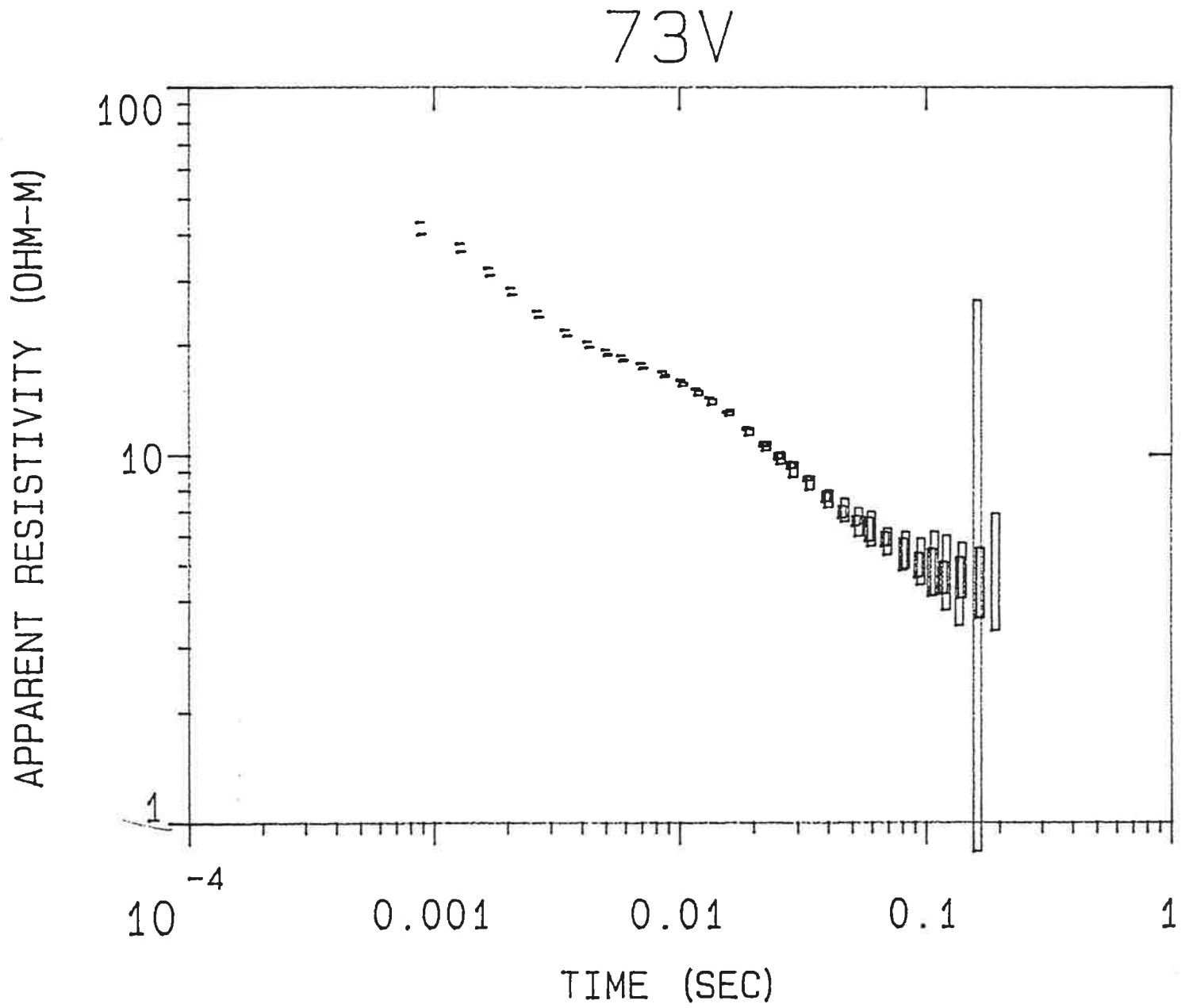


FIGURA 7





3.- CONTROLES Y CALIBRACIONES

3.- CONTROLES Y CALIBRACIONES

El equipo permite obtener los registros de ruido, sin emisión de señal, utilizando los dos métodos de recepción descritos. Estas medidas de ruido se han realizado de forma sistemática.

Los valores de transitorio así obtenido indican a partir de qué momento pierden fiabilidad los valores de transitorio del SEDT llevado a cabo en ese emplazamiento.

Este procedimiento, que se ha repetido periódicamente durante todas las campañas, permite afirmar que, en ausencia de determinadas causas inducidas, el nivel del ruido es bajo.

Este ruido puede estar motivado por diversas causas, como micropulsaciones geomagnéticas, esféricas, ruido instrumental o del amplificador. Algunas curvas de ruido representativas de la zona son observables en las figuras 8, 9, 10 y 11.

El sistema permite, además, un control continuo del nivel de ruido inducido por medio de los valores de desviación estándar de las medidas de cada canal, quedando los valores anotados en el registro de cada sondeo. Estos registros están representados en las figuras 13, 14, 15 y 16, conjuntamente con las desviaciones estándar y con la interpretación. Se observa que, incluso con valores medios de ruido, la curva de interpretación se ajusta al punto medio del conjunto.

El ruido que aparece en el registro, inducido por causas externas, puede proceder de fenómenos geológicos, climáticos, etc. Normalmente, los problemas más comunes han venido motivados por la existencia de tendidos eléctricos en las cercanías del bucle. En la primera fase, en la parte septentrional del perfil PEM-

9, son frecuentes los sondeos con niveles muy altos de ruido. La causa era la presencia de conducciones eléctricas enterradas para riego (ver figura 12).

Otra posible razón responsable de niveles altos de ruido en otros sondeos ha podido ser el fuerte viento causante del movimiento de los cables en zonas de monte bajo en las que éstos no están en contacto directo con el suelo.

Por último, cabe citar aquellas causas de origen geológico que, aun siendo generadoras de ruido, afectan, en general, más levemente a la calidad de las curvas. Se trata del ruido que se produce por la presencia de determinados materiales resitivos muy próximos a la superficie (caso de los SEDT números 24 y 25 del perfil PEM-6), y también otro tipo de medidas anómalas cuya causa puede atribuirse bien a un origen superficial (el bucle está implantado atravesando contactos geológicos) o profundas (el bucle está situado en la vertical de discontinuidades de cierta entidad).

El número de SEDT afectados en mayor o menor medida por las causas descritas es del orden del 10% del total. Ante la presencia de esta diversidad de situaciones que, como puede verse, alcanza un porcentaje bajo de los puntos de medida, se han adoptado las siguientes medidas:

- Comprobación del buen funcionamiento del equipo mediante los procesos de calibración interna previstos a tal efecto.
- En las cercanías de tendidos eléctricos, visto el nivel alto del ruido, se ha cambiado el emplazamiento del sondeo a puntos donde el efecto negativo fuera nulo.

1371

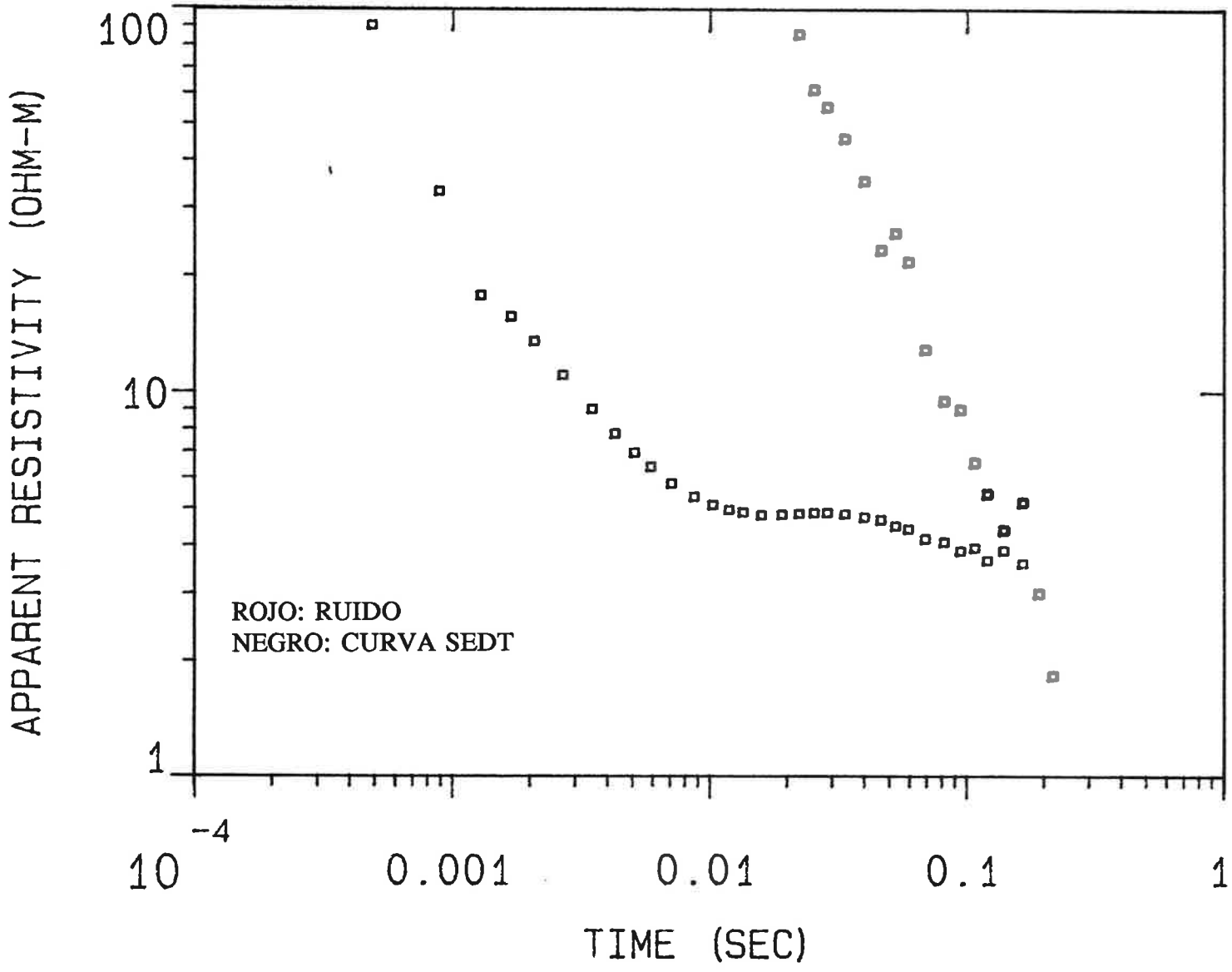


FIGURA 8

F209

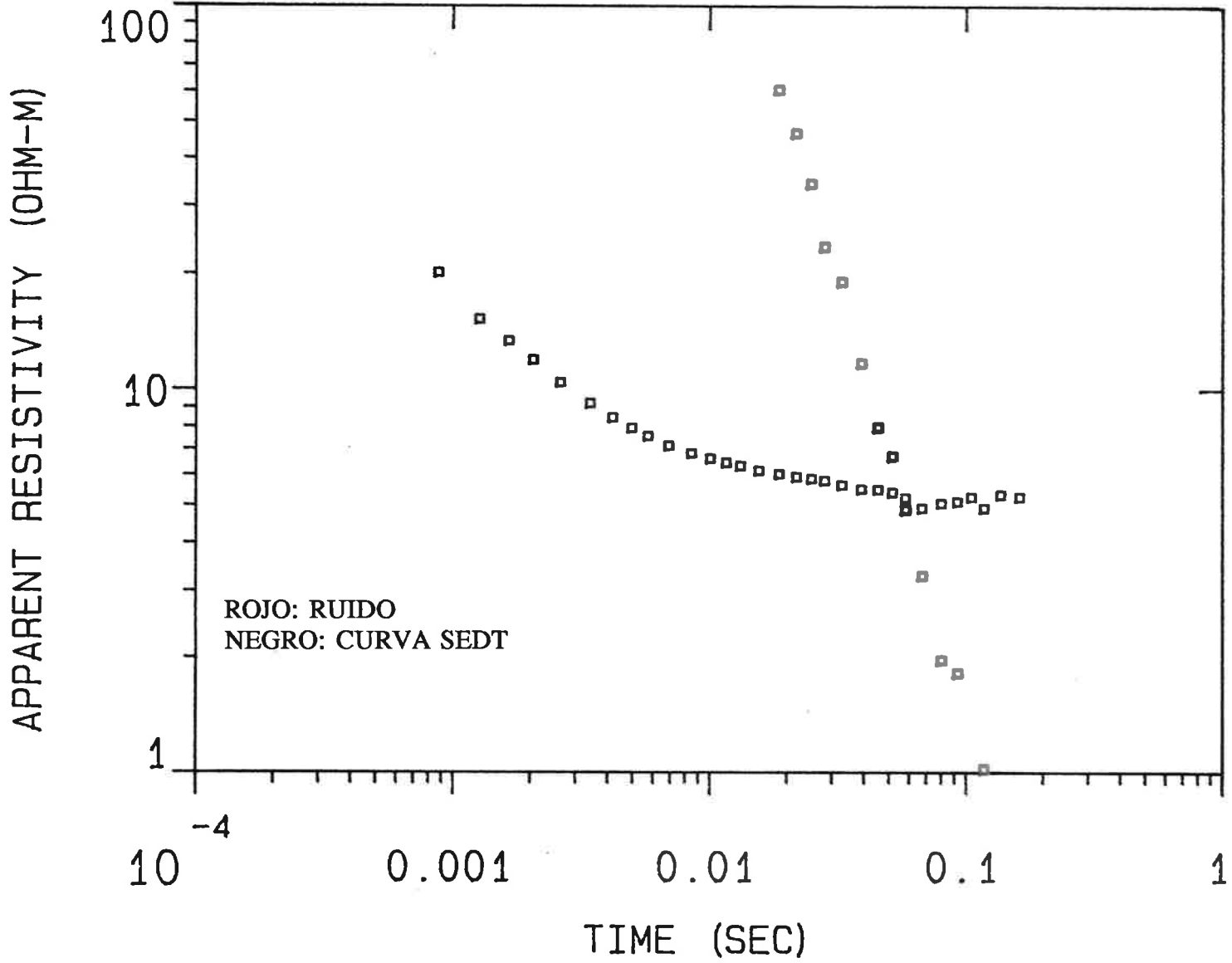


FIGURA 9

1372

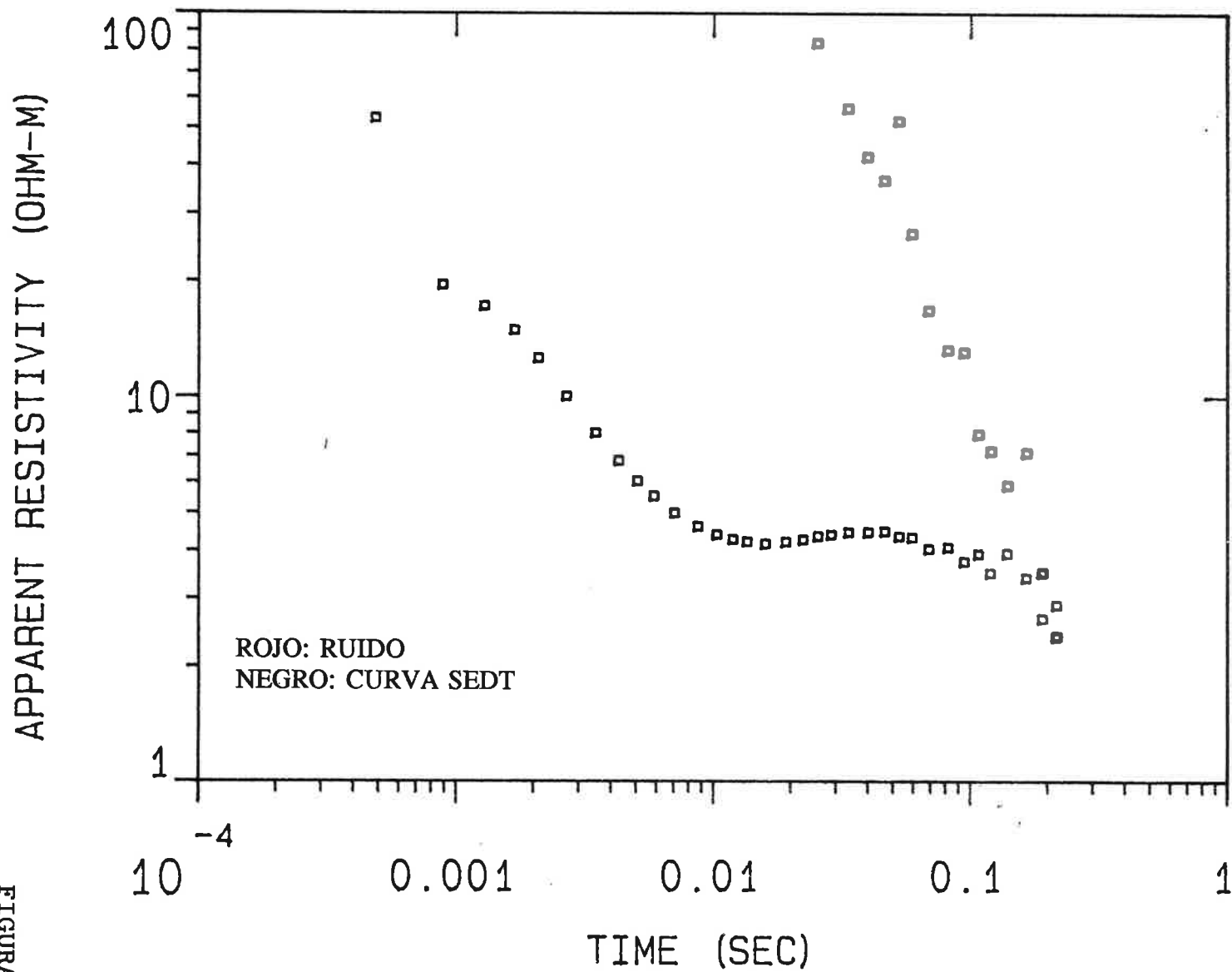


FIGURA 10

72

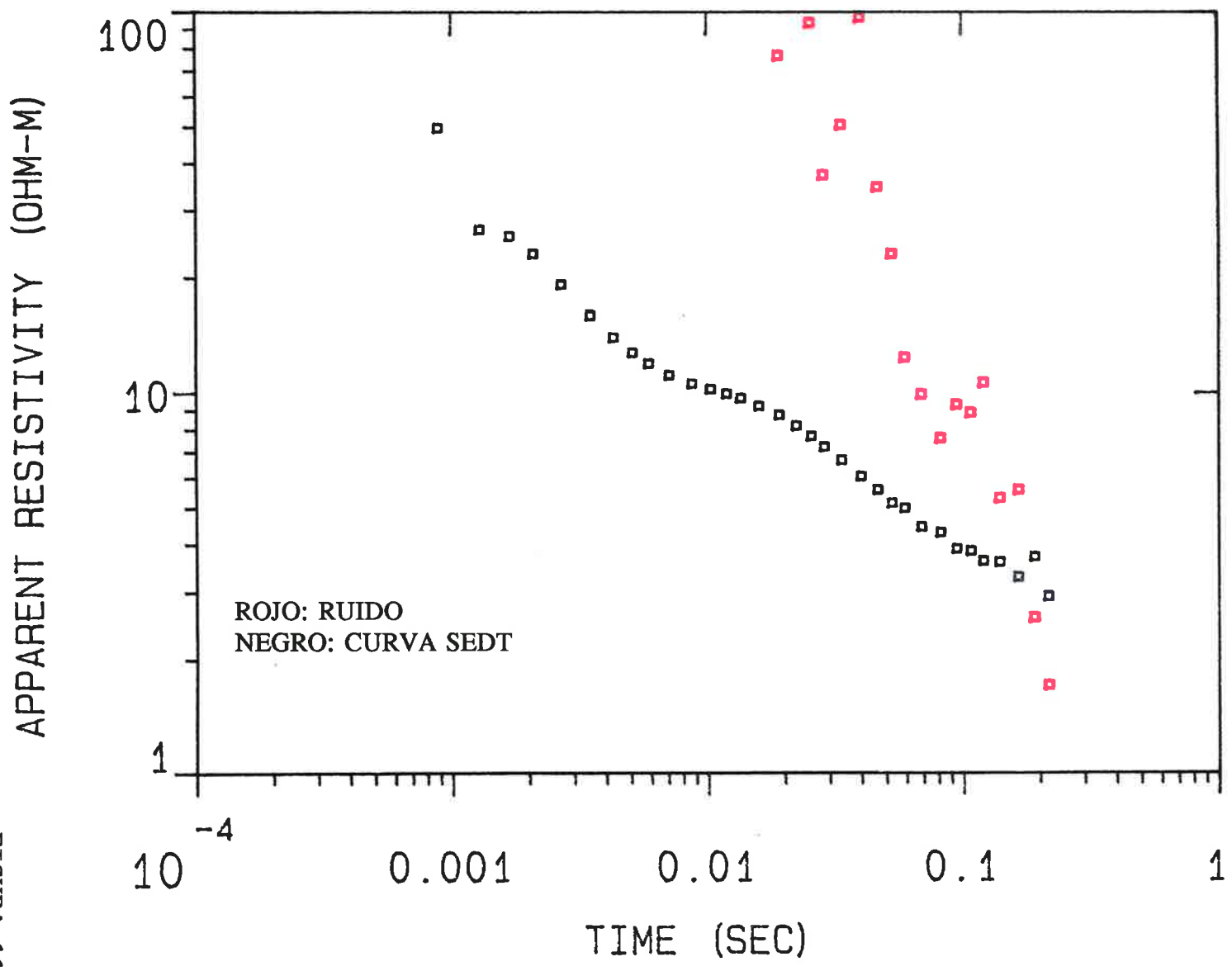


FIGURA 11

- Cuando la causa del ruido ha sido el viento, se ha repasado la línea del bucle con el fin de situar el cable directamente sobre el suelo.
- En algunos sondeos en los que no se ha sabido la causa del ruido (posibles conducciones enterradas, generadores, etc.) simplemente se ha cambiado el emplazamiento del mismo.

Con todo ello, una vez seguidas estas medidas que garanticen en la mayor medida de lo posible los registros, se puede afirmar que el 10% de sondeos con ruido, ha sido repetido, al menos, una vez.

F1

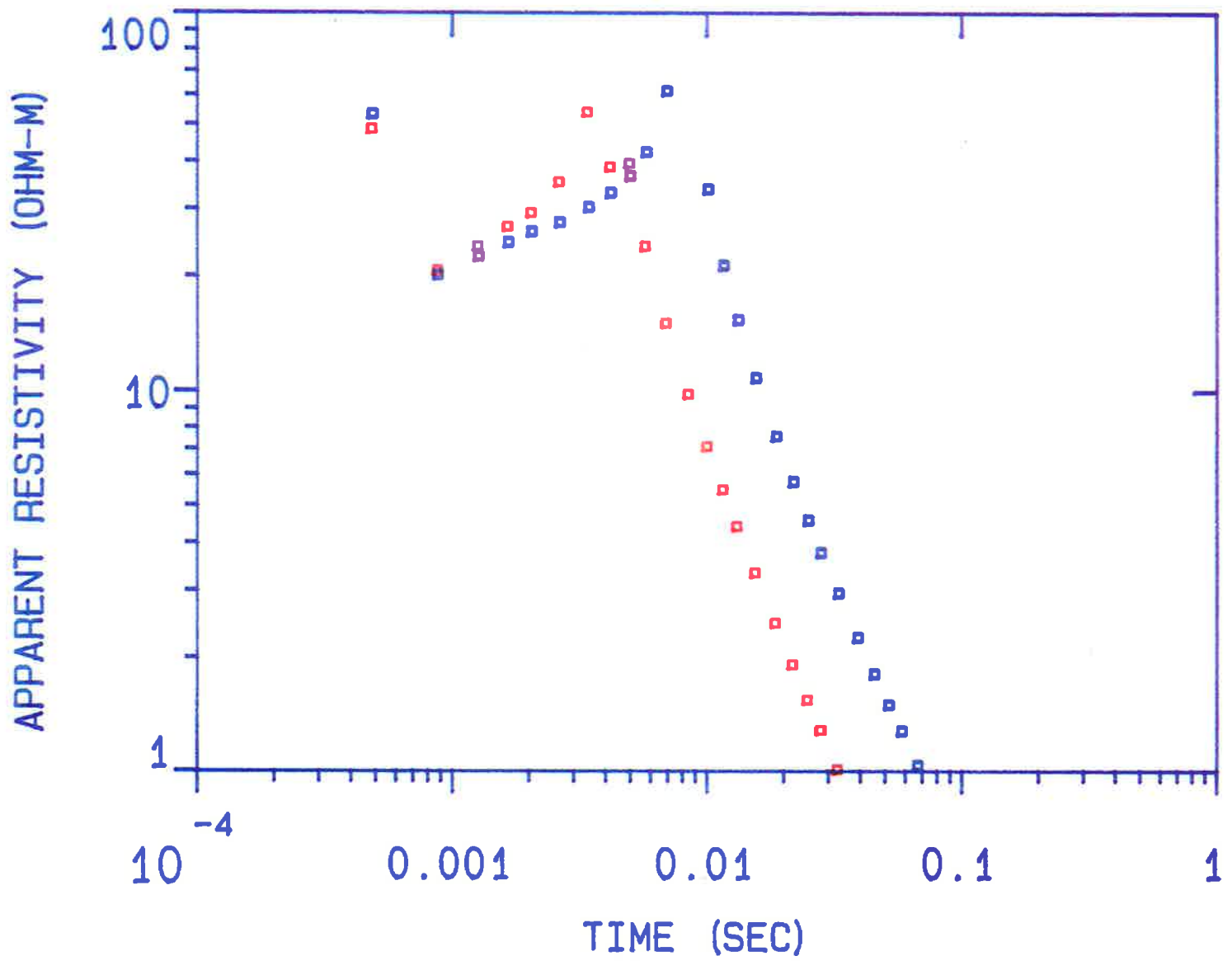
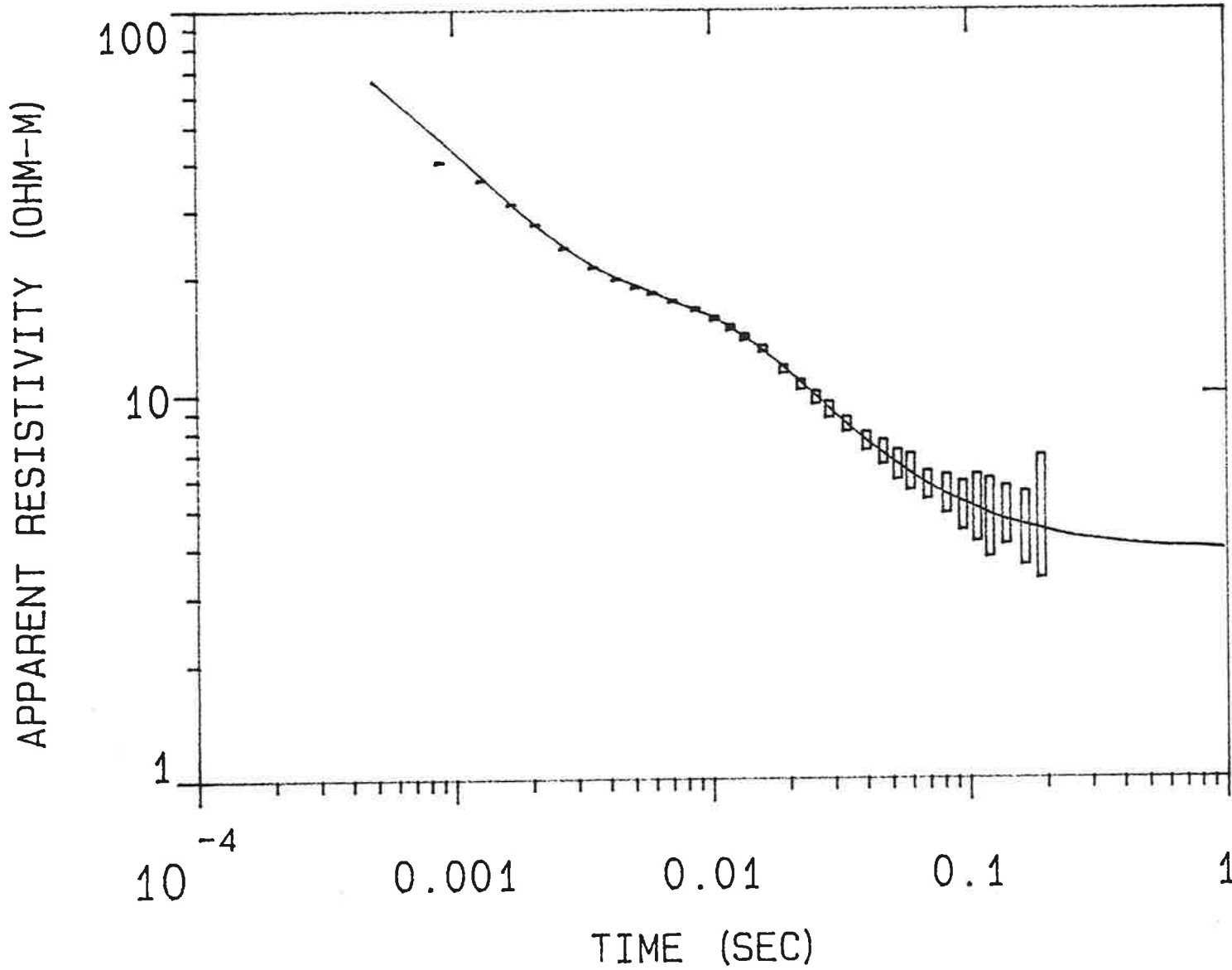


FIGURA 13

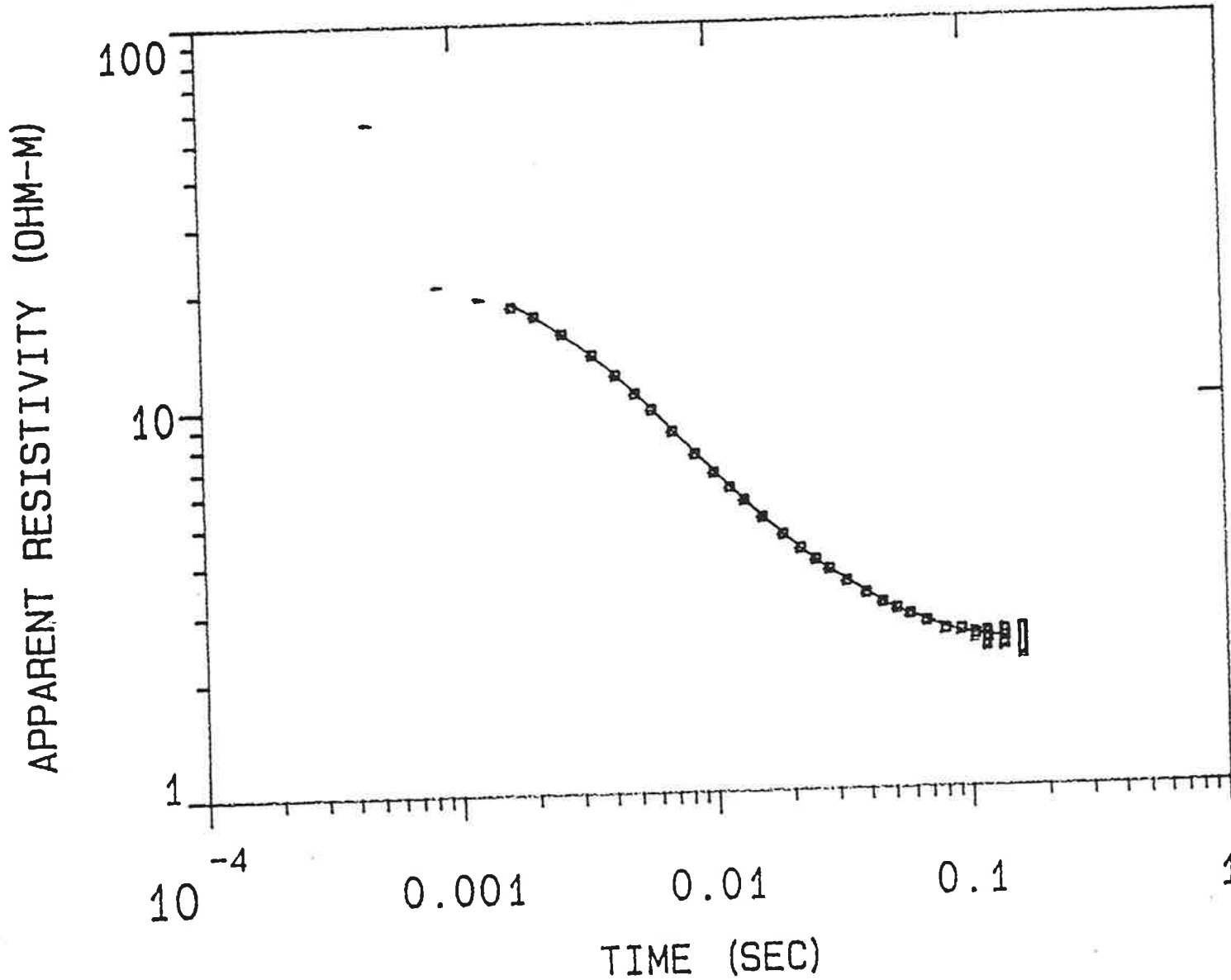
73I



MODEL:

27.2 OHM-M	141. M
6.73 OHM-M	98.3 M
10.5 OHM-M	120. M
1.80 OHM-M	199. M
3.88 OHM-M	

H213L



MODEL:

13.3
OHM-M 50.4 M

8.02
OHM-M 106. M

1.33
OHM-M 176. M

3.97
OHM-M 67.3 M

1.80
OHM-M 159. M

8.07
OHM-M

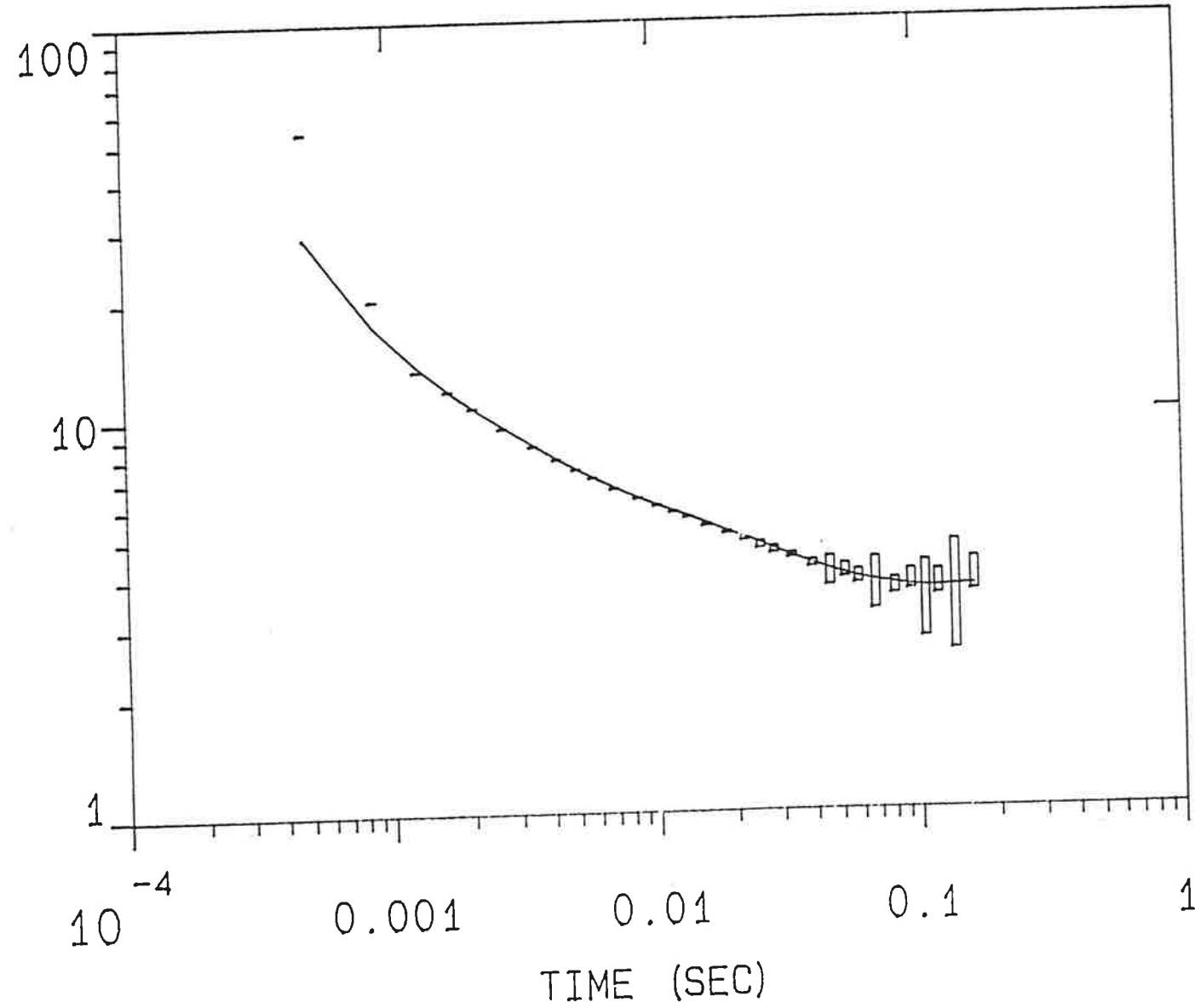
% ERROR: 0.982
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARRTI

1413V

MODEL:

PRINTED

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



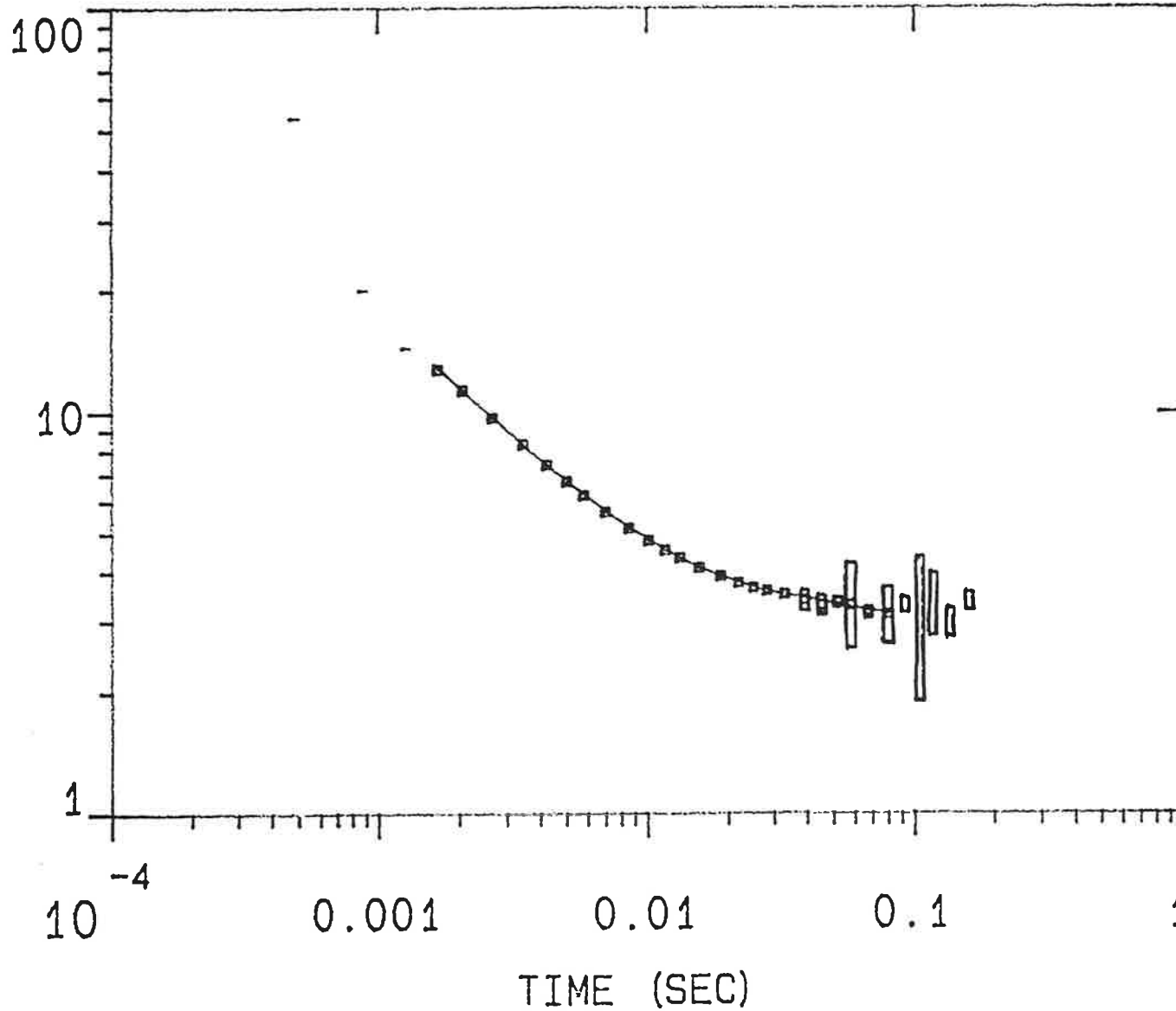
6.49 OHM-M	108 M
3.43 OHM-M	124 M
3.45 OHM-M	89.7 M
1.89 OHM-M	118 M

5.68
OHM-M

% ERROR: 18.9
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARRTI

1072L

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



MODEL:

7.46 OHM-M	88.0 M
2.26 OHM-M	203. M
4.78 OHM-M	112. M
1.98 OHM-M	325. M

6.93
OHM-M

% ERROR: 1.18
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARTI



4.- PROCESADO DE LOS DATOS

4.- PROCESADO DE LOS DATOS

El procesado de los datos correspondientes a los valores del transitorio medido en cada SEDT, se ha llevado a cabo utilizando un programa automático que, introduciendo un modelo inicial, permite realizar la inversión de las curvas de resistividad derivadas del transitorio, utilizando técnicas de regresión Ridge y retrayendo el efecto de la rampa de disparo.

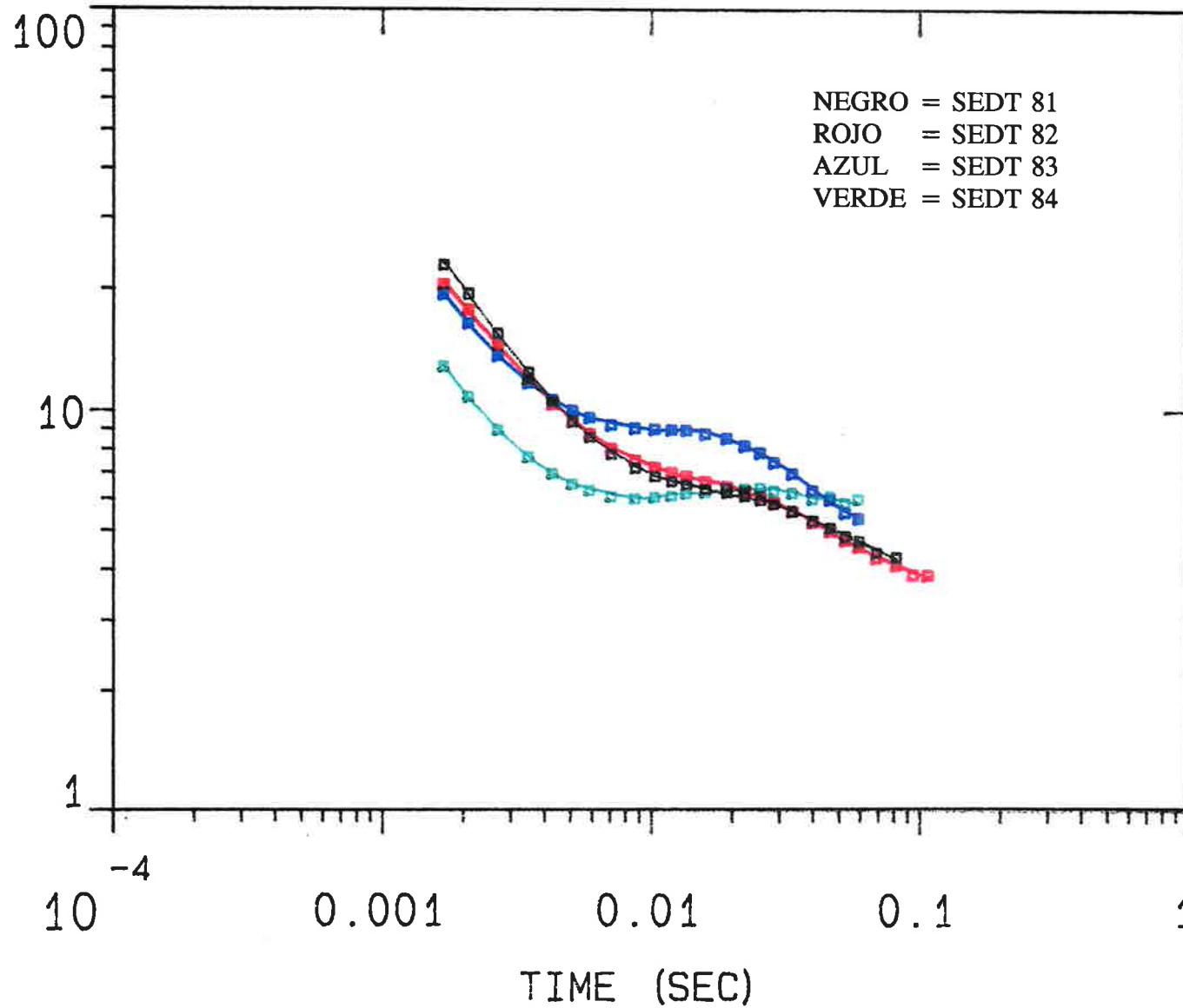
Los modelos de capas (espesores y resistividades) utilizados inicialmente se han extraído de la información proporcionada por las diagrañas eléctricas de los sondeos de petróleo próximos a los perfiles de los SEDT.

El modelo elegido en cada caso se ha aplicado en el margen de profundidad que alcanza el SEDT, comenzando por los SEDT situados en las proximidades del sondeo. Al producirse un ajuste satisfactorio se ha aplicado sistemáticamente el mismo modelo a los SEDT próximos hasta aquéllos en los que no se producía un buen ajuste entre la curva registrada y la interpretada con un determinado modelo de capas.

En las figuras 17, 18, 19, 20 y 21 se aprecia, dentro de la tónica más o menos parecida que muestran las curvas de SEDT próximos, una ligera variación condicionada por los cambios laterales de facies y de potencias.

81NL

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



MODEL:

19.2
OHM-M 118. M

2.16
OHM-M 87.2 M

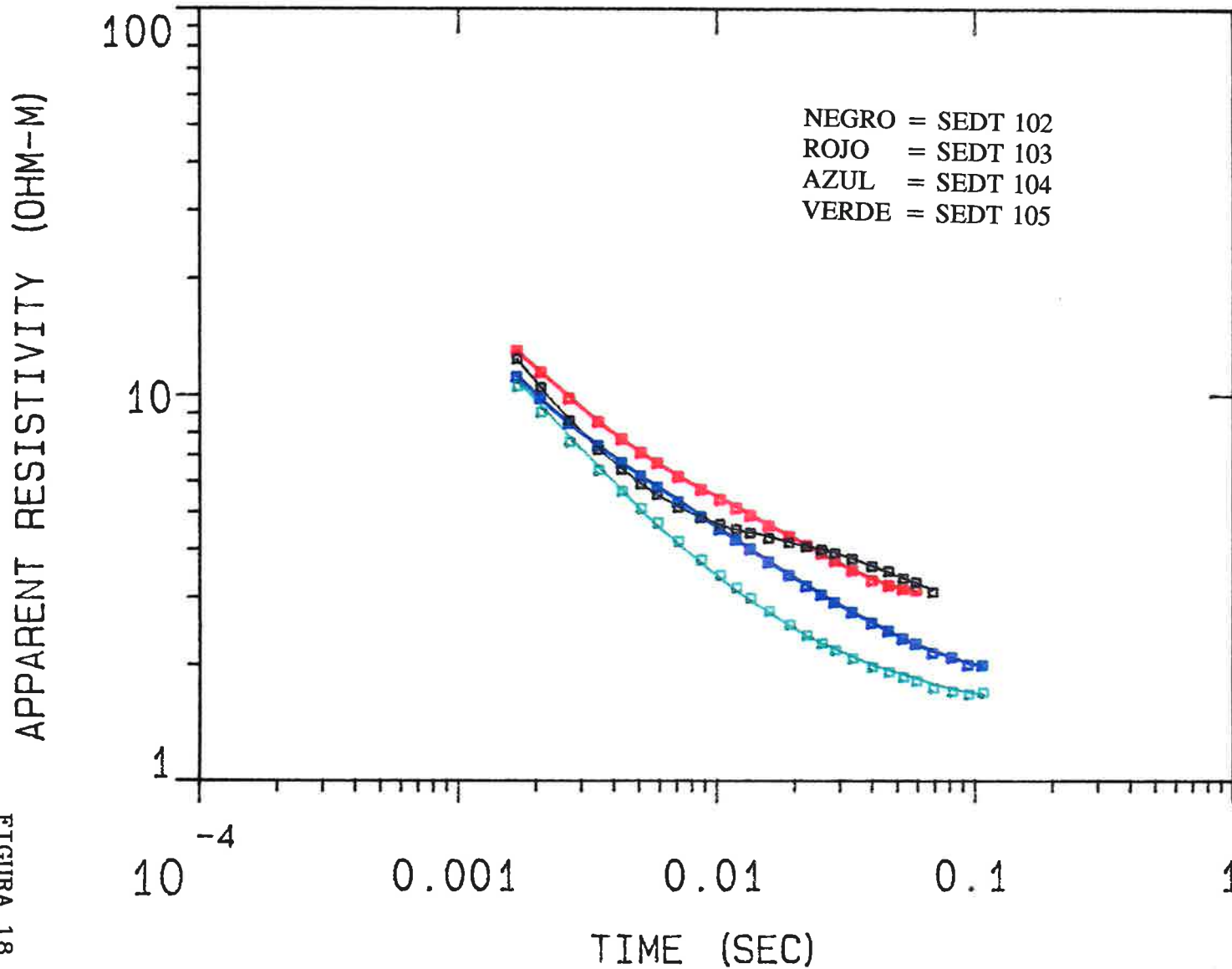
11.7
OHM-M 182. M

1.40
OHM-M 155. M

6.24
OHM-M

% ERROR: 1.28
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARTTI

102NL



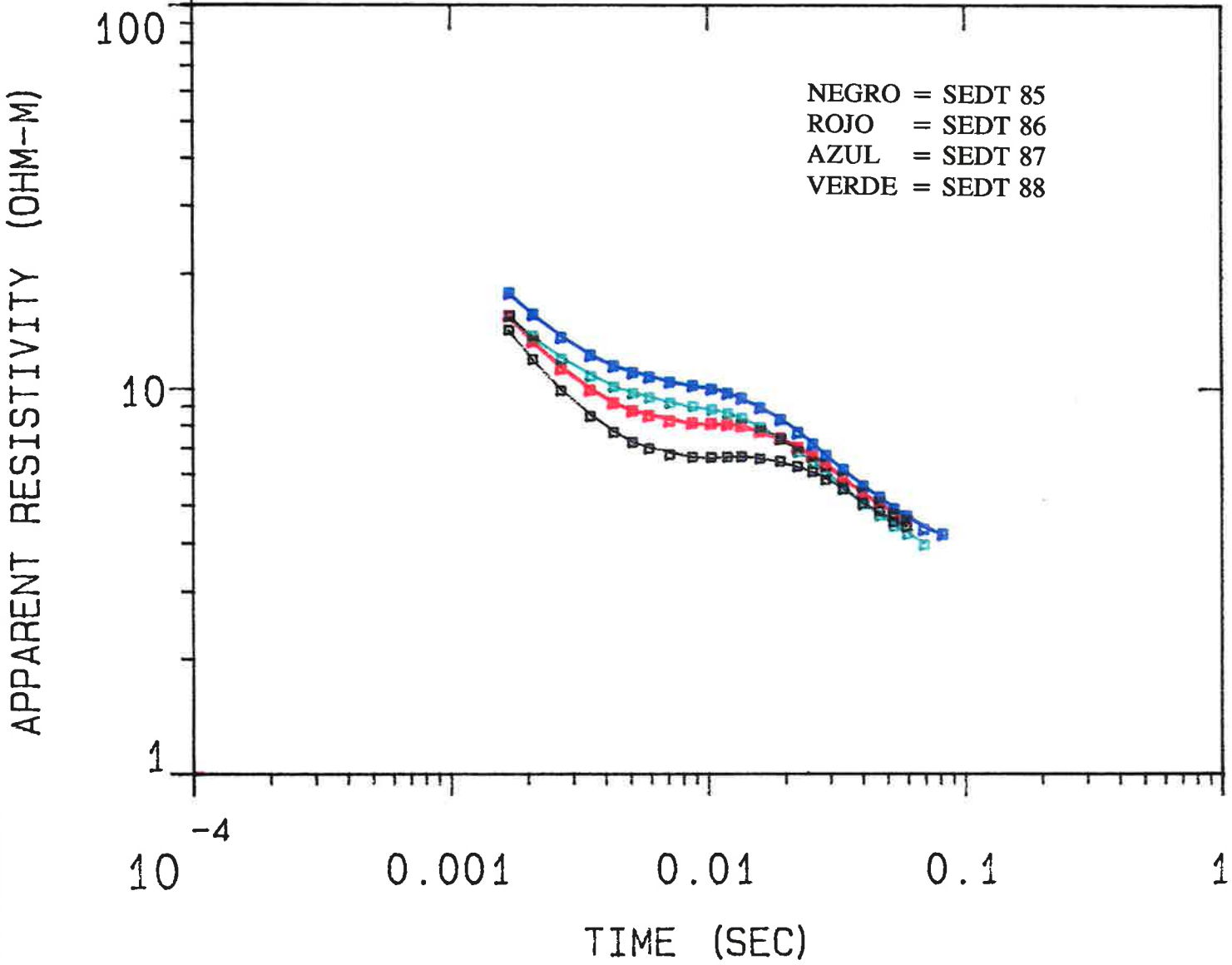
MODEL:

10.4 OHM-M	58.2 M
2.52 OHM-M	125. M
5.73 OHM-M	95.6 M
1.41 OHM-M	

% ERROR: 0.827
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARTTI

FIGURA 18

85NL



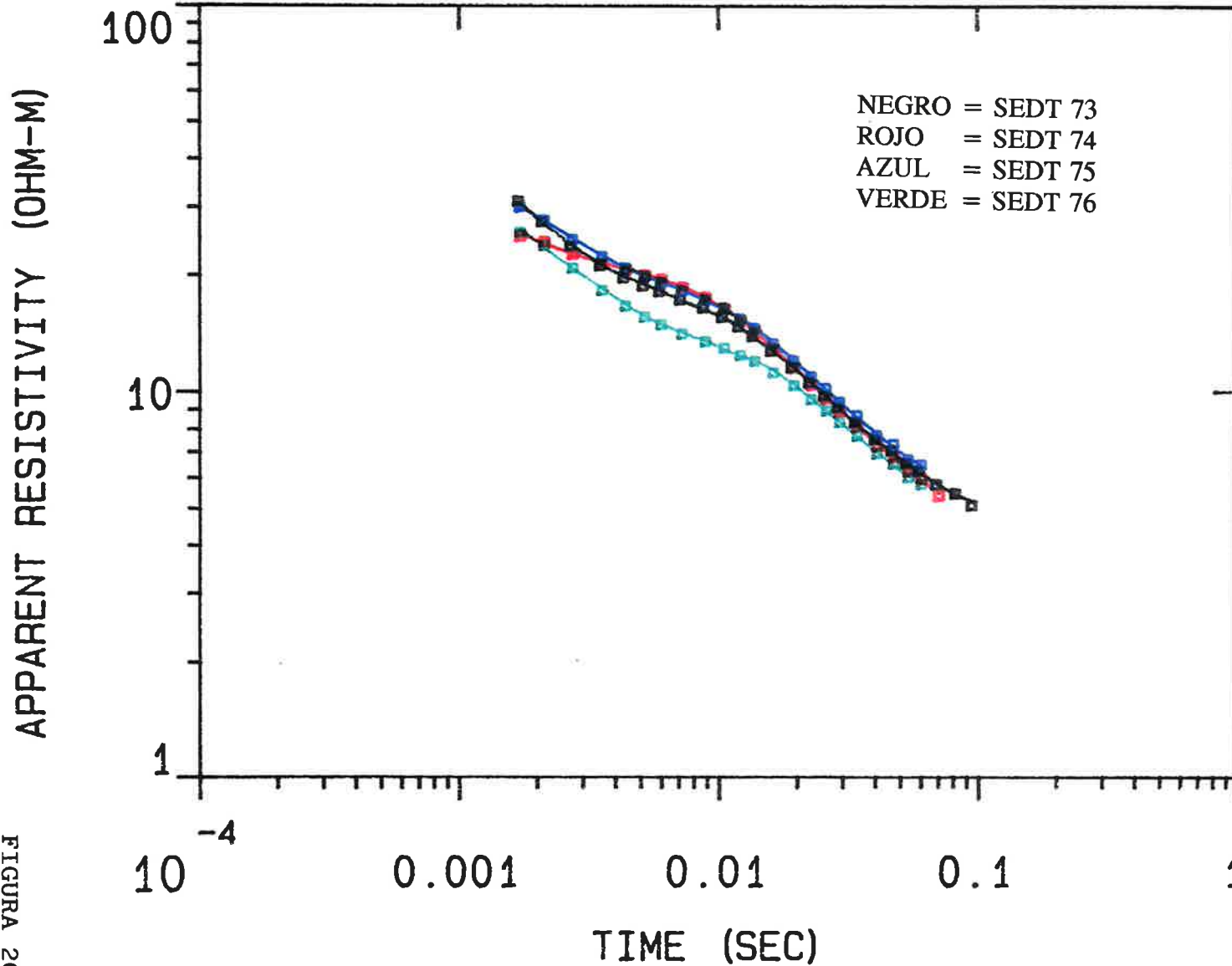
MODEL:

11.9 OHM-M	80.1 M
2.53 OHM-M	64.6 M
12.9 OHM-M	186. M
1.31 OHM-M	153. M
6.09 OHM-M	

% ERROR: 1.02
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARTI

FIGURA 19

73NL



MODEL:

27.2 OHM-M	141. M
---------------	--------

6.73 OHM-M	98.3 M
---------------	--------

10.5 OHM-M	120. M
---------------	--------

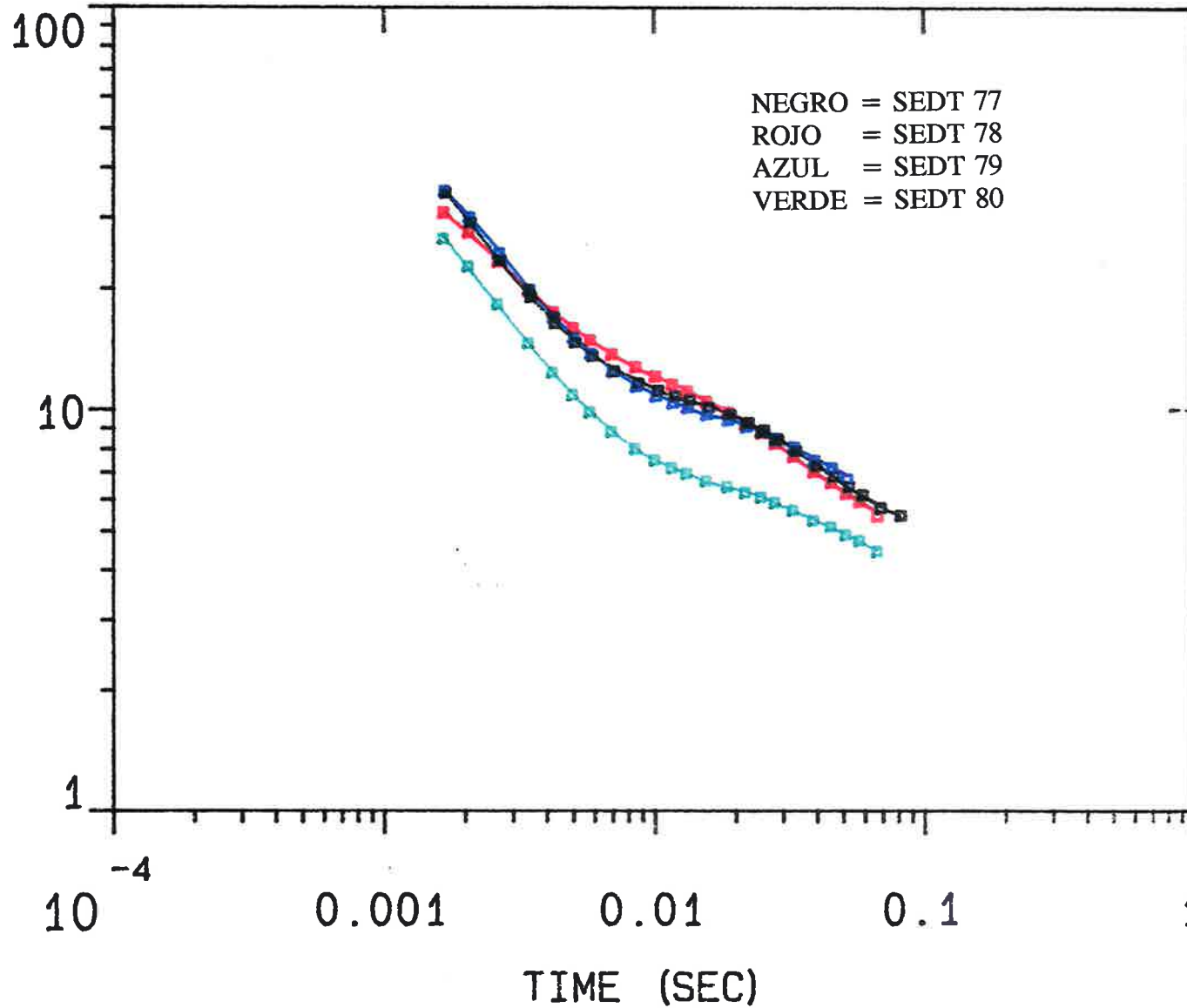
1.80 OHM-M	199. M
---------------	--------

3.88
OHM-M

% ERROR: 1.06
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARTTI

77NL

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



MODEL:

30.0 OHM-M	158. M
---------------	--------

3.01 OHM-M	87.1 M
---------------	--------

11.8 OHM-M	181. M
---------------	--------

1.44 OHM-M	141. M
---------------	--------

4.73 OHM-M	
---------------	--

% ERROR: 0.997
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARTI

Las causas de la no admisión o necesidad de cambio del modelo inicial han sido varias: cambios laterales de facies, que varían la secuencia de resistividades (invirtiéndose el valor de la resistividad de dos capas contiguas o confundándose en una sola); aumento de la profundidad de las capas más profundas, a las que el SEDT no ha sido capaz de penetrar, y por lo tanto debe suprimirse alguna capa del modelo; recorte del número de canales útiles debido a la presencia de ruido, con la consiguiente pérdida de penetración. Cuando la pérdida de canales es elevada ha sido obligada la supresión de una o varias capas del modelo.

De esta manera se puede observar sobre las curvas de SEDT que se presentan en el Anexo, que se han utilizado, según el SEDT que se tratara, diversos modelos entre 2 y 6 capas, siendo los modelos más comúnmente empleados los de 4 y 5 capas.

Las tareas de procesado se han llevado a cabo en gabinete sobre ordenadores personales, dotados de coprocesadores matemáticos tipo 80287 y 80387. Algunos procesados de control se han realizado en campo sobre un ordenador portátil con el fin de conocer "in situ" estas características.

Las tareas de procesado han sido llevadas a cabo por los técnicos Luis Savirón Cidón, y José Cedillo Alegre. El Informe de resultados ha sido elaborado por Enrique Aracil Avila y Luis Savirón Cidón.



5.- RESULTADOS

5.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos pueden verse, en forma de corte geoelectrico unitario, sobre las interpretaciones individuales de cada curva de SEDT (en Anexo) y, conjuntamente, en los planos 16 al 24, que contienen los cortes geoelectricos definitivos correspondientes a cada uno de los perfiles estudiados, representados a una escala horizontal 1/50.000. Asimismo, se pueden ver a una escala horizontal 1/200.000 y representados en un bloque 3D en los planos 25 al 30 y en la figura 22, respectivamente.

Dado que la atención de la investigación se centra en el seguimiento de las formaciones arcillosas atravesadas en los sondeos petroleros y de investigación, en buena lógica habrá que localizar los tramos más conductores. Se han detectado, una vez correlacionados los perfiles, tres formaciones arcillosas terciarias. De ellas, son las de posición estratigráfica superior e intermedia las que más frecuentemente penetran los SEDT al ser, respectivamente, la más próxima a superficie y la que presenta una mayor extensión lateral.

Es de destacar que la programación de los perfiles de SEDT se llevó a cabo implantando algunos tramos de perfil sobre líneas sísmicas, de manera que estos perfiles geoelectricos pudieran ser contrastados posteriormente a su interpretación con la información sísmica disponible.

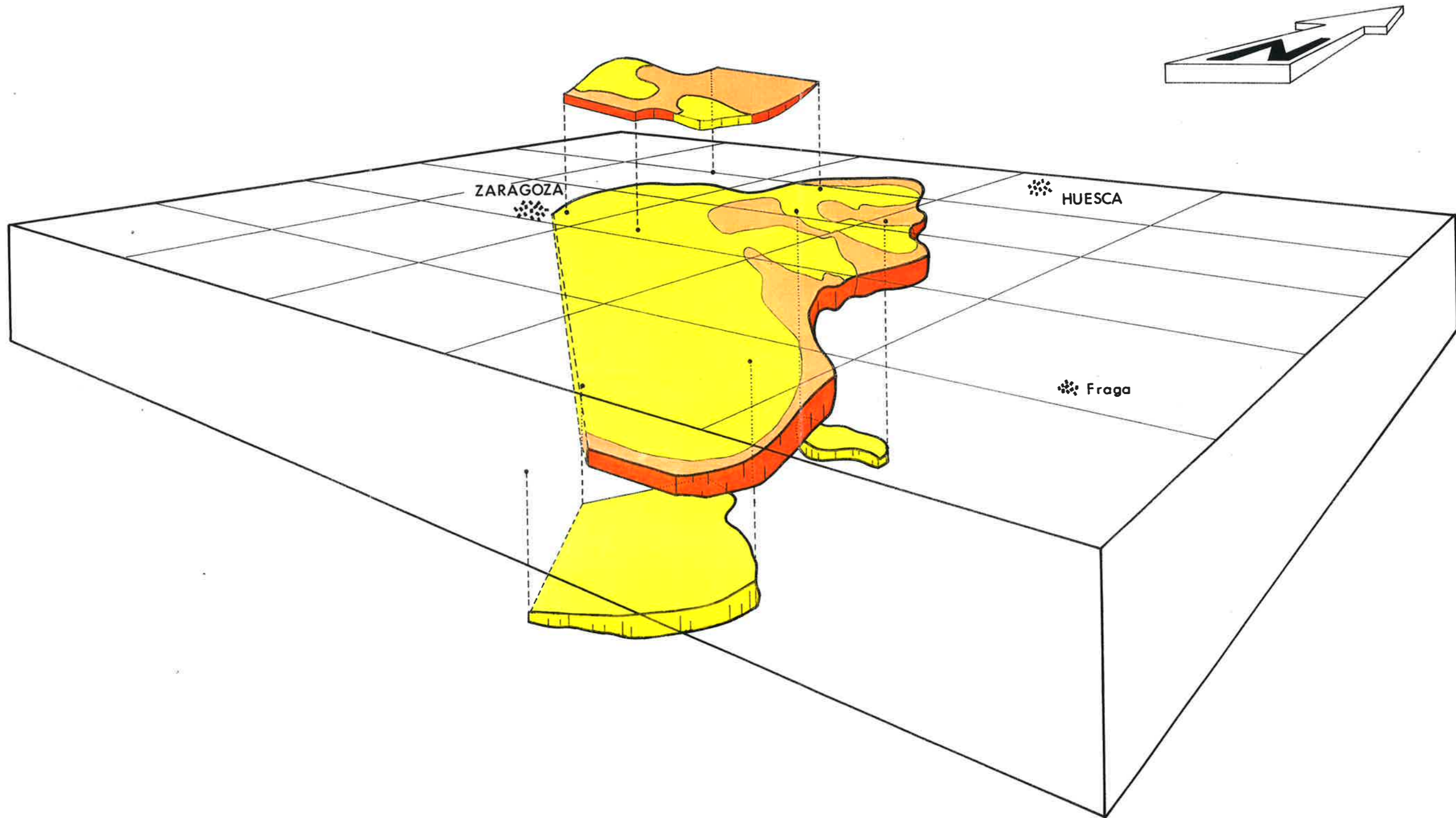


FIGURA 22

CORRELACION ENTRE SONDEOS Y SEDT

Como información adicional, se ha incluido en los cortes geoelectricos la posición de las formaciones más arcillosas atravesadas en los sondeos con el fin de compararlo con la posición de los niveles más conductores.

La correlación entre los sondeos y los resultados de los SEDT próximos a ellos resulta, en general, bastante satisfactoria, pudiéndose destacar la correlación establecida entre los sondeos PALLARUELO-1, VALPALMAS-1, FRAGA-1, ZARAGOZA-1 y ZUERA-1, con sus respectivos SEDT adyacentes.

Concretamente, la correlación entre el sondeo PALLARUELO-1 y el SEDT nº 1301 es muy consistente al mostrar, de techo a muro, un tramo resistivo de 120 metros, un tramo conductor, de 230 m, otro tramo resistivo de 70 m y, por último, otro conductor de 120 m (ver figura 23).

El registro eléctrico del sondeo VALPALMAS-1 tiene un comportamiento muy parecido al del SEDT nº 1425 al presentar, en la parte alta, un tramo resistivo de 80 m, seguido de uno menos resistivo, de 350 m y, por último, un tramo conductor del que no se conoce la potencia (figura 24).

El sondeo FRAGA-1 también presenta una correspondencia muy buena con los SEDT próximos (figura 25), en concreto con el nº F230, al presentar una sucesión de tramos en la vertical muy parecida por lo que respecta a la resistividad del SEDT y la litología del sondeo.

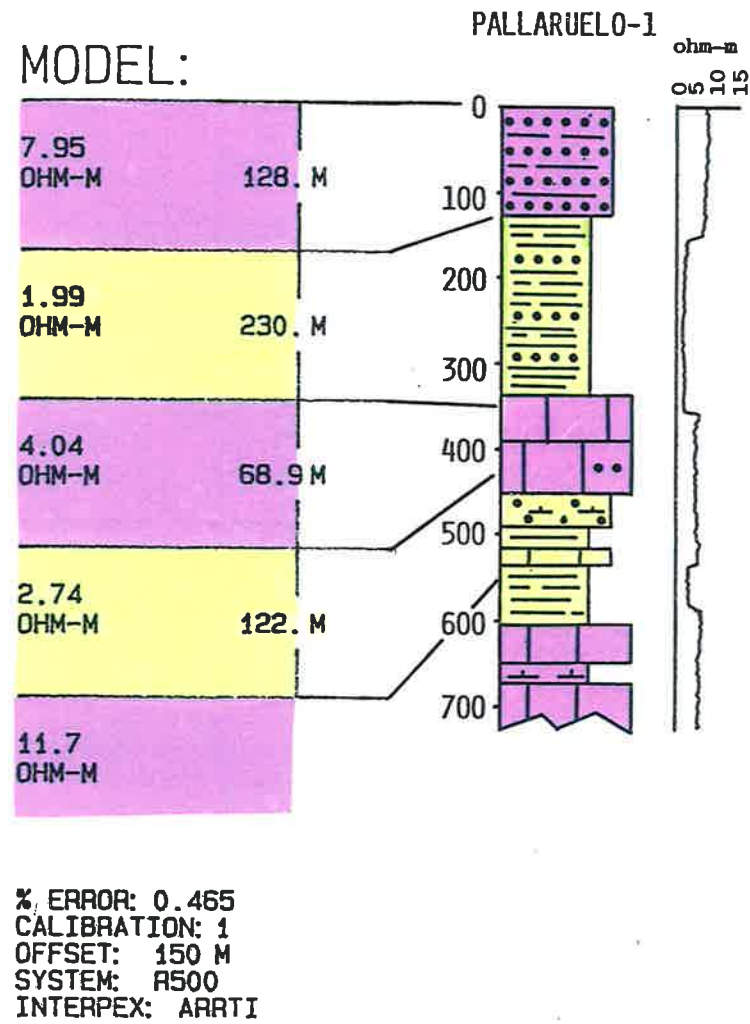
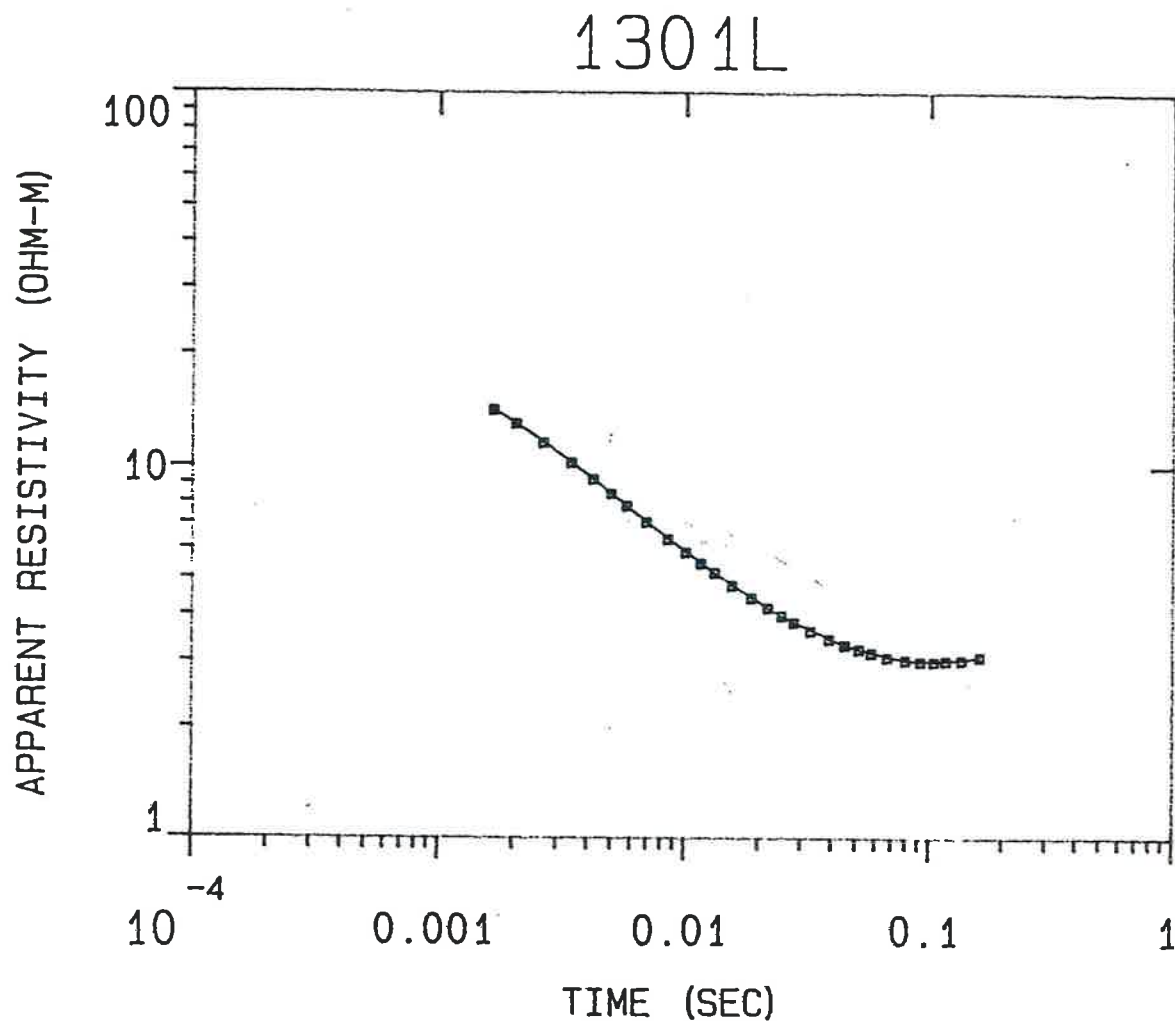
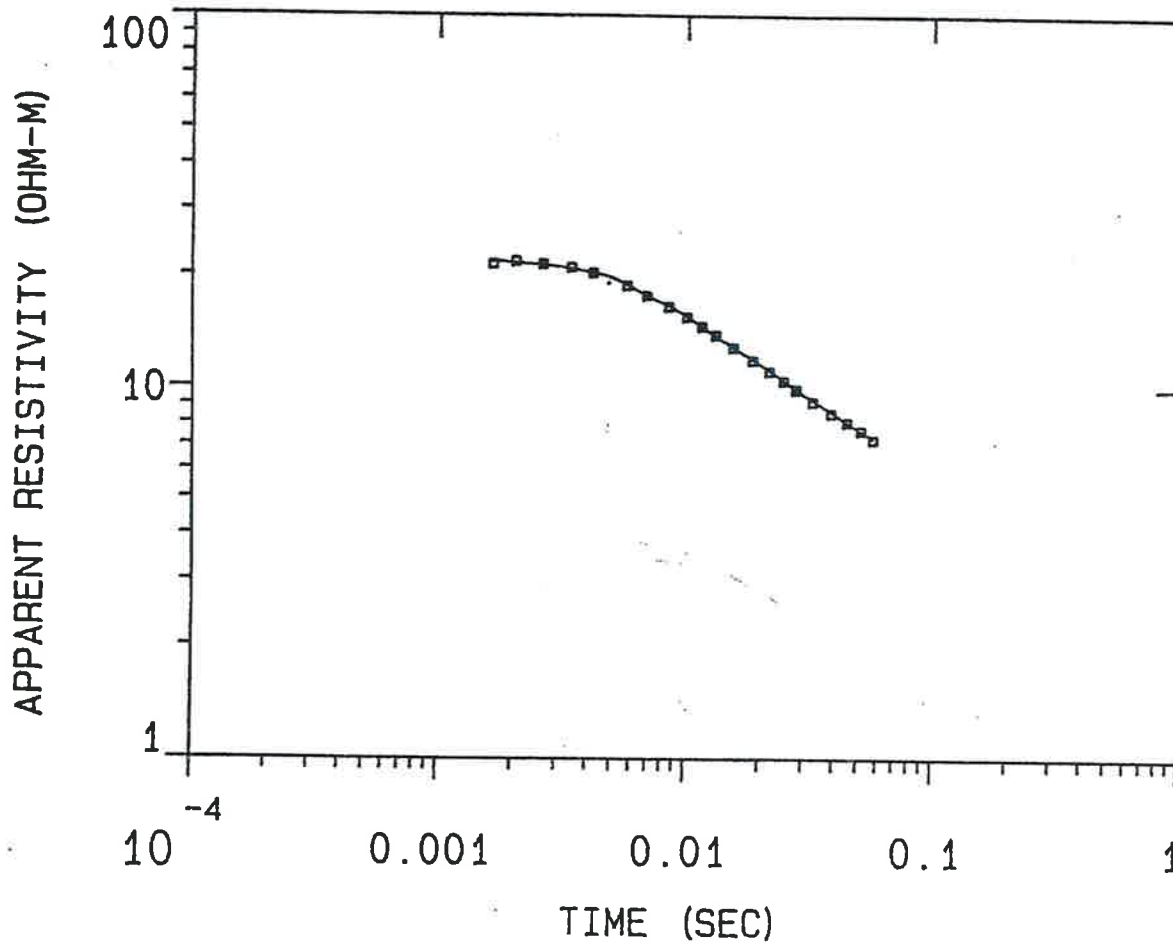


FIGURA 23

1425L



MODEL:

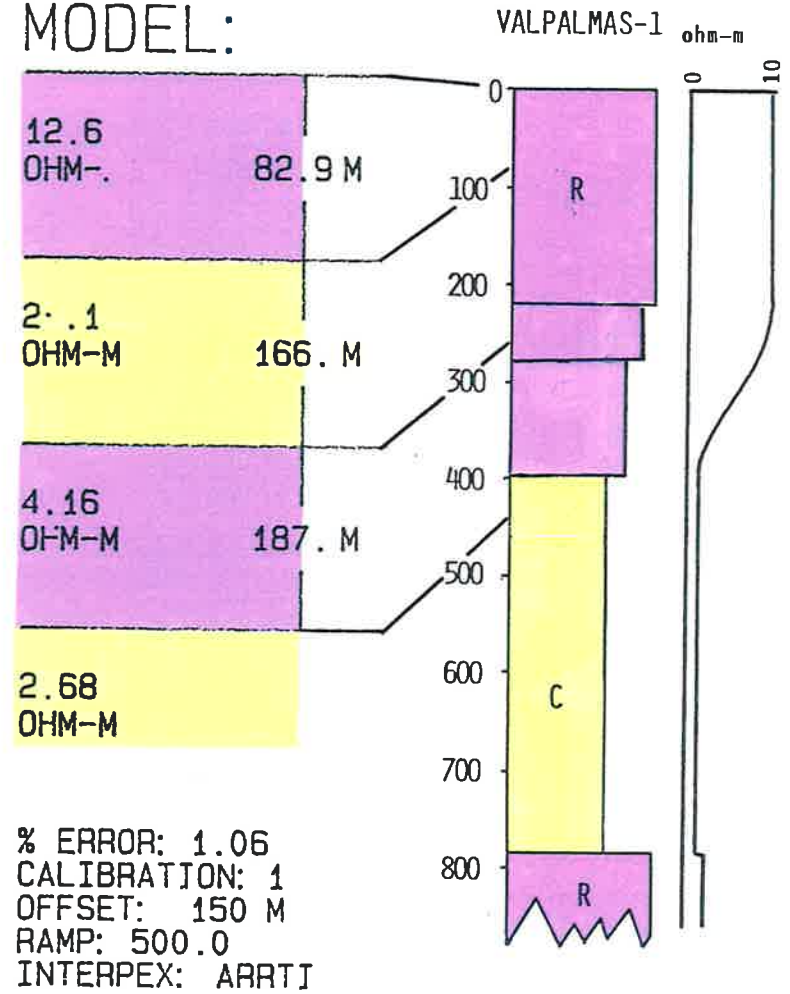
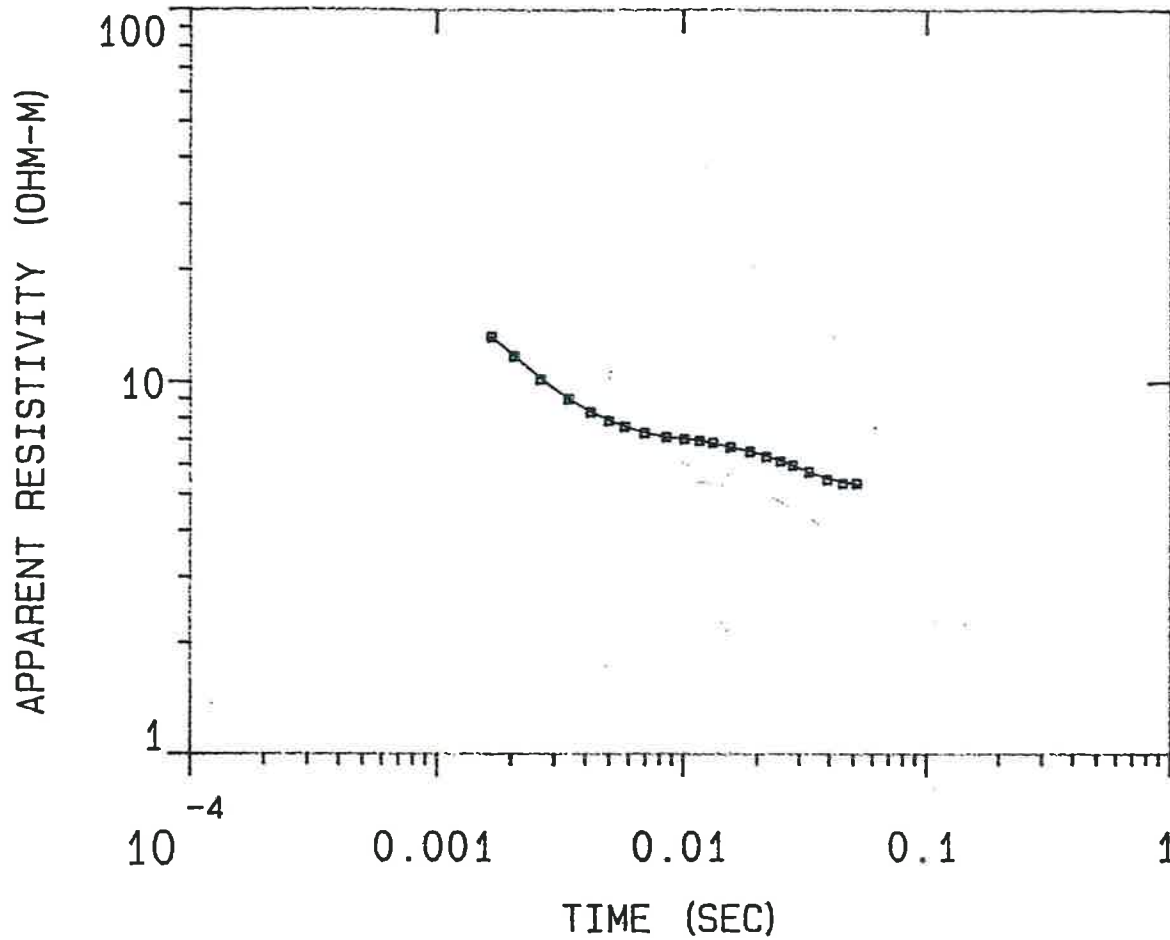
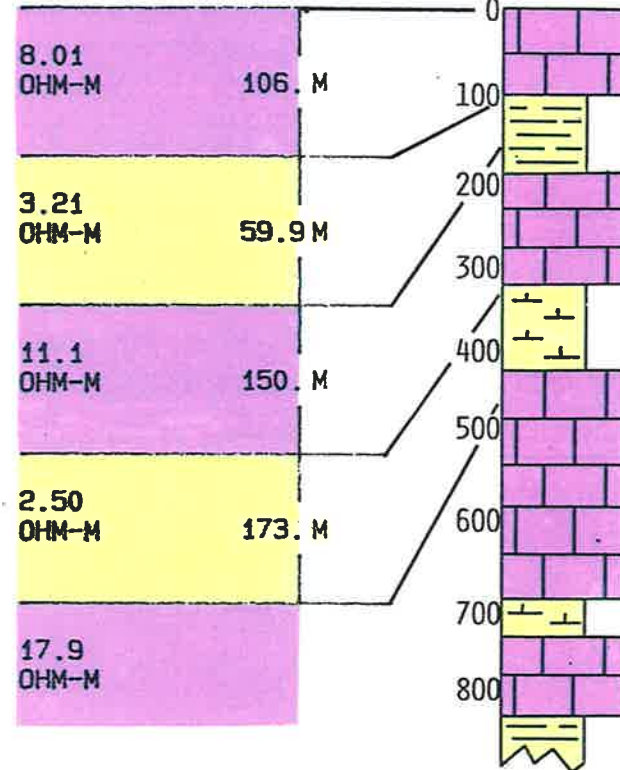


FIGURA 24

F230L



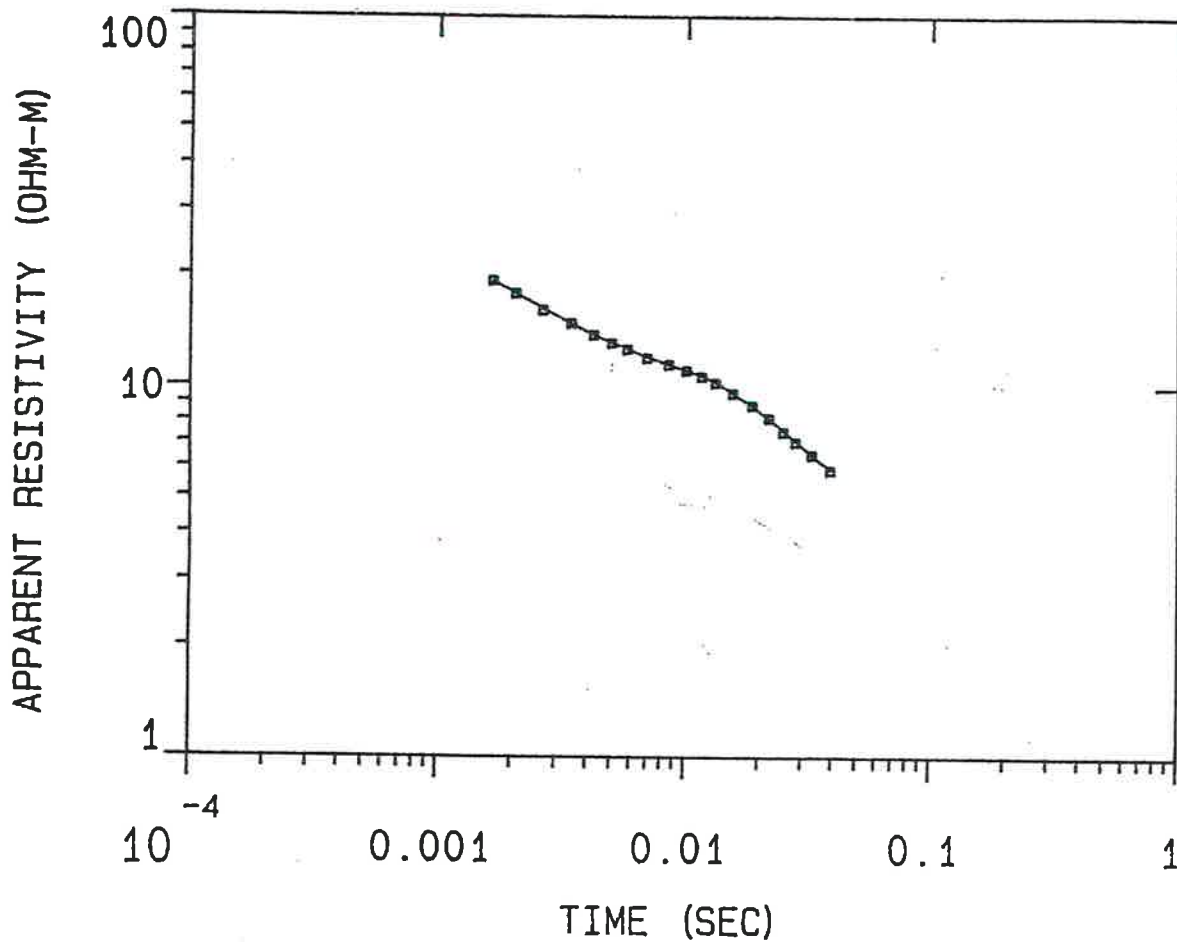
MODEL:



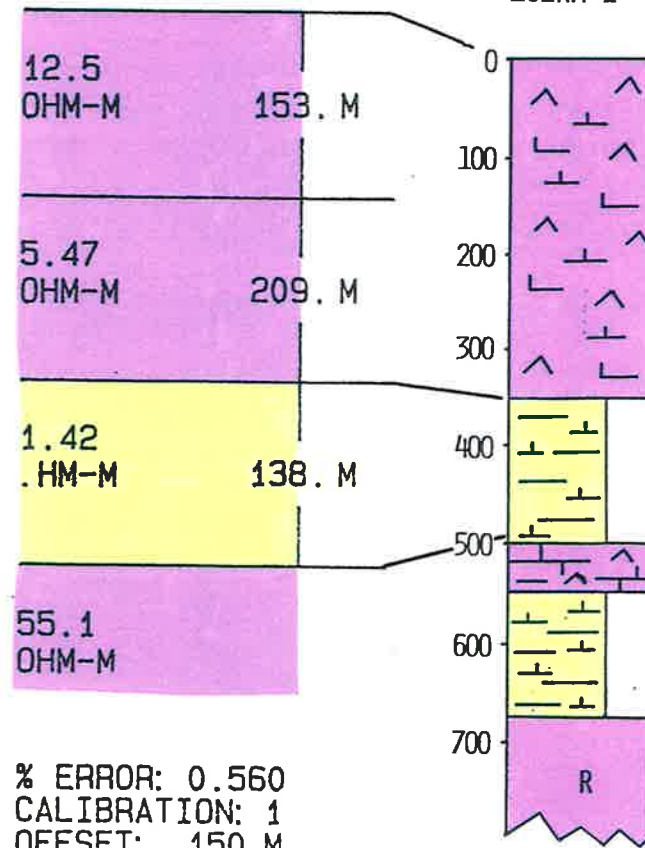
% ERROR: 0.589
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 RAMP: 500.0
 INTERPEX: ARRTI

FIGURA 25

1431L



MODEL:



% ERROR: 0.560
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 RAMP: 500.0
 INTERPEX: AARTI

FIGURA 26

El SEDT n° 1431, situado en las proximidades del sondeo ZUERA-1, tiene una respuesta, en cuanto a sucesión de materiales conductores, muy parecida a la del sondeo petrolero (ver figura 26), con un tramo resistivo de 350 m, uno conductor de 140 m y, a la base, otro tramo resistivo.

Próximo a este último sondeo se encuentra el sondeo ZARAGOZA-1, cuya disposición de tramos en la vertical (resistivo de 360 m, conductor de 180 m y resistivo a la base) es muy similar (ver figura 27) a la del SEDT n° 1430.

El sondeo CANDASNOS-1 presenta una distribución, de techo a muro, de un resistivo de 60 m, un conductor de 230 m, con un importante tramo resistivo intercalado, y un nuevo resistivo potente. El SEDT n° 1248 presenta una sucesión similar de resistivo-conductor-resistivo, sin embargo, la intercalación más resistiva dentro del conductor (ver figura 28) sólo la denuncia con una ligera subida de la resistividad.

El SEDT n° 1135, muy próximo al sondeo GELSA-1, tiene la base del primer conductor a 220 m, seguido de un resistivo de 60 m y de un conductor menos acusado de 160 m, que descansa sobre otro resistivo basal. La distribución de tramos es similar a la del sondeo petrolero (figura 29), si bien existe un pequeño desfase en las potencias, resultando algo menores las del SEDT (ver perfil PEM-7 del Anexo).

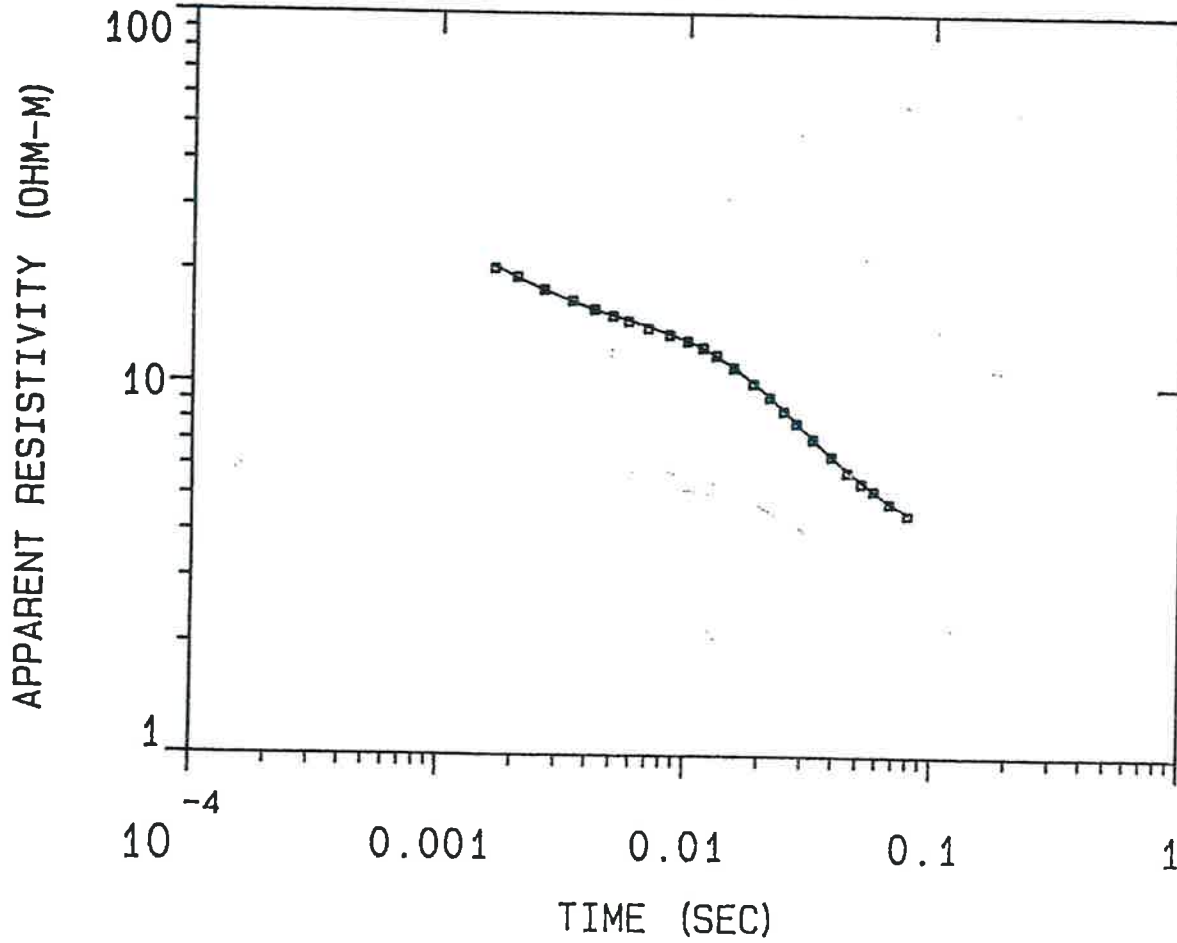
Conjuntamente con estas buenas correlaciones hay una serie de sondeos que presentan problemas de diferente naturaleza. Tal es el caso de la correlación entre el sondeo SARIÑENA-1 y los SEDT debido a no disponerse de registro eléctrico en los primeros tramos y no llegar a definir los SEDT, por cuestiones de penetración, el muro del tramo arcilloso que el sondeo atraviesa a más de 1000 m de profundidad.

El sondeo ESPLUS-1 tampoco dispone de diagráfia eléctrica, de manera que se ha procedido a la identificación del tramo arcilloso por medio del registro de Radiactividad Natural. En este registro se detecta este tramo a una determinada profundidad que, como consecuencia de la pérdida de canales útiles a causa del alto nivel de ruido, los SEDT de su entorno no llegan a resolver.

El modelo extraído de los SEDT próximos a los sondeos BALLOBAR-1 y MONAGRILLO-1 responden a la misma secuencia geoelectrica extraída de las diagráfias (figura 30), si bien se observa un cierto desfase en la cota de algunos niveles debido a causas no explicadas. No obstante, en este último no se descarta la posibilidad de que el motivo del desfase sea originado por alguna discontinuidad situada en o próxima a la vertical del sondeo.

Por lo que respecta al sondeo EBRO-2 y el SEDT nº 1288, ambos se presentan con la misma distribución de tramos/potencias en la parte inferior (figura 31), pero con ciertas discrepancias en la parte superior al coincidir los tramos conductores con intercalaciones calcáreas (en principio resistivas).

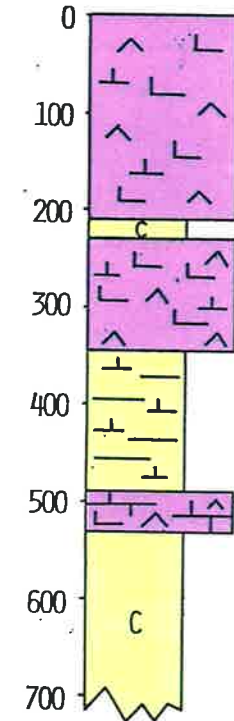
1430L



MODEL:

14.4 OHM-M	117. M
9.41 OHM-M	143. M
4.12 OHM-M	106. M
1.38 OHM-M	179. M
8.32 OHM-M	

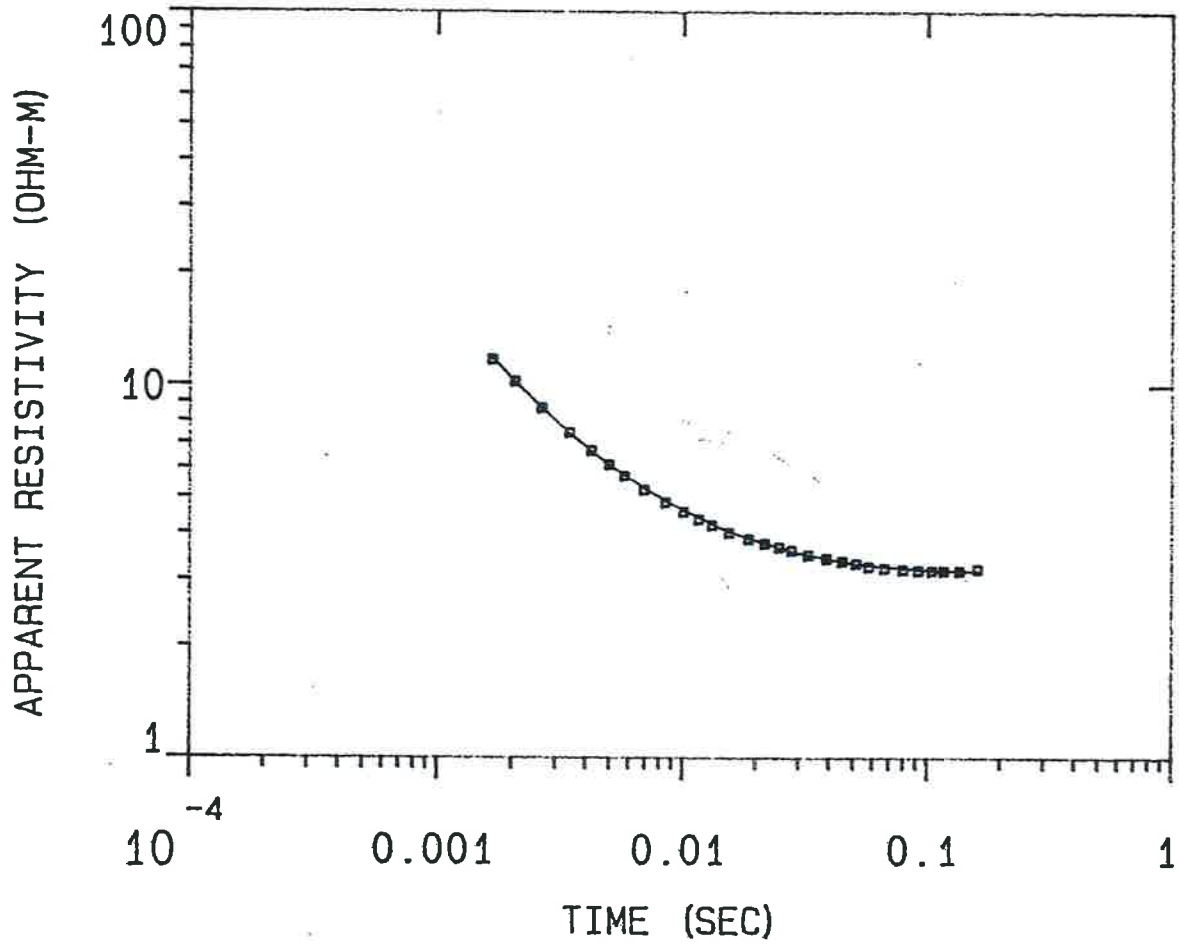
ZARAGOZA-1



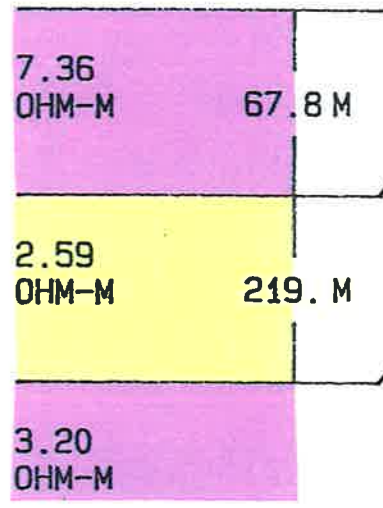
% ERROR: 0.904
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 R-MP: 500.0
 INTERPEX: ARRTI

FIGURA 27

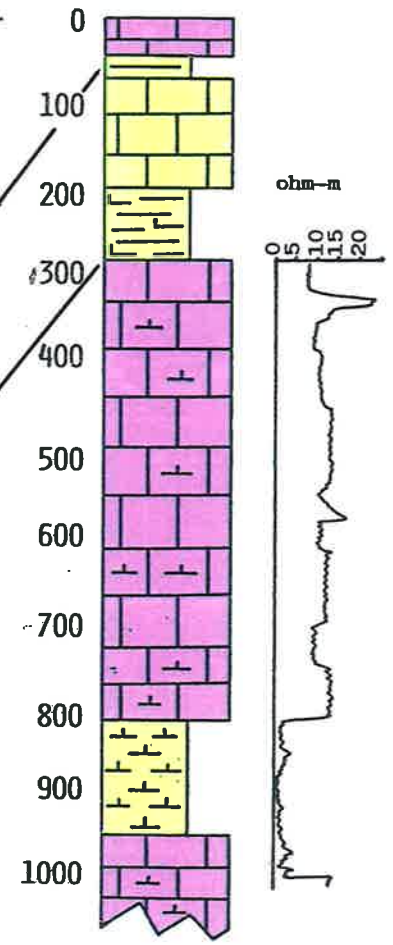
1248L



MODEL:



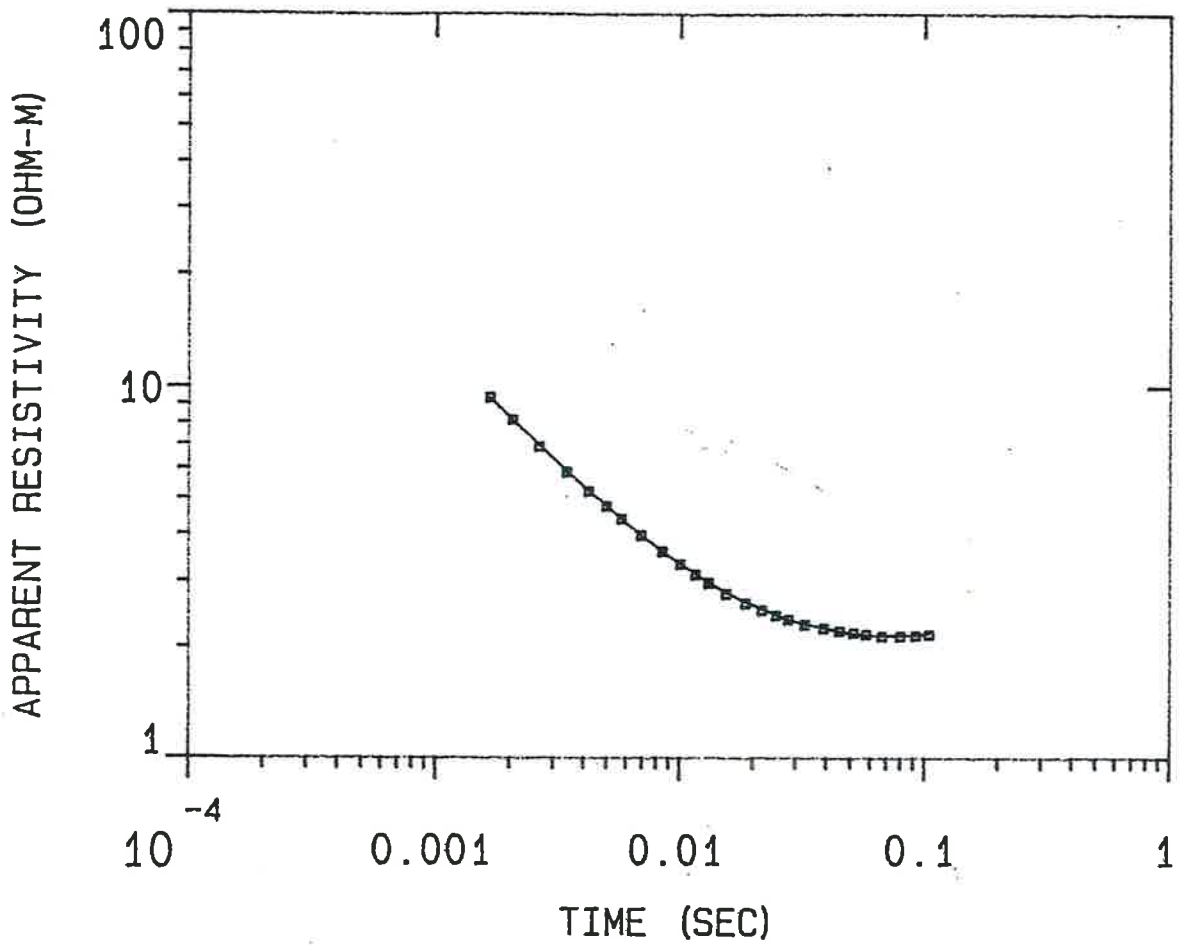
CANDASNOS-1



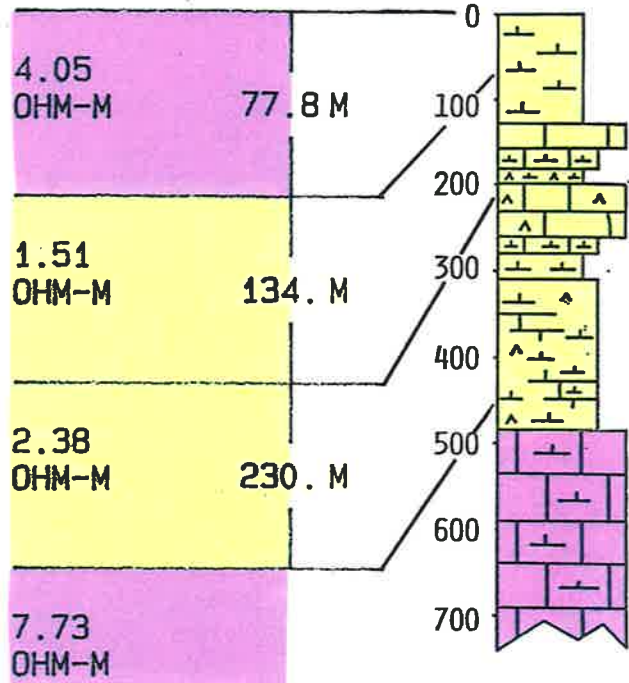
% ERROR: 0.979
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: AARTI

FIGURA 28

1136L



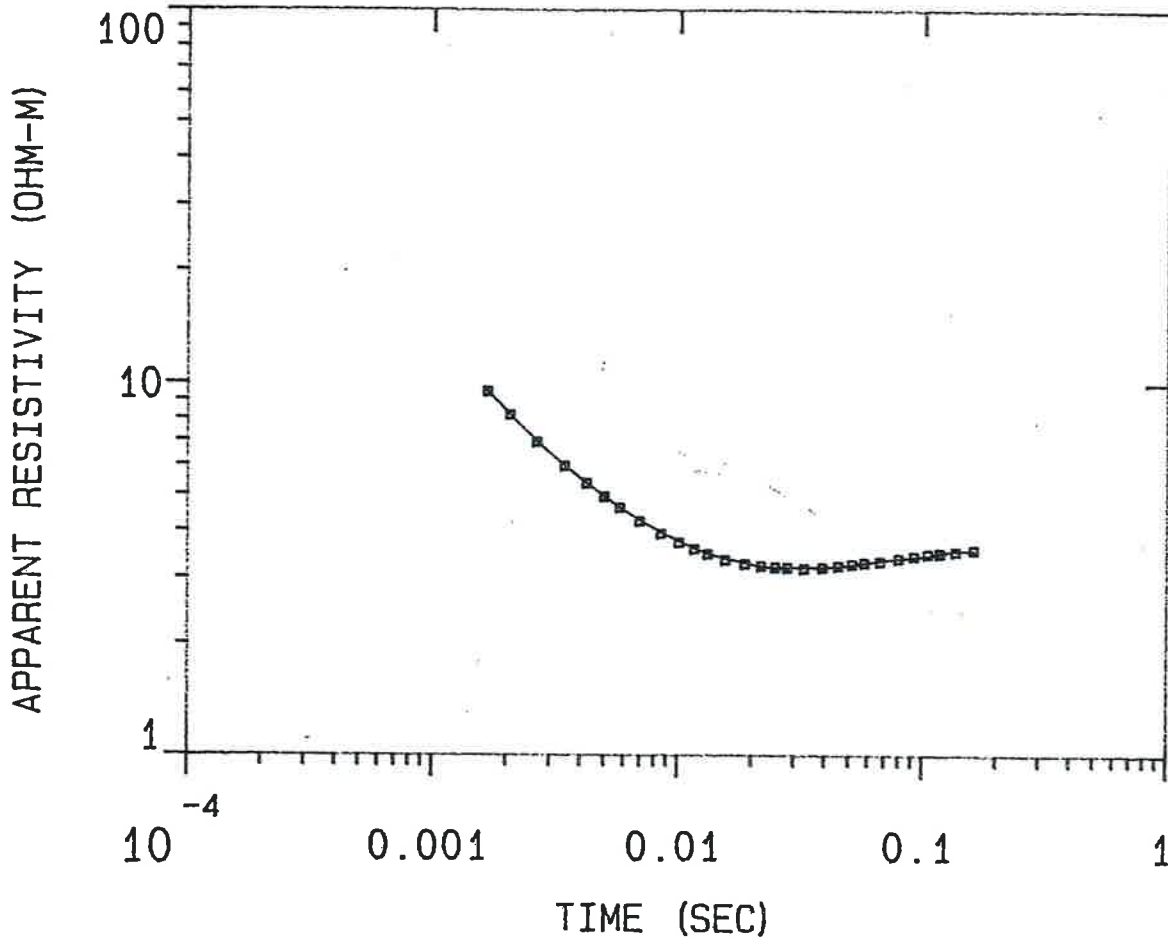
MODEL:



% ERROR: 0.692
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
RAMP: 500.0
INTERPEX: ARTTI

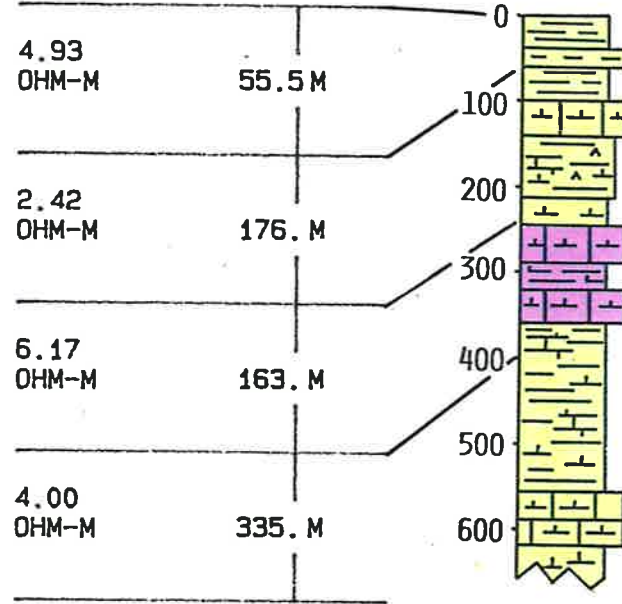
FIGURA 29

1257L



MODEL:

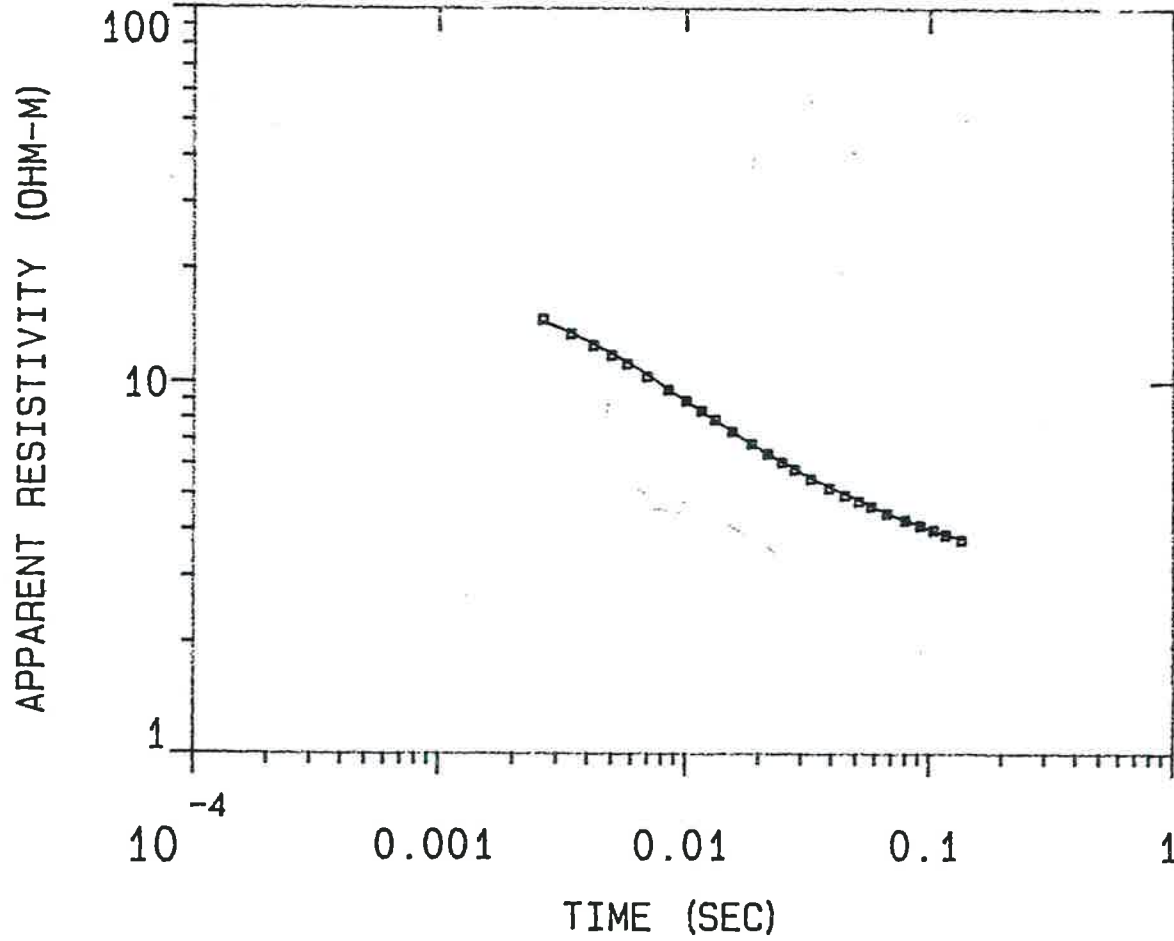
BALLOBAR-1



% ERROR: 0.686
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARRTI

FIGURA 30

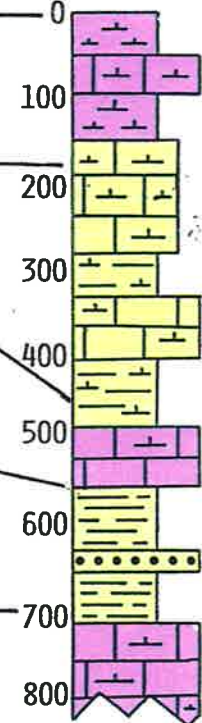
1288L



MODEL:

Layer Resistivity (OHM-M)	Layer Thickness (M)
10.1	190. M
2.61	280. M
4.03	84.8 M
2.11	184. M
8.06	

EBRO-2



Ohm-M
5
10
15

% ERROR: 0.911
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARRTI

FIGURA 31

CORRELACION ENTRE SISMICA Y SEDT

En la zona de estudio existe una amplia malla sísmica, virtud de la extensa investigación petrolera que se ha llevado a cabo durante numerosos años. Una serie de líneas coincide en su proyección con la posición de los perfiles geoelectricos, como ya se ha comentado antes, con el fin de disponer de información superpuesta y comparar así los resultados.

Es obvio pensar que las líneas sísmicas presentan la mayor claridad de información a partir de los 500-1000 metros de profundidad ya que los objetivos que buscan así lo justificaban. También es sabido que la penetración máxima de los SEDT oscila, en las mejores condiciones, en torno a los 600-800 metros. Por este motivo se podría pensar, a priori, en la incompatibilidad de observaciones que pueden realizarse en la comparación de la información procedente de ambas técnicas: los metros superiores de la sísmica, donde sí hay información de SEDT, la información es, generalmente, poco clara cuando no nula.

No obstante, existen unas líneas (Z, ZA, ZAT y BU) de direcciones variables, que permiten determinar y seguir, con diferente precisión, los reflectores de, o próximos a, la base del Terciario. Esto permite comparar la morfología de dichos niveles con la que proporcionan los perfiles geoelectricos. Esta correlación ha sido, en todo momento, aceptable.

Conviene hacer mención de la línea sísmica 91-MON realizada en este Proyecto Magna-Ebro 1 entre el sondeo PALLARUELO-1 y unos kilómetros al Sur del sondeo MONEGRILLO-1. La adquisición de esta línea sísmica, realizada en Octubre de 1991, con el objetivo puesto en los metros superiores, en los materiales del Terciario, para así definir la existencia o no de las unidades conductoras y de la morfología de las mismas obtenidas a partir del perfil PEM-6.

Esta línea está parcialmente superpuesta a la mitad Sur de este perfil geoelectrico y la correlación entre ambos documentos es buena en las primeras interpretaciones, tanto en cuanto a la disposición de las unidades conductoras como en cuanto a la morfología de las mismas. Se observa una unidad basal, con techo subhorizontal pero con la base marcada por irregularidades del substrato, y una unidad conductora superior con una conservación más acusada de la horizontalidad. Las dos unidades identificadas en la línea sísmica como arcillosas por el carácter más "transparente" de sus reflectores tienen una clara correspondencia con las del perfil PEM-6.

CORRELACION ENTRE LOS SEDT. PERFILES DE SEDT

Resultando aceptable la correlación entre SEDT y sondeos, se ha procedido, de acuerdo con lo expresado en el apartado de procesado de los datos, a aplicar los modelos extraídos de los sondeos y correlacionar la información suministrada por los SEDT. Ello ha dado lugar a la confección de una serie de perfiles geoelectricos, que se presentan a dos escalas diferentes: 1/50.000 (planos 16 al 24) y 1/200.000 (planos 25-30).

Sobre estos perfiles, se presentan correlacionados los diferentes SEDT tras unirse en la horizontal las capas de resistividades o potencias parecidas, habiéndose señalado con línea discontinua las correlaciones que resultan más dudosas, bien por falta de penetración del método en los niveles más profundos, bien porque se trate de datos extrapolados. Estos aspectos vienen reflejados por diferencias sustanciales en los valores de resistividad en una misma capa o por diferencias en las potencias de las capas.

En estos perfiles se resaltan en color aquellos niveles cuya correlación ha sido posible y son considerados de interés por su contenido más arcilloso (resistivida-

des aparentes menores de 2 ohm-m). Con el fin de unificar colores a efectos de una rápida identificación en perfiles y mapas, se han destacado los sectores de las formaciones de resistividad menor de 1.5 ohm-m con color amarillo y, con color naranja, los sectores con resistividad comprendida entre 1.5 y 2 ohm-m.

Un análisis global de todos los perfiles permite determinar la existencia de tres formaciones arcillosas en la vertical. La unidad arcillosa inferior está presente en el sector del sondeo MONEGRILLO-1, la unidad intermedia se presenta en prácticamente toda la zona estudiada y la superior lo hace fundamentalmente en el sector occidental.

Teniendo presentes estas diferentes unidades, se exponen a continuación los resultados obtenidos de los cortes geoelectricos referidos, en un primer apartado, a cada uno de los perfiles y, en un segundo apartado, a la totalidad del área, con una visión más regional.

PERFIL PEM-1

Dirección: NO-SE

Realización: 1ª Fase (1990) y 2ª Fase (1991).

Unidades conductoras atravesadas: Inferior e intermedia.

Sondeos presentes:

* VALPALMAS-1: El modelo es variable entre tres y cinco capas dependiendo de la existencia de intercalaciones más conductoras dentro del resistivo superior. El modelo simple indica la presencia de un material resistivo superior (algo más conductor hacia la base), un conductor y un resistivo basal.

* PALLARUELO-1: El documento geofísico inicial que constituye el Perfil PEM-6, realizado en Noviembre de 1990, fué utilizado como documento de

trabajo para la implantación de este sondeo. Dentro de este perfil PEM-1 también existe una buena continuidad del modelo en los SEDT hacia el NO y el SE del sondeo.

Las unidades conductoras intermedia e inferior se presentan unidas en la parte septentrional del perfil, mientras que hacia las partes central y meridional se identifica un nivel resistivo intermedio que las separa. Al no ser un perfil perpendicular a la inclinación general de las capas en la zona, se puede apreciar una tendencia muy horizontalizada de las capas conductoras. La potencia varía entre 150 y 200 metros aunque, en ocasiones, aumenta bien por propio engrosamiento, bien por unión de las dos capas.

La parte central del perfil es la que presenta las unidades conductoras con unos valores de resistividad más bajos. La unidad inferior tiene muy poca representación en cuanto a tramo con características conductoras pues los valores inferiores a 1.5 ohm-m se observan en muy pocos SEDT.

La unidad intermedia, sin embargo, presenta una extensión con carácter más conductor en un sector más amplio. Su resistividad aumenta de forma más o menos brusca hacia el NO y de forma gradual hacia el SE.

El aumento en los valores de la resistividad del paquete conductor intermedio en ambas direcciones, pasando de valores de resistividad menores de 2 ohm-m a mayores de 4 ohm-m parece indicar una disminución más o menos progresiva de la fracción arcillosa en esas mismas direcciones.

PERFIL PEM-2

Dirección: NO-SE

Realización: 1ª Fase (1990), 2ª Fase (1991) y 3ª Fase (1992).

Unidades conductoras atravesadas: Superior, Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes:

- * ZARAGOZA-1: El modelo simple de 3 capas (un resistivo potente, un conductor y otro resistivo a la base) concuerda claramente con la sucesión de materiales en la vertical que se observan en este sondeo, por lo que se ha empleado, aunque con variaciones en cuanto a mayor presencia de niveles intercalados, para correlacionar los SEDT de este sector del perfil y del perfil que atraviesa a este perpendicularmente, el PEM-4.
- * ZUERA-1: La cercanía a ZARAGOZA-1 y la similitud en la serie atravesada permiten hacer extensivos los datos de aquel sondeo a éste.
- * MONEGRILLO-1: El modelo inicial de cinco capas utilizado en el procesamiento de los datos (3 tramos resistivos más 2 tramos conductores intercalados) fue extraído de la diagrafiá eléctrica de este sondeo y extrapolado hacia el NO y hacia el SE.
- * EBRO-1:

Se trata de uno de los pocos perfiles en los que se encuentran presentes las tres unidades conductoras. La unidad superior, sólo presente en la parte Noroccidental del perfil, tiene muy poca continuidad hacia el Este y un espesor muy reducido, aunque constante, de 130-150 metros.

La unidad inferior tiene una potencia en torno a los 150-200 metros y unas resistividades generalmente altas (2-3 ohm-m) dentro de los márgenes de baja resistividad de la misma.

La unidad intermedia, presente en todo el perfil, guarda también una constancia bastante acusada tanto en lo que se refiere a la potencia (unos 150-200 metros) como en lo referente a valores de resistividad (más del 50% de las mediadas ronda entre 1.4 y 1.6 ohm-m). Se trata de una unidad, en este perfil, que presenta un hundimiento suave, aunque constante, desde el Este hacia el Oeste.

Por lo que respecta a la evolución lateral de los valores de resistividad de las unidades conductoras, tanto en la superior como en la inferior existe un aumento en la conductividad de las mismas hacia el Oeste. El mismo proceso se observa, aunque más claramente, en la capa intermedia, al pasar de valores superiores a 2 ohm-m, en el SE, a valores en torno a 1.7-1.5 ohm-m, en la parte centro-oriental, y a valores entre 1.4 y 1 ohm-m, en la parte centro-occidental. En el extremo occidental la capa conductora intermedia desaparece, tal vez por cambio lateral a materiales más resistivos.

Un rasgo muy importante a destacar en este perfil es el referente a la presencia de niveles de muy alta resistividad (de 20 a 80 ohm-m) en el sector noroccidental. Estos valores altos podrían corresponder a intercalaciones de naturaleza halítica con gran potencia, lo que presentaría concordancia con los conocimientos que se tenían hasta ahora de existencia de estas evaporitas en esta zona.

PERFIL PEM-3

Dirección: NE-SO

Realización: 1ª Fase, 1990; 2ª Fase, 1991 y 3ª Fase, 1992.

Unidades conductoras atravesadas: Superior e Intermedia.

Sondeos presentes:

- * VALPALMAS-1: El modelo es variable entre tres y cinco capas dependiendo de la existencia de intercalaciones más conductoras dentro del resisti-

vo superior. El modelo simple indica la presencia de un material resistivo superior (algo más conductor hacia la base), un conductor y un resistivo basal.

Este perfil se ha compuesto por la unión de dos perfiles alineados según una dirección NE-SO y separados 12 Km, lo cual explica la dificultad en la correlación que se ha presentado. En la mitad septentrional del perfil se detecta el paquete arcilloso intermedio con mayor homogeneidad en cuanto a espesor y resistividad (variando entre 2.1 y 3.3 ohm-m). En la mitad meridional la capa que mejor se detecta es la superior, aunque con valores altos (mayores de 2.5 ohm-m).

Las variaciones relativamente importantes observadas en la cota del muro de la formación conductora intermedia, le proporcionan un relieve que podría ser un reflejo de deformaciones o estructuras más profundas.

En determinados SEDT del extremo meridional de este perfil se identifica un tramo con resistividades altas, entre las unidades superior e intermedia, que podría corresponder a materiales de naturaleza halítica.

PERFIL PEM-4

Dirección: NE-SO

Realización: 2ª Fase, 1991.

Unidades conductoras atravesadas: Superior, Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes:

* ZARAGOZA-1: El modelo simple de 3 capas (un resistivo potente -formado por tres resistivos-, un conductor y otro resistivo a la base) concuerda claramente con la sucesión de materiales en la vertical que se observan en

este sondeo, por lo que se ha empleado, aunque con variaciones en cuanto a mayor presencia de niveles intercalados, para correlacionar los SEDT de este sector del perfil y los del que lo atraviesa perpendicularmente, el PEM-1.

* ZUERA-1: La cercanía a ZARAGOZA-1 y la similitud en la serie atravesada permiten hacer extensivos los datos de aquel sondeo a éste.

Se presentan en este perfil las tres unidades conductoras, si bien, tanto la inferior como la superior apenas tienen representación en cuanto a detección o en cuanto a valores de resistividad lo suficientemente bajos como para tenerlos en consideración en los comentarios de las unidades de contenido, en principio, más arcilloso.

Por lo que respecta a la unidad conductora intermedia, se presenta con una potencia muy constante (en torno a los 180 m, aunque puede subir, en ocasiones, a los 250 m y bajar a los 120 m) y unos valores de resistividad muy homogéneos (1.2-1.5 ohm-m), lo que permite caracterizar muy bien a esta unidad en este sector.

Teniendo en cuenta esta homogeneidad en la zona, quizá el hecho más destacado sea el referente al buzamiento. Si bien éste es muy tenue a lo largo del perfil, entre los SEDT 100N y 106N presenta una inflexión muy acusada que hace variar las profundidades relativamente someras (50 m), en el Norte, a profundidades del techo de la unidad cercanas a 350 m, en la parte central del perfil.

Los altos valores de resistividad que presentan los SEDT de la parte meridional en el tramo suprayacente a la unidad intermedia podrían corresponder a materiales salinos.

PERFIL PEM-5

Dirección: NE-SO

Realización: 2ª Fase, 1991.

Unidades conductoras atravesadas: Superior, Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes: Ninguno

Al igual que se comentaba para el perfil PEM-4, en éste también se presentan las tres unidades conductoras y, tanto la inferior como la superior, apenas tienen representación en cuanto a detección o en cuanto a valores de resistividad suficientemente bajos.

Las características de la unidad intermedia son muy similares a las definidas para la misma unidad en el perfil PEM-4, aunque con ligeras variaciones. Por lo que respecta a la potencia, es generalmente mayor (en torno a los 200-220 m, de media). Existe un tramo importante del perfil, parte centromeridional, en la que no se ha detectado la base de este nivel por lo que se desconoce su potencia real.

La variación de resistividades es más acusada, desde valores mayores de 2 ohm-m, en el Norte, a valores de 1 ohm-m, en el Sur, pasando por los intermedios de forma gradual.

La tendencia de la capa intermedia presenta los mismos rasgos que se han comentado para la unidad del perfil PEM-4, observándose la inflexión más acusada entre los SEDT 1320 y 1326.

El tramo situado entre las unidades superior e intermedia tiene, en la parte sur del perfil, valores de resistividad altos, en principio atribuibles a presencia de sal.

PERFIL PEM-6

Dirección: NE-SO

Realización: 1ª Fase, 1990 y 2ª Fase, 1991.

Unidades conductoras atravesadas: Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes:

* MONEGRILLO-1: El modelo inicial de cinco capas utilizado en el procesamiento de los datos (3 tramos resistivos más 2 tramos conductores intercalados) fue extraído de la diagráfia eléctrica del sondeo MONEGRILLO-1 y extrapolado hacia el NE y hacia el SO.

* PALLARUELO-1: El documento geofísico inicial que constituye el perfil, realizado en Noviembre de 1990, fué utilizado como documento de trabajo para la implantación de este sondeo. Se puede apreciar la exactitud en el calado de la formación conductora del sondeo en el nivel conductor del perfil geoelectrico.

* SARIÑENA-1: La unidad conductora inferior del sondeo se identifica, aunque con un espesor algo más reducido, en el perfil geoelectrico.

Conviene hacer una mención referente a la ejecución de este perfil, en dos campañas diferentes: durante 1990 se registraron desde el SEDT nº 1 hasta el extremo Norte; la densificación de la parte meridional y extensión hacia el Sur se llevó a cabo en la segunda fase (1991). El motivo principal de realizar nuevos SEDT en la segunda fase no es otro que el ampliar el número de datos en esta zona donde la resistividad es menor y, en principio y consecuentemente, la arcillosidad mayor.

Los resultados obtenidos en la correlación del procesado individual de cada SEDT se muestran sobre el plano nº XX del Anexo de cortes geoelectricos y, sobre él puede seguirse la evolución de los tramos resistivos y conductores de manera muy

continua. Esta evolución, sin embargo, presenta diversas alternativas. Por ejemplo, al llevar el modelo inicial (SEDT nº 13) a los SEDT situados en la proximidad del sondeo SARIÑENA-1, el modelo continúa siendo de 5 capas, pero se invierte el orden de resistividad de la segunda y tercera capas, siendo ahora más resistiva la segunda que la tercera.

En otros casos (SEDT nº 67-71) se pierden canales útiles y, como consecuencia, capacidad de penetración, siendo necesario trabajar, por lo tanto, con modelos de menos capas (tres capas).

Lo más destacado del perfil es la evolución observada en el valor de la resistividad del tramo conductor inferior, que pasa de valores del orden de 5 ohm-m, en la parte Norte, valores próximos a 1 ohm-m, en el extremo Sur. En lo que se refiere a este tramo conductor inferior se observan sobre el perfil cuatro zonas que son significativas de la evolución de los valores de resistividad a lo largo del perfil P-1. Se acompaña un gráfico (figura nº 32) en el que se muestran cuatro curvas que vienen a representar el comportamiento de cada una de las zonas. La evolución, de Norte a Sur, es como sigue:

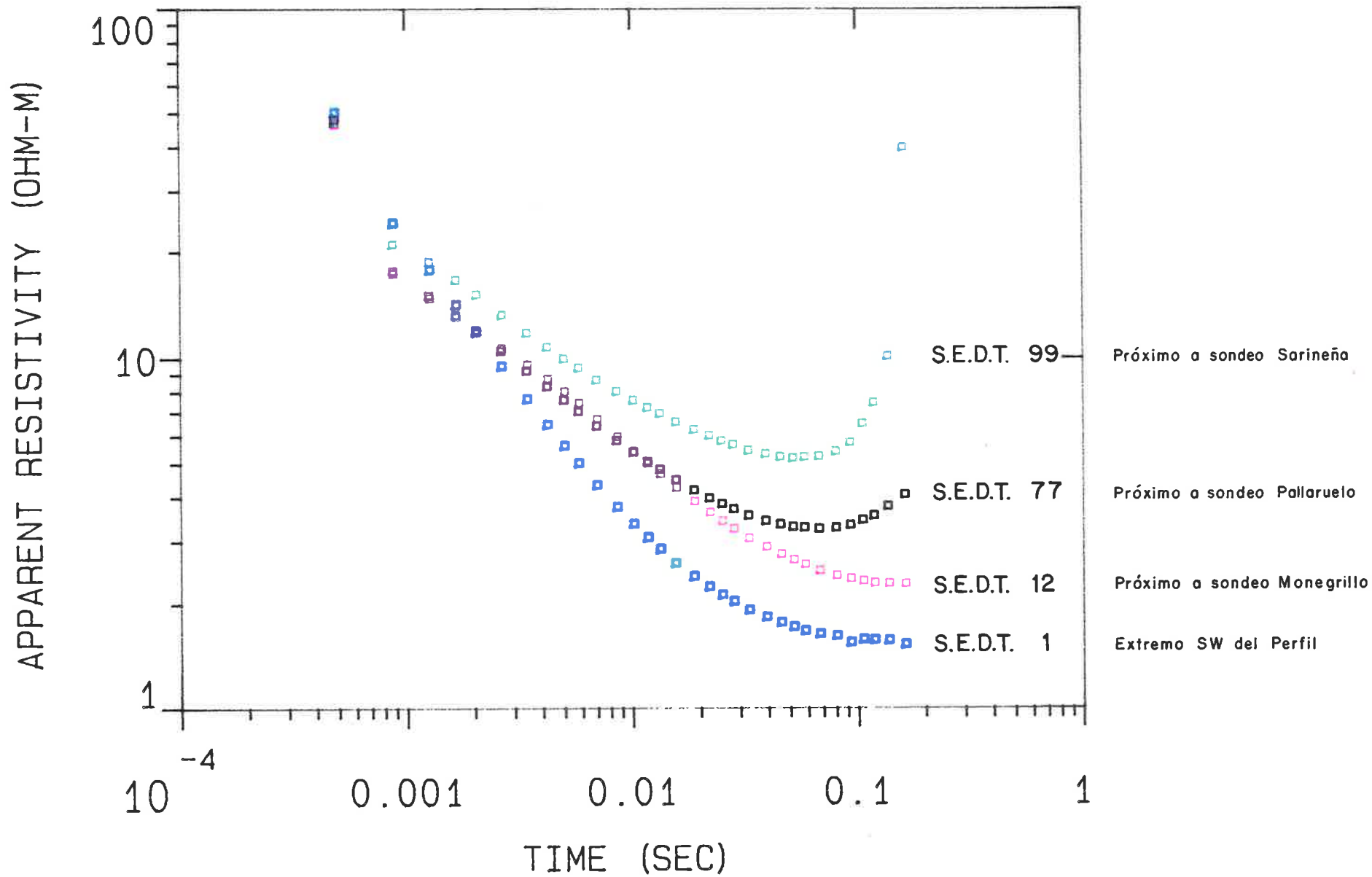
* Sector del sondeo SARIÑENA-1: SEDT nº 96-107 (curva representativa SEDT nº 99). Resistividades, en el tramo equivalente a la unidad conductora intermedia, entre 3.7 y 6 ohm-m. En más del 90% de los valores, la resistividad es superior a 4 ohm-m. El sondeo SARIÑENA-1, por otra parte, confirma la presencia de materiales detríticos a la profundidad donde se localiza el tramo conductor.

* Sector del sondeo PALLARUELO-1: SEDT nº 68-85 (curva representativa SEDT nº 77). La resistividad de la unidad conductora intermedia oscila entre 2 y 2.2 ohm-m. El sondeo PALLARUELO-1 presenta un tramo de materiales más arcilloso-limosos cuya profundidad concuerda perfectamente con las previsiones avanzadas por la testificación geofísica previa.

En un análisis estadístico de resistividades realizado entre el SEDT n° 65 y el SEDT n° 95, el rango de valores es de 1.7 ohm-m a 2.4 ohm-m, estando más del 90% de los valores comprendido entre 1.8 y 2.2 ohm-m (ver histograma de frecuencias en la figura 33). Este histograma se ha comparado con el confeccionado para el tramo arcillo-limoso del sondeo PALLARUELO-1, tal y como puede verse en la figura 34. En dicha figura se incluyen, al igual que en el histograma de la figura 33 los parámetros estadísticos. Se pueden observar desviaciones mínimas (del orden de 0,5 ohm-m) entre las dos series de medidas (corte geoelectrico y diagráfia) en lo que se refiere a los valores de resistividad. Esto viene a confirmar que la resistividad obtenida por medio de los SEDT es extraordinariamente coincidente con la obtenida en las diagráfias.

* Sector del sondeo MONEGRILLO-1: SEDT n° 51N-61N, 1-19 y H201-H224 (curva representativa SEDT n° 12). Las resistividades entre 1 y 1.6 ohm-m en las dos unidades conductoras registradas (intermedia e inferior) y la información extraída de las diagráfias del sondeo MONEGRILLO-1, manifiestan la presencia de formaciones más arcillosas que las encontradas en el sondeo PALLARUELO-1. En este sector se puede apreciar el acuñaamiento de las dos unidades menos resistivas en dirección Sur.

Se observa, por tanto, un aumento más o menos gradual, pero continuo, de los valores de resistividad del tramo conductor intermedio en dirección Norte, aspecto que queda reflejado en las curvas de SEDT de la figura n° 32. Esta variación se atribuye, de acuerdo con los principios físicos que gobiernan la respuesta del método, a una disminución de la fracción arcillosa del tramo en cuestión en esa dirección.



Por lo que respecta a la formación conductora inferior, perforada en los sondeos MONEGRILLO-1 y SARINENA-1, se puede seguir su techo y, en ocasiones (sobre todo al Sur, por estar menos profunda), su base a lo largo de los perfiles geoelectricos, exceptuando los SEDT próximos a la Sierra de Alcubierre.

En la zona en que este perfil atraviesa la Sierra de Alcubierre (SEDT 23 al 26 y SEDT 65 al 72), se registra una serie de niveles superficiales resistentes (hasta 90 ohm-m) que alcanzan un desarrollo importante al superar los 200 metros de potencia. Su atribución litológica más probable sería la de materiales carbonáticos.

Los buzamientos de las unidades conductoras y resistentes, por otra parte, son suaves en líneas generales, excepto en algunas zonas en las que se producen cambios de pendiente más violentos, como sucede entre los SEDT 11 y 14 del perfil PEM-1, entre los SEDT 19 y 23 también del perfil PEM-1, y entre los SEDT 32 y 39 del perfil PEM-2. No se descarta que puedan ser debidos al efecto de estructuras profundas de cierta relevancia.

PERFIL PEM-7

Dirección: NE-SO

Realización: 2ª Fase (1991).

Unidades conductoras atravesadas: Inferior y Media.

Sondeos presentes:

* GBLSA-1: El modelo geoelectrico de 5 capas es el que mejor se adapta al sector meridional del Perfil PEM-7 al detectarse el nivel resistivo existente entre las dos capas más conductoras.

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS: ZONA S. PALLARUELO (SEDT 65 AL 95)

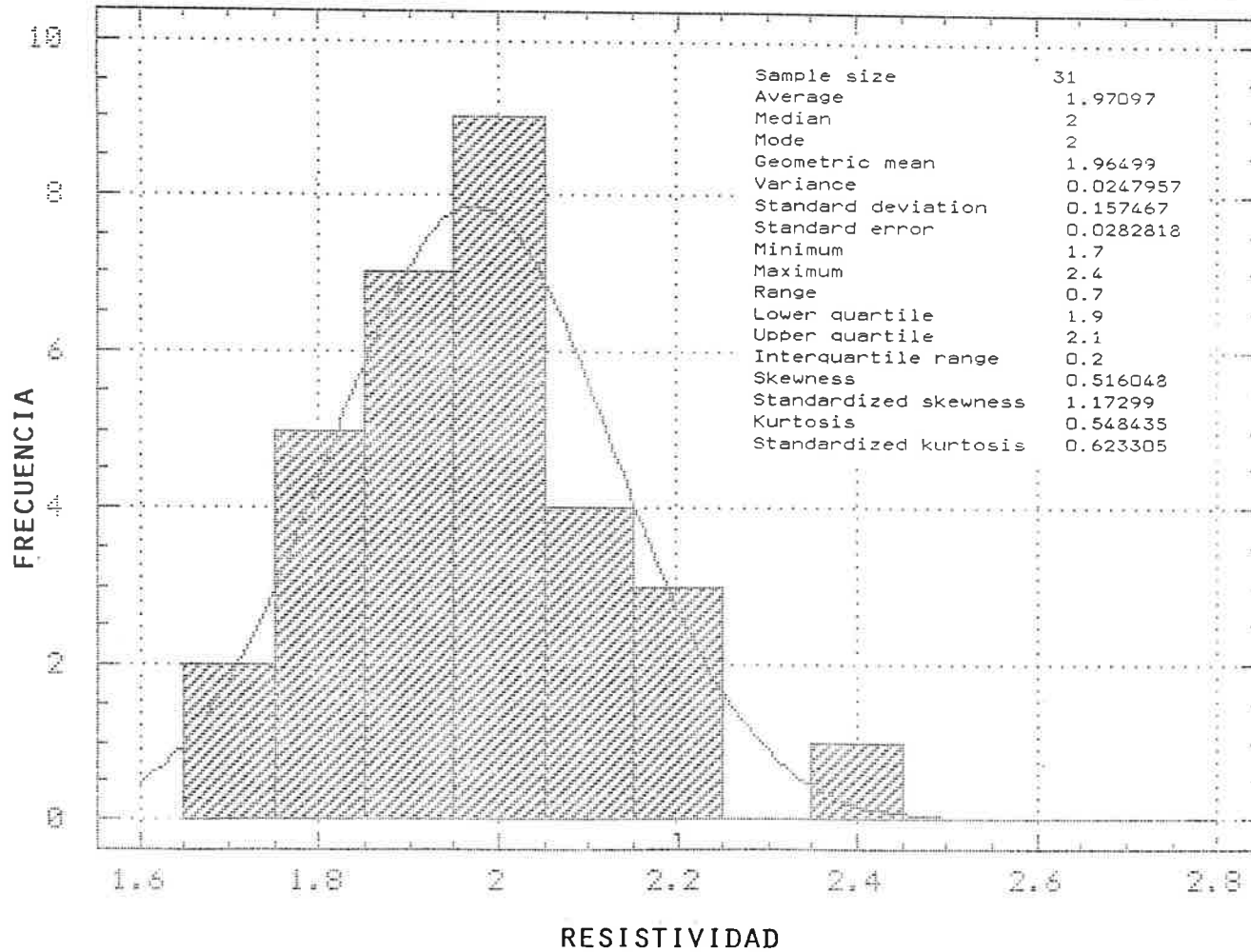


FIG.33: HISTOGRAMA DE RESISTIVIDADES DEL CORTE GEOELÉCTRICO DEL ÁREA DE CINCA-MONEGROS.

SONDEO PALLARUELO HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE RESISTIVIDAD

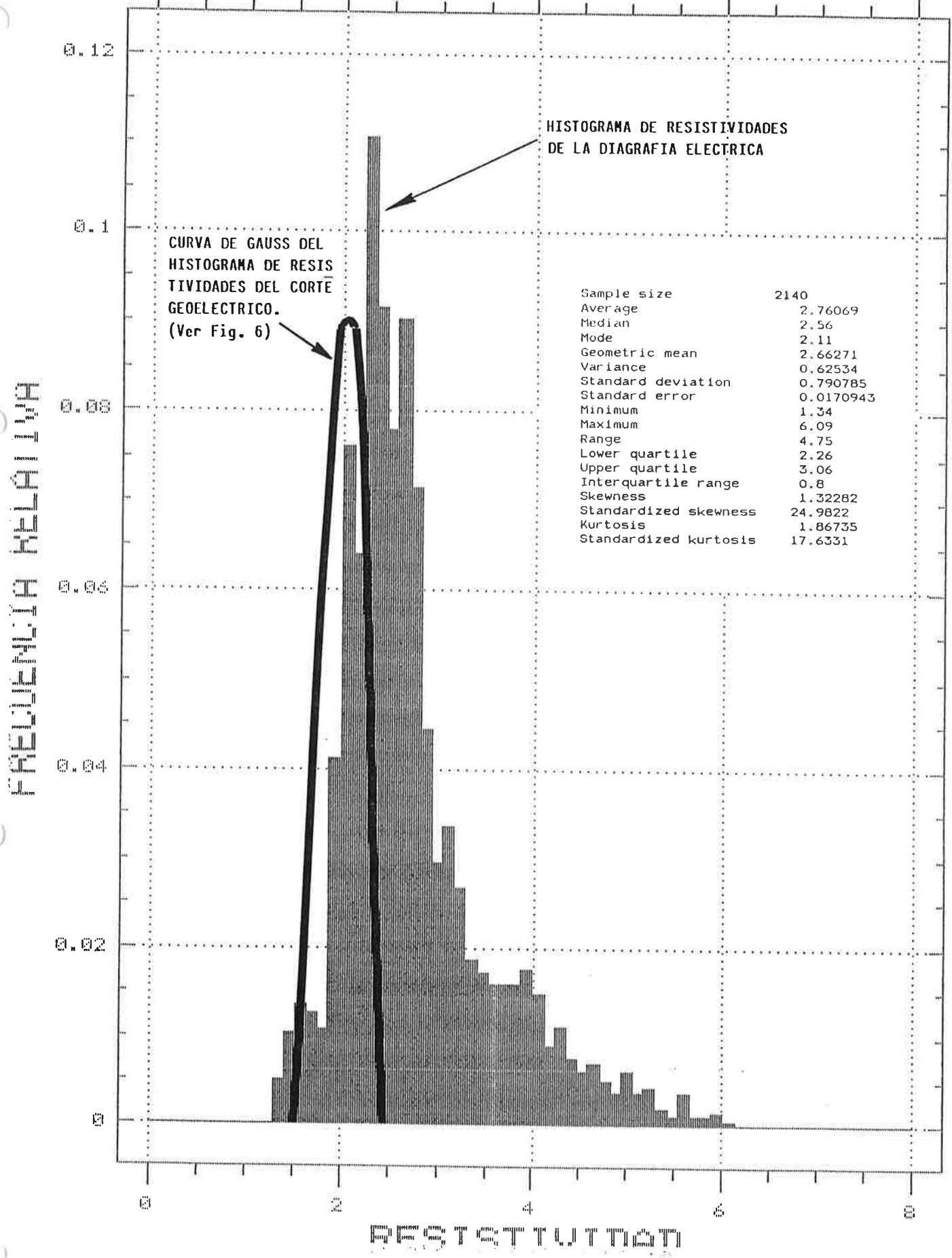


FIG. 34: HISTOGRAMA DE RESISTIVIDADES DE LA DIAGRAFÍA ELÉCTRICA DEL SONDEO PALLARUELO.

* EBRO-2: Situado en el extremo NO del perfil, el modelo de capas de este sondeo presenta problemas de continuidad en el sector debido, probablemente a cuestiones de tipo estructural (plegamientos, fallas).

El perfil de correlación, realizado con las interpretaciones individuales de cada SEDT, se puede ver en el plano nº 21 del Anexo de cortes geoelectricos.

Al realizar la unión de los SEDT se puede observar una evolución de las unidades de diferente resistividad muy parecida a la que muestra el Perfil PEM-6, situado al NE de éste.

Al Norte del perfil se determina la existencia, entre capas resistivas, de dos capas conductoras, aunque con una resistividad no muy baja, con una tendencia ascendente hacia la Sierra de Alcubierre. En el sector de esta sierra, la disposición de capas se complica al complicarse también la interpretación de los SEDT: ahora existen dos paquetes resistivos con una potente capa conductora intermedia que, en ocasiones se presenta diferenciada en dos capas de resistividad parecida.

Al Sur del cruce con el Perfil PEM-10, el modelo de tres capas (al Norte de la Sierra de Alcubierre) y de cuatro capas (al Sur de la misma) cambia, para adaptarse mejor a la respuesta de los SEDT, a un modelo de 5 capas. Estas capas presentan un adelgazamiento continuo hacia el Sur así como una trayectoria ascendente en el mismo sentido. Los buzamientos son suaves generalmente, excepto en las proximidades a la Sierra de Alcubierre donde, probablemente por efecto de estructuras profundas de cierta relevancia, se producen cambios más acusados de pendiente.

Del mismo modo que sucedía en el Perfil PEM-6, en este perfil también existe una evolución, dentro de las capas conductoras, hacia una disminución de la resistividad en sentido meridional.

PERFIL PEM-8

Dirección: NE-SO

Realización: 2ª Fase, 1991.

Unidades conductoras atravesadas: Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes:

* EBRO-1, BUJARALUZ-1, CANDASNOS-1 y BALLOBAR-1 son los 4 sondeos por los que transcurre este perfil. Las variaciones de facies, potencias de los tramos conductores y resistivos y profundidad del substrato cada vez menor hacia el Sur impiden que se pueda mantener un mismo modelo para la interpretación de todos los SEDT. Sin embargo, los modelos aplicados a los SEDT próximos a cada sondeo y su prolongación hacia los adyacentes, con las consiguientes variaciones laterales, ha condicionado la buena correlación observable en todo el perfil.

Por lo que respecta a la distribución de las unidades, se presentan más o menos subhorizontales, no apreciándose una clara tendencia al hundimiento hacia ningún sentido. Las potencias son siempre constantes (unos 180 m para la intermedia y 200-220 m para la inferior).

Los valores de resistividad no son, en ningún momento, bajo, rondando siempre en torno a 2.3-2.6 ohm-m (a veces algo mayores) tanto para la capa intermedia como para la inferior.

PERFILES PEM-9 y PEM-9 bis

Dirección: NE-SO

Realización: 1ª Fase, 1990 y 2ª Fase, 1991.

Unidades conductoras atravesadas: Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes:

Este perfil corresponde básicamente a los datos procedentes de la campaña de 1990, si bien se han ampliado con los correspondientes a una campaña de densificación llevada a cabo en la parte meridional, que refuerzan la interpretación dada en este sector tras la primera fase.

Desde el punto de vista del objetivo específico de seguimiento de tramos conductores, atribuibles a la presencia de formaciones arcillosas, el perfil es bastante explícito. Sólo en la parte Sur, es decir, en las proximidades del sondeo FRAGA-1, se detectan tramos conductores, aunque no atribuibles, en principio, a este tipo de formaciones, dados sus valores relativamente altos en comparación con los que presentan estas mismas unidades en otros puntos de la zona estudiada.

En el sondeo FRAGA-1, se registran tres tramos más conductores, con los que se ha generado un modelo de procesado que sólo da cuenta de ellos en el extremo Sur del perfil, donde se establece una buena correlación con el sondeo BALLOBAR-1. La información que proporcionan los SEDT sobre el tramo conductor más profundo es escasa y muy incierta ya que su detección se ha producido a mucha profundidad (800 m).

De los dos tramos superiores, el más superficial es equivalente a la unidad conductora intermedia mientras que el situado inmediatamente por debajo se atribuye a la unidad denominada en este trabajo inferior. La unidad intermedia parece acuñarse desde el Sur del perfil, apenas sobrepasado el SEDT 44, haciéndose más

resistiva, con una posible transición a materiales detríticos. Más al Norte no es posible mantener el mismo modelo de trabajo, confundiendo las resistividades de este nivel con las del nivel resistivo inmediatamente inferior.

En cuanto a la unidad inferior, presenta unas características similares a la intermedia al mantener su carácter más conductor hasta el SEDT 44. Hacia el Norte aumenta la resistividad, señalando presumiblemente la presencia de materiales detríticos y/o carbonáticos.

Los tramos superficiales que recubren esta formación (con una potencia del orden de los 200 m) muestran una evolución en los valores de resistividad que pasa de ser de unos 6 ohm-m en los SEDT 29-33 (próximos al río Cinca) y 67 ohm-m en el SEDT 3. Esta elevación continua de resistividad obedece, probablemente, al aumento del tamaño de grano de la formación detrítica superficial en dirección Norte.

Las mismas consideraciones se pueden hacer para el perfil PEM-9 bis. Como se ha señalado en el epígrafe precedente, un buen número de SEDT entre los SEDT-1 y SEDT-20 del perfil PEM-9, están afectados en mayor o menor grado por la presencia de conducciones subterráneas en una extensa zona de regadío, razón por la cual se realizaron una serie de 9 SEDT (SEDT 66 al 74) alineados sobre el perfil PEM-9 bis, con objeto de estudiar la evolución de las resistividades en el extremo Norte de esta área con mayor fiabilidad.

Por último se puede destacar en esta área las fuertes variaciones observadas en el muro de estas formaciones, que hace pensar en la influencia de estructuras profundas de cierta envergadura.

PERFIL PEM-10

Dirección: E-O

Realización: 2ª Fase, 1991.

Unidades conductoras atravesadas: Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes:

- * BALLOBAR-1: Se ha empleado en la interpretación de los SEDT un modelo de 5 capas en orden a continuar hacia las proximidades del sondeo la distribución de tramos resistivos y conductores.

El modelo de cinco capas (tres resistivos con dos conductores intercalados) se ha podido seguir con toda fiabilidad a lo largo de todo el perfil gracias a la aparente constancia de facies y potencias y a la alta densidad de datos con que se cuenta en este perfil (distancia entre SEDT de 350 m).

La unidad intermedia presenta una potencia entre 100 y 200 m, aumentando la misma de Este a Oeste, tendencia contraria a la variación de resistividades, que lo hacen aumentando desde 1.6-2.2 ohm-m, en el Oeste, a mayores de 3 ohm-m, en el extremo oriental. En la parte occidental, SEDT nº 1021-1031, se puede determinar la existencia de dos capas dentro del tramo conductor, siendo, en este caso, la mitad superior algo más resistiva.

La unidad inferior presenta los mismos rasgos que la intermedia en cuanto a variación de la resistividad a valores menores hacia el Oeste, pero disminuye la potencia ligeramente en ese mismo sentido. La potencia es generalmente en torno a 200 m, aunque presenta oscilaciones locales en la base que parecen querer variar el espesor en determinados puntos. Esto, sin embargo, podría ser efecto de

la interpretación en esas profundidades debido a las reservas que se tienen en el método en profundidades mayores de 600 m.

Por lo que respecta a la disposición de las capas tanto en la base de la unidad intermedia como en el techo de la inferior, se observa, dentro de la tendencia subhorizontal general, una forma anticlinal entre los SEDT n° 1048 y 1064 que provoca una variación de cota de casi 200 m entre este sector y los adyacentes.

PERFIL PEM-11

Dirección: NO-SE

Realización: 2ª Fase, 1991 y 3ª Fase, 1992.

Unidades conductoras atravesadas: Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes: Ninguno.

En la parte Norte del perfil se determina la existencia de 3 capas conductoras, separadas por sendas capas resistivas, de las cuales, las dos superiores se corresponden con la potente unidad conductora intermedia definida en el perfil PEM-3. La diferencia es la interpretación de un nivel algo resistivo intercalado. La unidad inferior correspondería la capa inferior, de la cual sólo se ha identificado el techo en determinados SEDT.

La mitad septentrional del perfil presenta una disposición de unidades más acorde con el conjunto y en ella se aprecia una mayor resistividad relativa en la unidad conductora inferior respecto a la intermedia (cuyas resistividades varían entre 1.5 y 2 ohm-m). Asimismo, hay valores de resistividad altos por encima de la unidad intermedia, que podrían corresponder a depósitos salinos.

PERFIL PEM-12

Dirección: NE-SO y NO-SE

Realización: 3ª Fase, 1992

Unidades conductoras atravesadas: Superior, Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes: Ninguno.

Este perfil presenta una singularidad respecto al resto y se trata de la variación en la dirección del mismo, cambiando de NE-SO, en la mitad Norte, a NO-SE, en la mitad Sur. La razón radica en la buena correlación de los SEDT y en la presencia de los mismos en el extremo más noroccidental del área de trabajo, que dificultaba la unión con los SEDT de otros perfiles.

Una característica que resalta en este perfil es la presencia de las tres unidades conductoras, todas ellas con una disposición aproximadamente horizontal. La unidad superior tiene una potencia variable entre 120 y 160 m y presenta unos valores más bajos en resistividad (1.2-1.7 ohm-m) en la parte más occidental, mientras que hacia el NE y hacia el SE los valores tornan a más de 3 ohm-m y más de 2 ohm-m, respectivamente.

La unidad intermedia tiene una potencia en torno a los 150 m en la mitad Norte y superior a los 200 m en la mitad Sur debido a la desaparición, en este sector, de la intercalación resistiva suprayacente. Los valores de resistividad son ligeramente superiores a los descritos para la unidad precedente, aunque su variación y valores más bajos se presentan con la misma disposición que la descrita anteriormente.

La falta de determinación de la base de la unidad conductora inferior marca la característica de ésta por lo que la potencia real de la misma no puede determinarse. Su distribución de resistividades es bastante homogénea (generalmente

entre 2 y 2.3 ohm-m) pero también se observa una reducción de valores hacia el Oeste, donde llega a bajar a 1 ohm-m.

PERFILES PEM-13 y PEM-13 bis

Dirección: NNE-SSO

Realización: 2ª Fase, 1991.

Unidades conductoras atravesadas: Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes: Ninguno.

La unidad conductora superior presenta una variación de espesores poco acusada al variar en torno a los 180 m, si bien en la parte Sur parece adelgazarse suavemente. Los valores de resistividad varían del orden de 1 ohm-m, desde 1.5 ohm-m, hacia el Sur, hasta superar los 2 ohm-m en el extremo septentrional. Su disposición es subhorizontal aunque acusa un aumento en su inclinación al Sur entre los SEDT 1484 y 1487, donde se experimenta un descenso de la cota del techo de la unidad del orden de 200 metros.

Esta inflexión que se observa con claridad en la unidad intermedia es la que ya ha comentado con anterioridad en la explicación de los perfiles PEM-4, PEM-5, PEM-6 y PEM-10.

La unidad conductora inferior no se detecta en su totalidad a lo largo de todo el perfil y su variación de potencias es más acusada que en la unidad suprayacente (entre 100 y 170 m). Sin embargo, la reducción en el valor de resistividad hacia el Sur es más claro y gradual que en dicha unidad.

El perfil complementario, PEM-13 bis, que pone en contacto el PEM-13 y el PEM-4, coincide en la presencia de las dos unidades antes mencionadas, la inter-

media y la inferior. Ambas con potencias parecidas en este perfil (unos 120 m) pero con variaciones diferentes de la resistividad: disminuye hacia el Este (desde casi 3 a 1 ohm-m) en la unidad conductora intermedia y aumenta (desde 1.2 a más de 2 ohm-m) en ese mismo sentido en la inferior.

Se intuye la presencia de materiales salinos en los SEDT de la parte meridional del perfil en base a los valores altos de resistividad que presenta el tramo situado por encima de la unidad intermedia.

PERFILES PEM-14 y PEM-14 bis

Dirección: N-S

Realización: 3ª Fase, 1992.

Unidades conductoras atravesadas: Superior e Intermedia.

Sondeos presentes: Ninguno.

En este nuevo perfil se observa con gran continuidad la unidad intermedia y, en las partes central y meridional del mismo, se presenta la superior.

Esta unidad conductora superior presenta una potencia que disminuye de 180 m, en la parte Norte, a 100 m, en el extremo meridional. La resistividad varía en torno a los 3-5 ohm-m, no observándose una clara evolución de los mismos en ningún sentido.

La unidad intermedia tiene una potencia mayor que la suprayacente, de 200 a 220 metros, bastante constante. Su tendencia es subhorizontal, con un marcado descenso, de casi 300 m en la cota del techo de la misma desde el Norte hasta el SEDT nº 1563. Esta marcada inflexión hacia el Sur se correlaciona en morfolo-

gía y posición con la ya comentada en los perfiles PEM-4, PEM-5, PEM-6, PEM-10 y PEM-13.

En el perfil PEM-14 bis se presentan las dos mismas unidades conductoras con unas potencias algo distintas (la superior es menos potente) a las descritas y con unos valores de resistividad ligeramente inferiores que los correspondientes a las respectivas unidades del perfil PEM-14.

El tramo situado entre las unidades intermedia y superior en la práctica totalidad, podría contener altos porcentajes de sal al observarse la resistividad alta en el mismo.

PERFIL PEM-15

Dirección: NE-SO

Realización: 3ª Fase, 1992.

Unidades conductoras atravesadas: Intermedia e Inferior.

Sondeos presentes: Ninguno.

La unidad intermedia queda perfectamente determinada en todo el perfil, mientras que la inferior sólo se presenta en la parte Sur, con una potencia considerable y en contacto directo con la suprayacente.

La potencia de la unidad intermedia oscila entre 150 y 200 metros, observándose una disminución de la misma en sentido Sur, paralela a la disminución de los valores de resistividad (desde 1.7 a 1 ohm-m). A la altura de la Sierra de Alcuierre se aprecia la existencia de un hundimiento relativamente brusco de la cota del techo de la unidad de unos 200 metros, coincidente con el mencionado en perfiles anteriores.

La unidad inferior, como ya se ha comentado, se presenta con una potencia mayor de 200 metros y adosada a la unidad intermedia, en el sector Sur del perfil, tal y como sucede en el extremo meridional del perfil PEM-5, inmediatamente al NO de éste.

SINTESIS REGIONAL DE LAS UNIDADES CONDUCTORAS

Tanto los trabajos realizados como los resultados obtenidos han sido ampliamente comentados en los epígrafes anteriores. En este nuevo apartado se resumen las consecuencias más importantes extraídas de la visión global de todos ellos con vistas a conocer regionalmente la distribución y el comportamiento de las diferentes unidades conductoras identificadas.

Si se representan en planta los sectores de presencia de las diferentes unidades conductoras se puede observar que, frente a una distribución generalizada de la unidad intermedia en prácticamente toda la zona de estudio, existe un reflejo de la superior e inferior de manera más localizada.

El predominio de la unidad inferior se centra en la parte central y oriental del área estudiada, si bien se identifica también en algunos perfiles o sectores de perfiles de la parte oriental. La unidad superior, sin embargo, está localizada exclusivamente en el sector oriental.

Desde el punto de vista estructural, el seguimiento de los perfiles geoelectricos no presenta anomalías destacables en el sentido de presencia de fracturas importantes. Pero en lo que se refiere a plegamientos, sí han sido detectados pliegues de envergadura, desde el punto de vista de su fácil reconocimiento y extensión, como

son los que afectan a los perfiles PEM-4, PEM-5, PEM-6, PEM-10, PEM-13, PEM-14 y PEM-15: la denominada inflexión hacia el Sur.

Esta inflexión coincide con el accidente topográfico que marca la Sierra de Alcu-bierre y con la anomalía tectónica detectada en determinados puntos de esta región en diversos trabajos de geología de superficie por diferentes autores. Los posibles efectos que pueda ocasionar este accidente en la respuesta del método electromagnético y la baja densidad de puntos de SEDT atravesando el mismo son los dos condicionantes que impiden determinar si esa variación de cota de las unidades conductoras, a uno y otro lado de la inflexión, se debe a un pliegue, a una fractura o a un pliegue-falla.

Por lo que respecta a la distribución de tramos más arcillosos, en relación a una equivalencia con los valores menores de resistividad dentro de cada una de las unidades, en la superior existe un predominio de valores menos resistivos (<2 ohm-m) en determinados sectores de los perfiles PEM-4, PEM-5 y PEM-14, al NE de Zaragoza.

La unidad conductora intermedia presenta una distribución de valores bajos de resistividad (<2 ohm-m) en más de un 50% de la zona estudiada, centrándose entre los perfiles PEM-4 y PEM-7 y teniendo como límite septentrinal el perfil PEM-1.

La unidad conductora inferior, aun teniendo una distribución menos centrada en un sector concreto, presenta dos focos de valores de resistividad menores: uno es en la confluencia de los perfiles PEM-1, PEM-4 y PEM-13; el otro foco se localiza en los extremos meridionales de los perfiles PEM-6, PEM-7 y PEM-15.

La representación de las isobatas del techo y la base de la unidad conductora intermedia, referidas al nivel del mar, y de las isopacas de la misma, permiten

determinar la morfología de la cuenca donde se presentan estas facies, en principio, más arcillosas.

Tal y como se puede ver en los mapas 31, 32 y 33 del Anexo, se trata de una cuenca longitudinal, de dirección NO-SE, dentro de la cual se distribuyen los materiales de resistividad menor de 1.5 ohm-m. También existen alineaciones de materiales de resistividad algo mayor (1.5-2 ohm-m), con una direccionalidad paralela a la de la cuenca, es decir, NO-SE.

Esta dirección de la cuenca coincide con las directrices de la fracturación principal en este sector de la Cuenca el Ebro, que pudieron provocar un escalonamiento con bloques de esa dirección que, en cierto modo, confinaron la cuenca de sedimentación de los materiales más arcillosos/conductores.



6.- CONCLUSIONES

6.- CONCLUSIONES

El método de SEDT ha permitido cubrir el objetivo específico y principal del estudio, que consistía en la detección y seguimiento en extensión y profundidad de las formaciones arcillosas terciarias presentes en el sector centro-occidental de la Cuenca del Ebro.

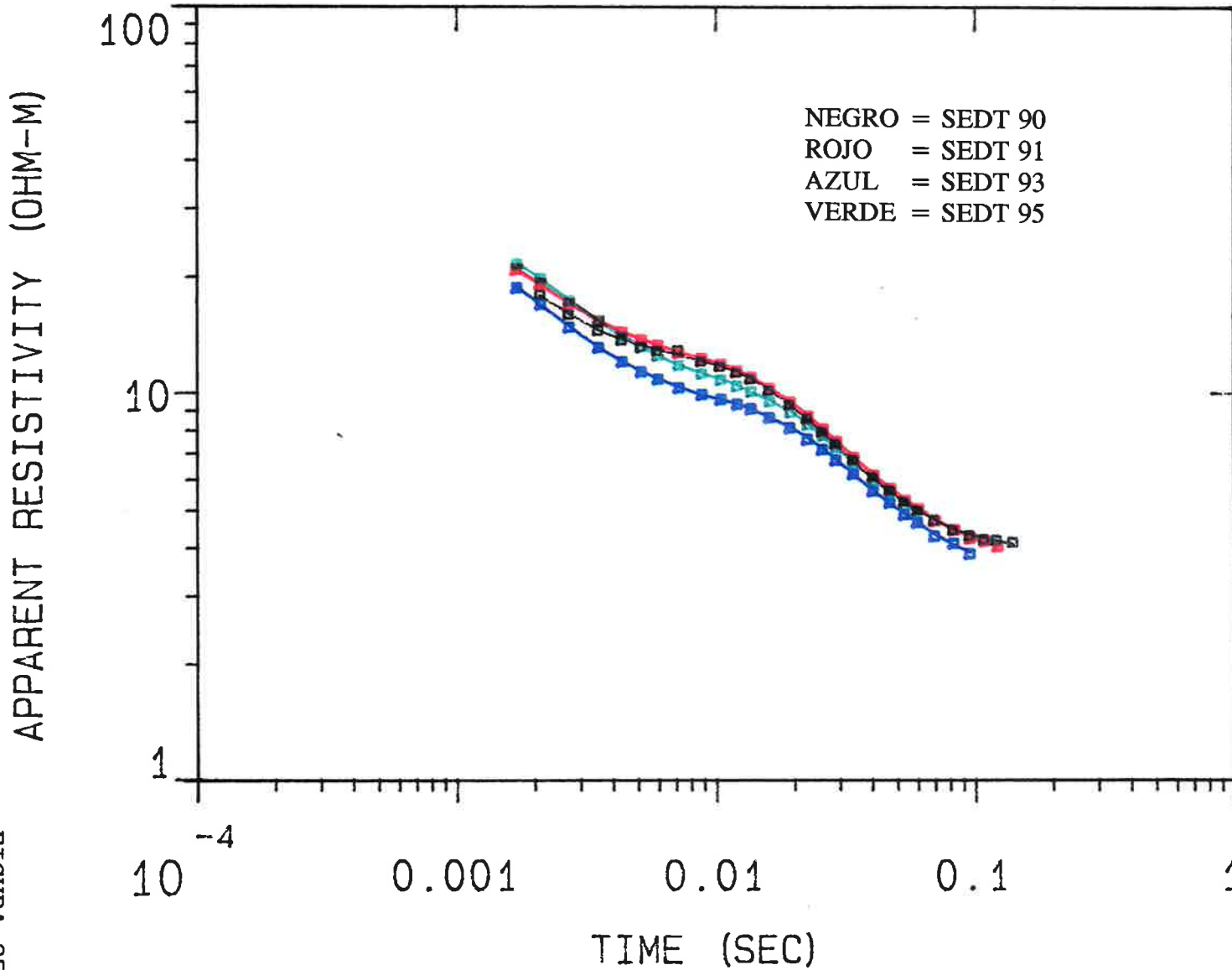
Las conclusiones se presentan a continuación diferenciadas según se refieran al método electromagnético o a los resultados de la interpretación de los SEDT.

6.1.- EL METODO

Según se ha indicado en párrafos precedentes, el punto de partida en el que se han basado las interpretaciones de las curvas de los SEDT y las determinaciones de los modelos de capas a utilizar en el procesado han sido los sondeos mecánicos existentes en la zona, sobre los cuales se hicieron pasar los perfiles (VALPALMAS-1, MONEGRILLO-1, PALLARUELO-1, SARIÑENA-1, FRAGA-1 y ESPLUS-1).

Se establece como herramienta de gran ayuda la diagrafía de resistividad de los sondeos en que se dispone de ella. En los restantes se empleó la columna litológica.

90NL



MODEL:

13.7
OHM-M 127. M

6.24
OHM-M 88.8 M

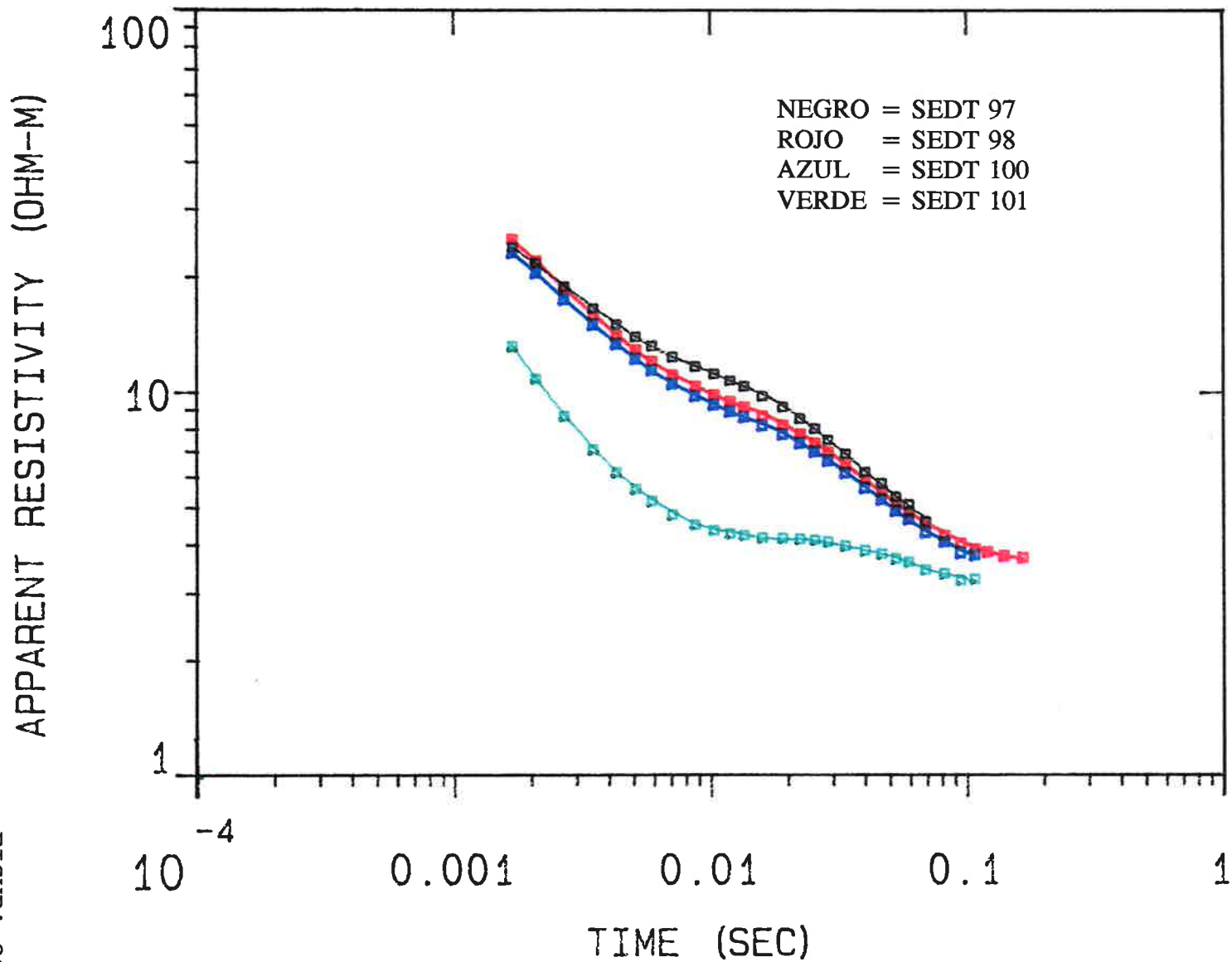
8.96
OHM-M 118. M

1.50
OHM-M 191. M

8.32
OHM-M

% ERROR: 1.22
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARTI

97NL



MODEL:

15.9 OHM-M	158. M
4.19 OHM-M	104. M
7.06 OHM-M	103. M
1.33 OHM-M	181. M
5.40 OHM-M	

% ERROR: 0.976
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARTI

FIGURA 36

Buen ajuste de las curvas de campo con las interpretaciones realizadas. Salvo en el sondeo MONEGRILLO-1, la correlación SEDT-sondeo ha sido muy fácil. El porcentaje de error en el ajuste de las curvas es mínimo y en ningún momento se ha forzado el modelo para hacerlo encajar con la columna litológica. De hecho, el sondeo MONEGRILLO-1 ha presentado siempre un desfase en la profundidad de los diferentes niveles conductores.

Existe una respuesta constante de la morfología de las curvas para zonas con parecida geología. En el conjunto de SEDT en toda la zona, las curvas obtenidas aparecen muy homogéneas y con variaciones laterales pequeñas. Sólo dos zonas difieren de este criterio:

- * La zona de la sierra de Alcubierre, en la que los valores altos de resistividad de las calizas han dejado las curvas con un conocimiento menor en la profundidad investigada.
- * La zona de Zuera, en la que aparecen intercalados niveles más o menos importantes de sal que provocan, en la curva de los SEDT, deflaciones mayores o menores según la mayor o menor potencia, respectivamente, del paquete salino.

Las zonas de cambio lateral gradual del modelo se reflejan en una coherencia de las correspondientes curvas de los SEDT con los modelos que varían. Cuando se ha producido este paso de un número de capas a otro, la zona de cambio ha abarcado un mínimo de cuatro o cinco SEDT en los que los dos modelos de diferente número de capas han podido ser coherentes para una misma curva de SEDT (ver figuras 35 y 36).

Se han considerado como materiales conductores de interés, atribuidos como más arcillosos, aquellos que no superan 1.5 ohm-m de resistividad. A partir de este

valor se han representado las capas pero su contenido en arcilla es inferior. Para ello se ha seguido un código de colores como a continuación se indica:

Amarillo	Valores < 1.5 ohm-m	Arcillas de calidad con muy pocas pasadas resistivas
Naranja	Valores 1.5-2 ohm-m	Arcillas con pequeñas pasadas de materiales resistivos
Rojo	Valores 2-3 ohm-m	Arcillas con frecuentes pasadas de materiales resistivos

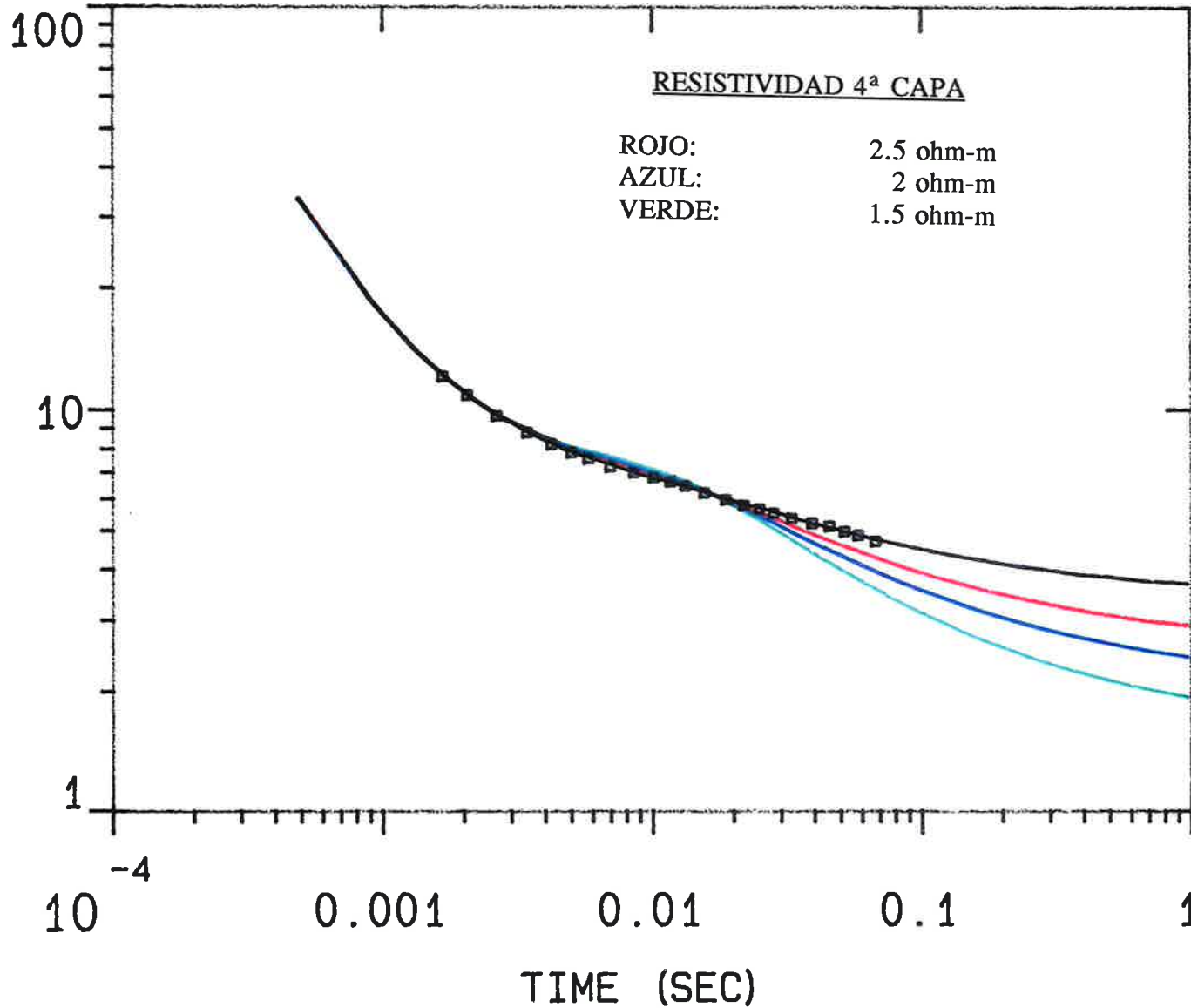
Los valores de resistividad en el tramo final de las curvas, cuando la base es un nivel resistivo, son solamente indicativos. Hay que tener en cuenta que la última capa está ya cercana al límite de penetración del equipo (sobre los 800 m, en condiciones ideales) y el método, cuando no hay un número importante de puntos en las curvas para definir una capa en el tramo final, responde de igual manera a valores diferentes de resistividad. Lo que sí se puede afirmar es que la resistividad de esta última capa es mayor que la de la capa suprayacente.

Cuando se trata de un nivel conductor el que se presenta a la base del SEDT sí se pueden asegurar los valores de resistividad entre los que oscila, siendo muy real la interpretación que se presenta en cada caso de éstos. En las figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44 se puede observar cómo curvas con valores de resistividad menor de 3 ohm-m se alejan de la curva de campo no ajustándose, por tanto, a la realidad.

M-1471

MODEL:

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



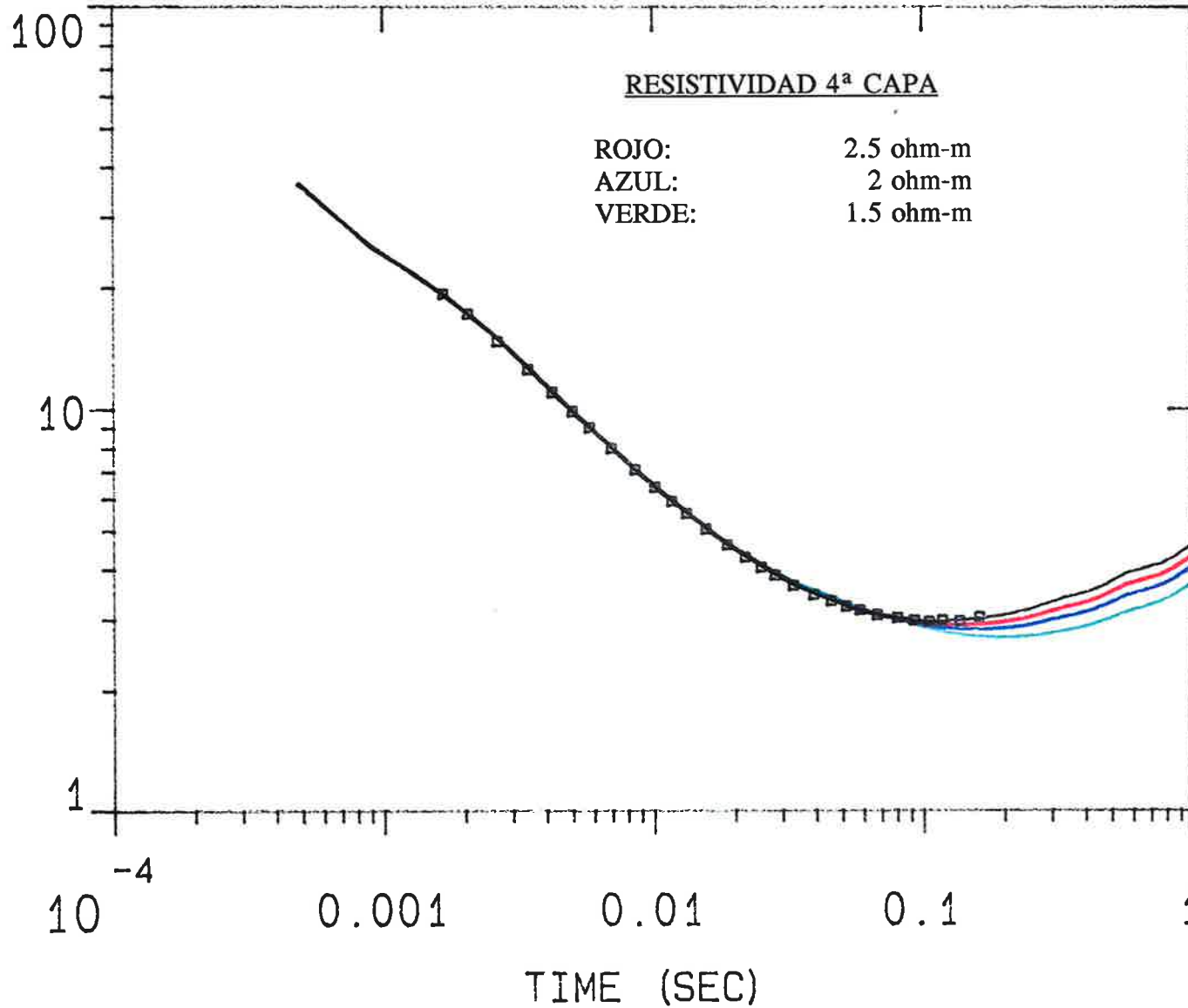
13	
OHM-M	26.2 M
5.41	
OHM-M	143 M
5.17	
OHM-M	83 M
3.34	
OHM-M	

% ERROR: 5041872.
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARTTI

M-1315

MODEL:

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



11.3
OHM-M 132 M

1.80
OHM-M 237. M

5.54
OHM-M 109 M

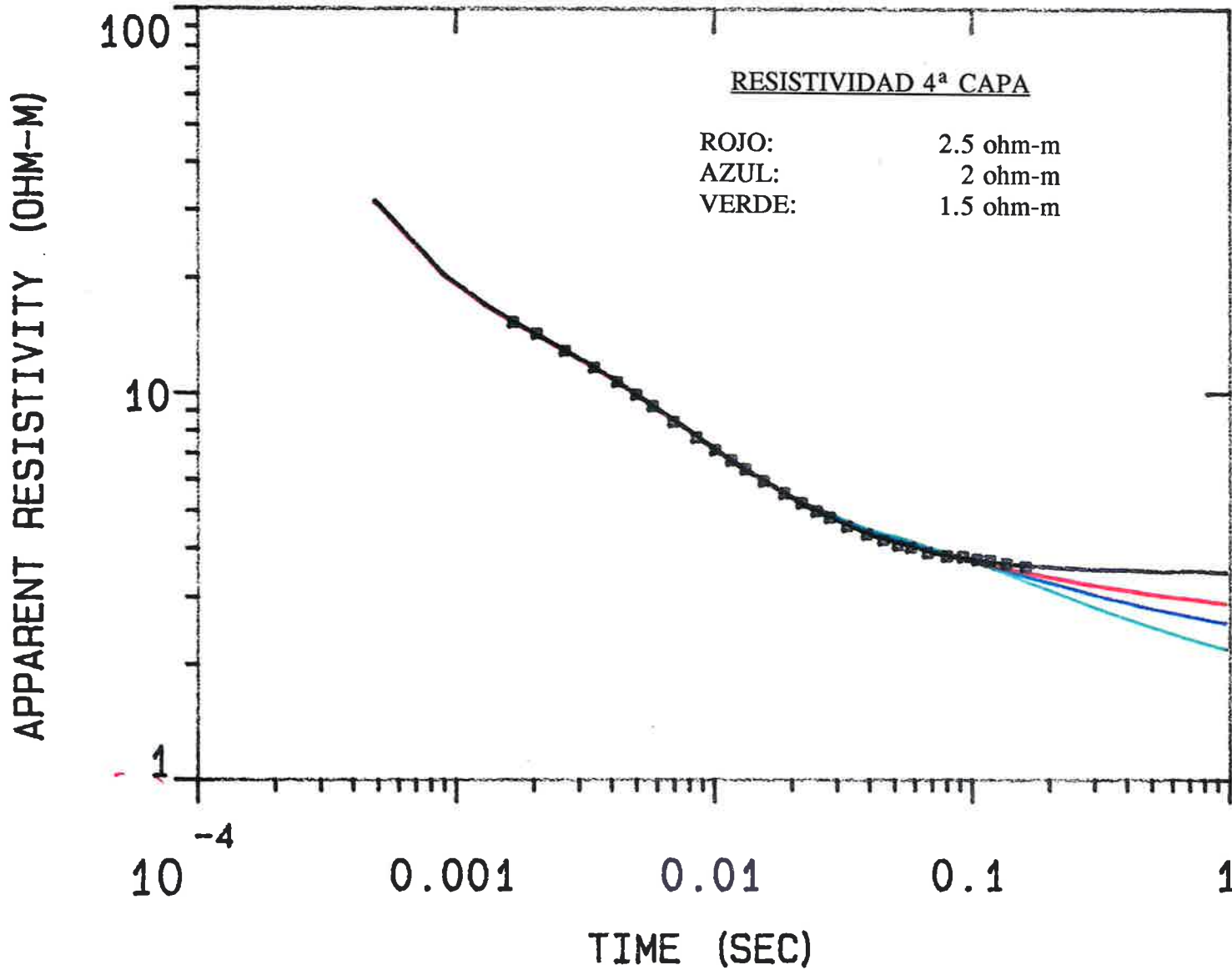
3.23
OHM-M 160 M

9.30
OHM-M

CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARTI

M-1296

MODEL:



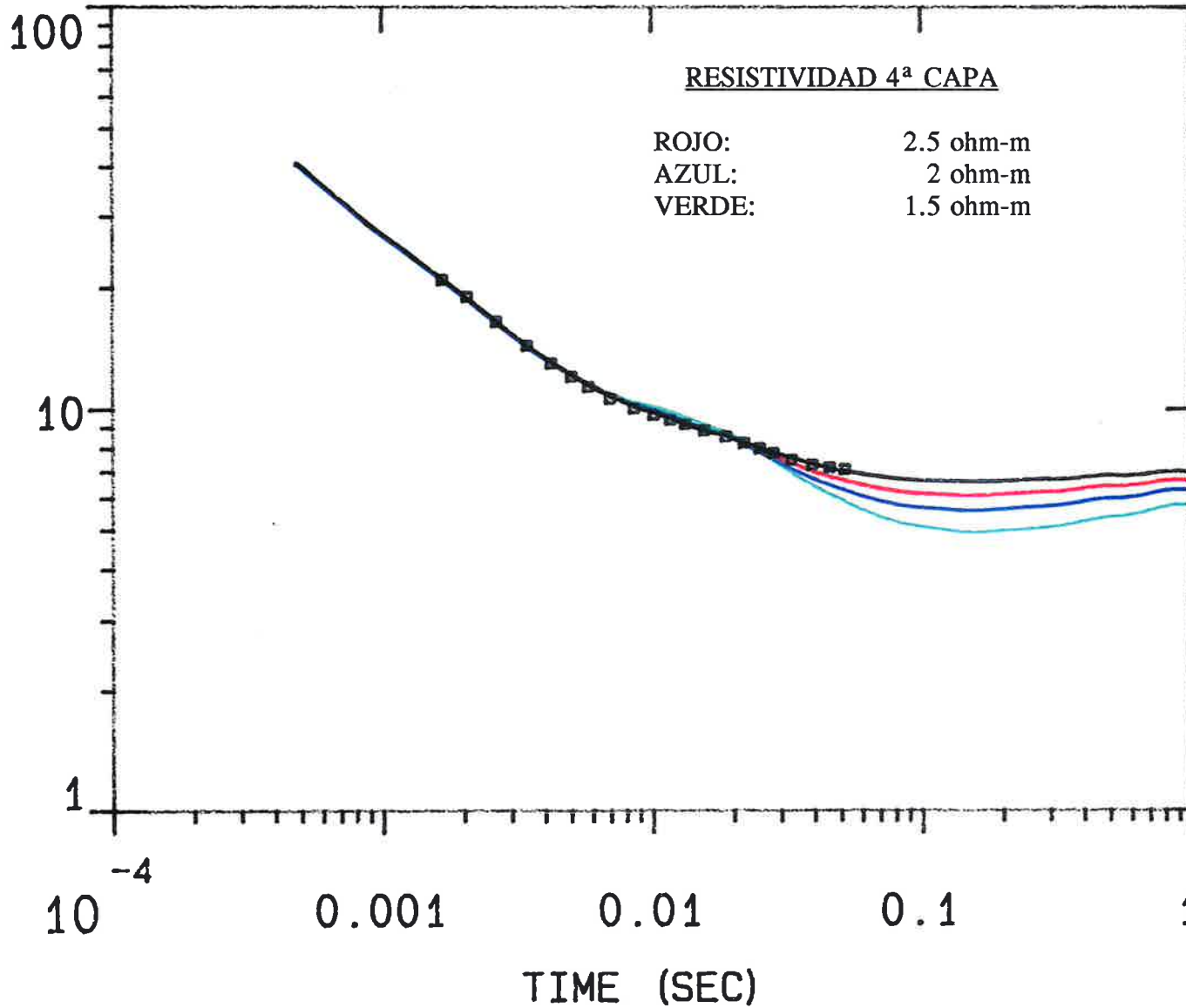
9.12 OHM-M	149 M
2.53 OHM-M	279 M
4.25 OHM-M	87 M
3.48 OHM-M	

% ERROR: 5000941.
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARRTI

FIGURA 39

M-1339

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



MODEL:

14.2
OHM-M 136. M

4.47
OHM-M 106 M

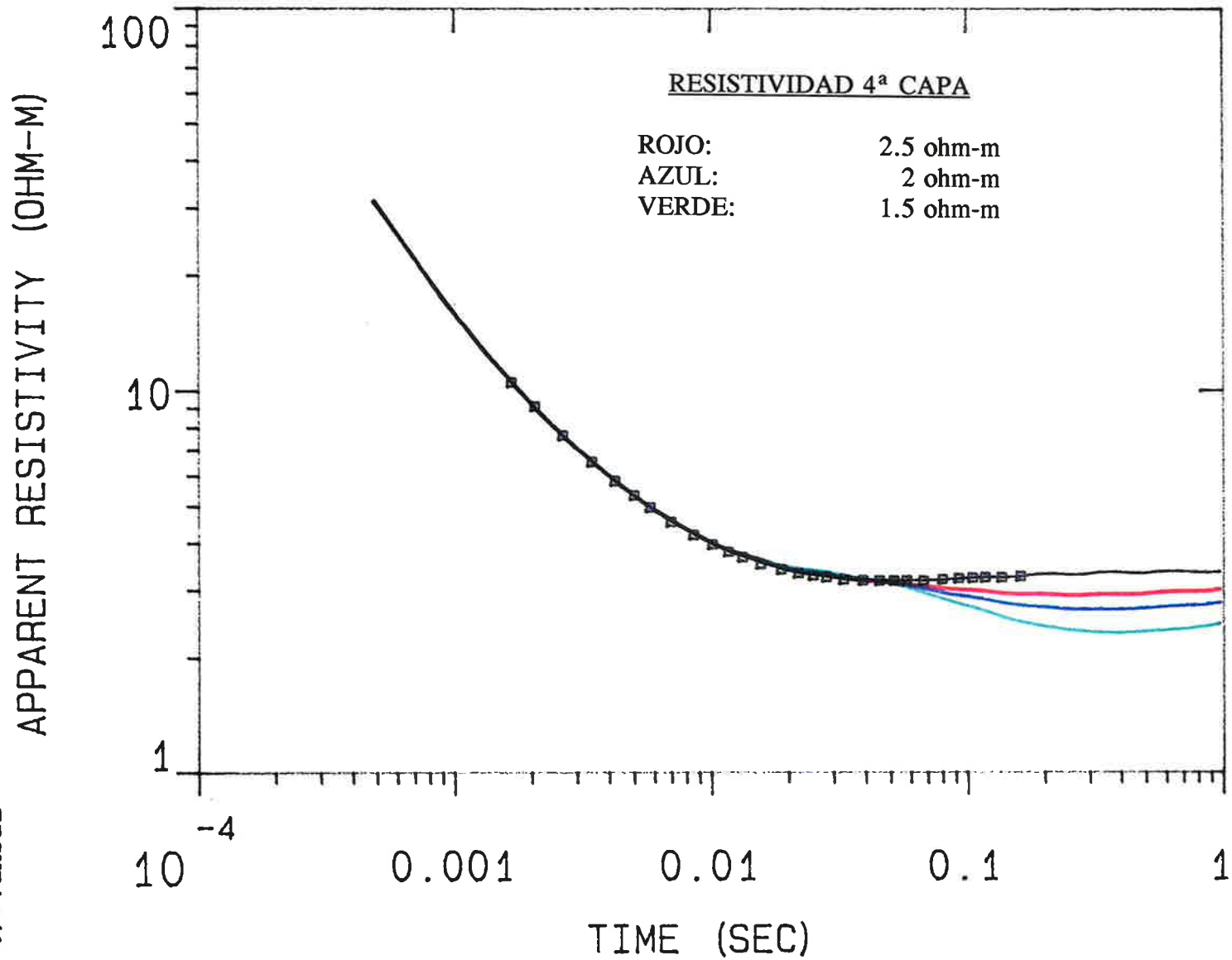
9.54
OHM-M 143. M

3.23
OHM-M 113. M

7.60
OHM-M

% ERROR: 2824846.
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARTI

M-1254



MODEL:

5.92 OHM-M	61 M
---------------	------

2.36 OHM-M	168 M
---------------	-------

4.20 OHM-M	109. M
---------------	--------

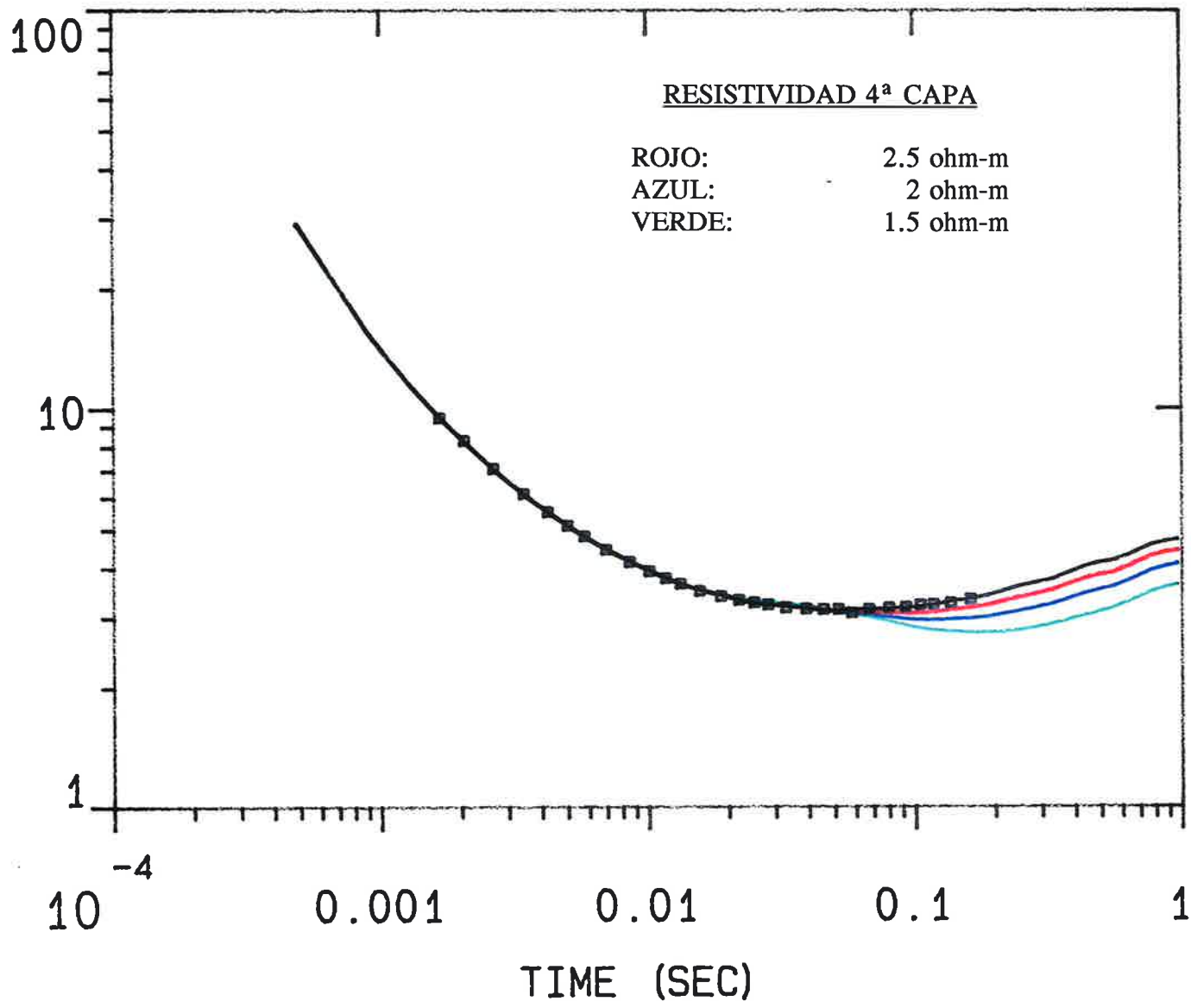
3.63 OHM-M	305 M
---------------	-------

3.37 OHM-M	
---------------	--

% ERROR: 7862211.
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARTI

M-1261

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



MODEL:

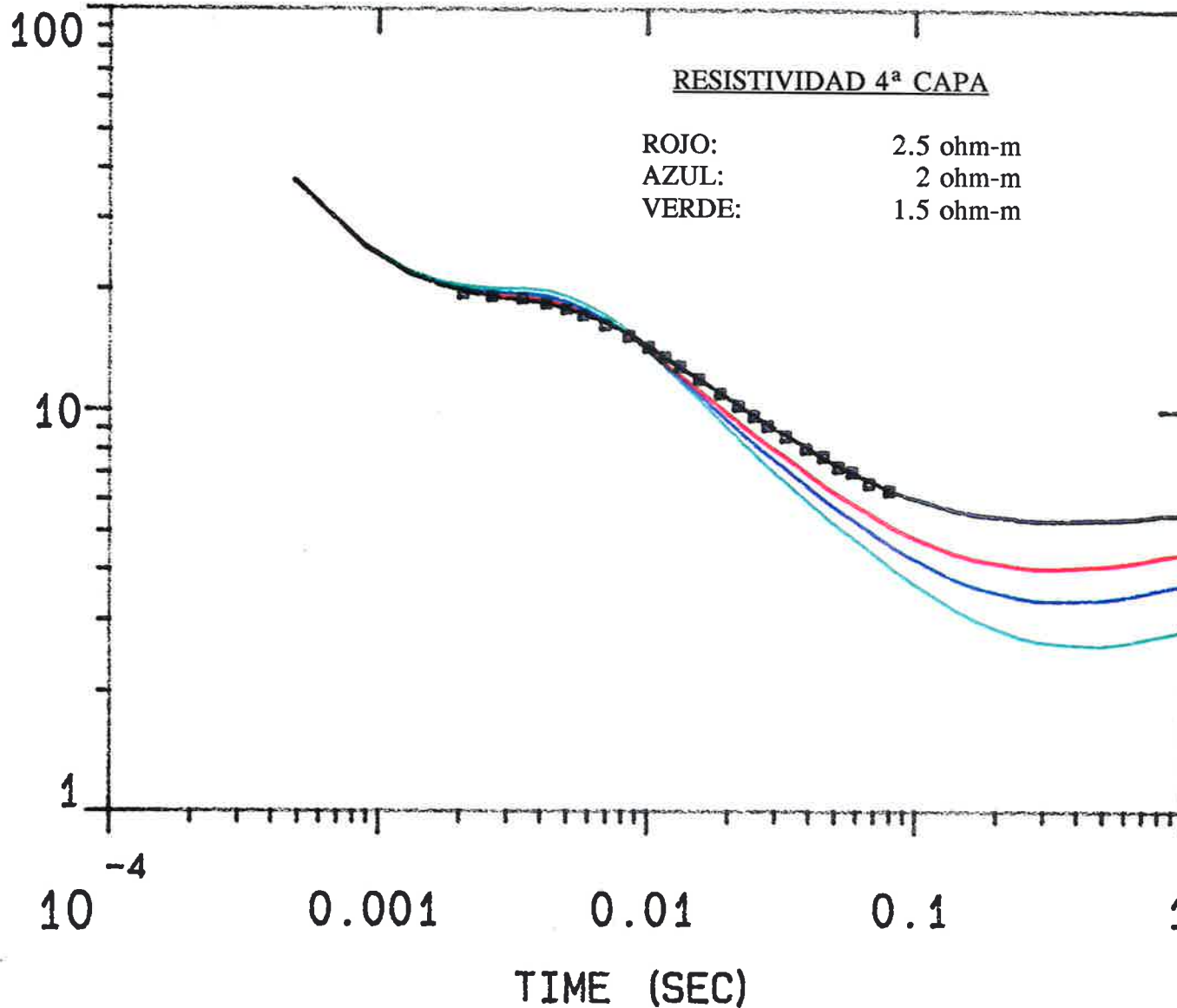
4.76 OHM-M	64.2 M
2.50 OHM-M	204. M
5.64 OHM-M	119. M
3.04 OHM-M	187. M
7.61 OHM-M	

% ERROR: 7776854.
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARTI

M-119

MODEL:

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



13.5
OHM-M 133 M

21.6
OHM-M 133 M

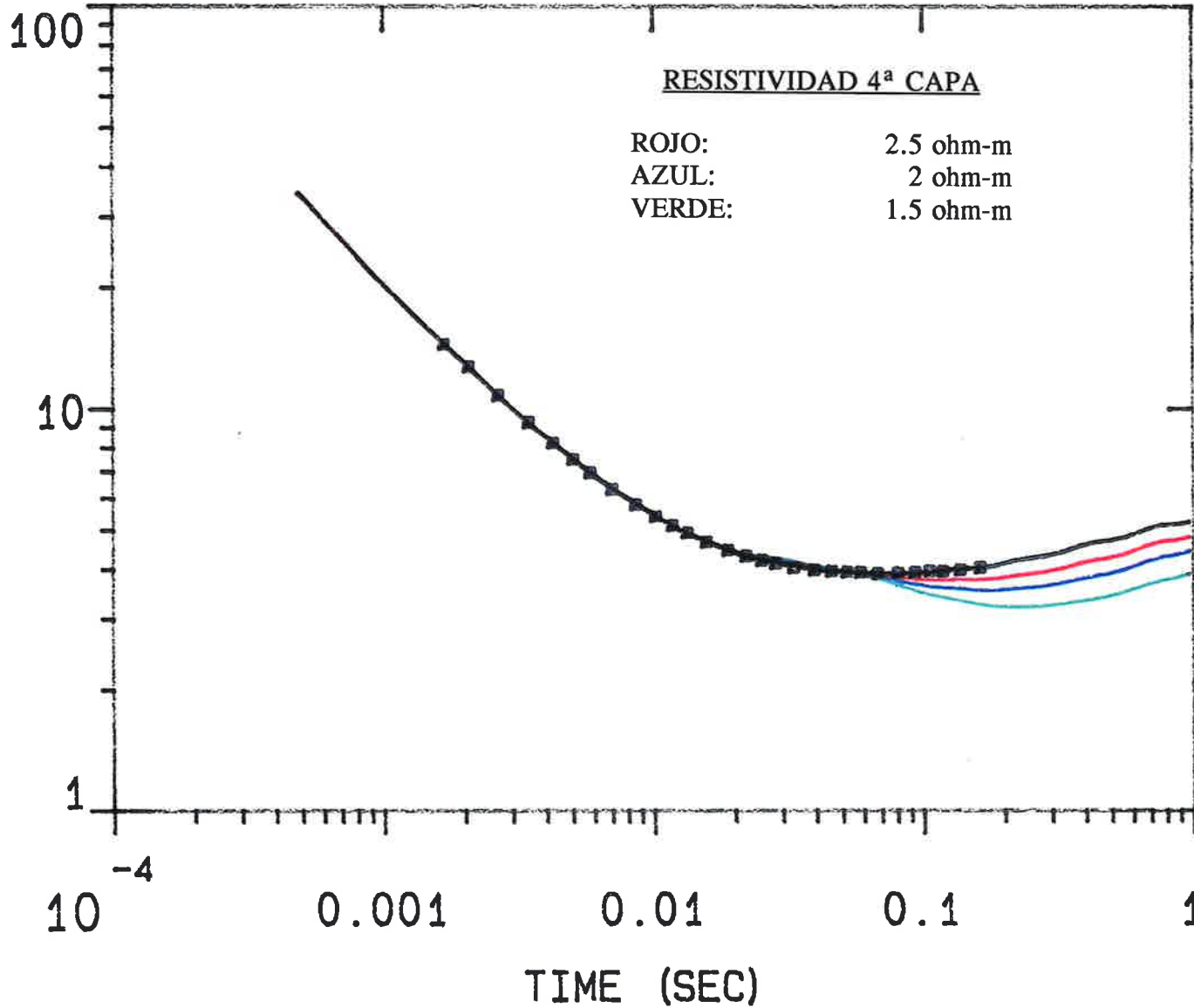
3.53
OHM-M 505 M

6.46
OHM-M

% ERROR: 2546991.
CALIBRATION: 1
OFFSET: 150 M
SYSTEM: R500
INTERPEX: ARRTI

M-1222

APPARENT RESISTIVITY (OHM-M)



MODEL:

9.14
OHM-M 90 M

2.68
OHM-M 201 M

6.45
OHM-M 161 M

3.56
OHM-M 194 M

7.67
OHM-M

% ERROR: 5378213.
 CALIBRATION: 1
 OFFSET: 150 M
 SYSTEM: R500
 INTERPEX: ARTI

6.2.- LA INTERPRETACION

Todos los SEDT dan una alternancia de capas resistivas y conductoras generalmente contrastada, si bien existen casos en que las variaciones entre diferentes capas son muy tenues y, también, casos en los que existe una inversión de valores entre dos capas conforme un desplazamiento en la horizontal.

Tras la interpretación de los SEDT, su correlación en los perfiles geoelectricos y el análisis global de la zona se diferencian tres unidades conductoras: superior, intermedia e inferior.

La unidad conductora más constante en cuanto a presencia y en cuanto a menores valores de resistividad (mayor arcillosidad) es la intermedia. Sobre ella se han realizado los mapas de isobatas del techo y de la base y los de isopacas así como las interpretaciones de tipo estructural.

Los mapas de isobatas e isopacas informan sobre la existencia de una zona elongada según una dirección NO-SE, dirección que coincide con las directrices tectónicas principales de este sector de la Cuenca del Ebro.

Los contactos geoelectricos reflejan buzamientos generalmente suaves, acordes con los que se presentan en superficie. No obstante, se observa en varios de los perfiles de dirección NE-SO la existencia de una marcada inflexión hacia el Sur, correlacionable de unos a otros, coincidente con la Sierra de Alcubierre y con anomalías tectónicas determinadas anteriormente en trabajos de geología de superficie por otros autores.

También en los niveles de base de determinados perfiles se identifican unas morfologías onduladas que podrían corresponder a estructuras profundas de cierta importancia.

Por último, cabría indicar la posible existencia de materiales salinos, en mayor o menor proporción, en el tramo situado por encima de la unidad intermedia en el sector occidental del área estudiada. Este aspecto vendría reflejado por los altos valores de resistividad observados.



7.- RECOMENDACIONES

Re Madrid, Torno 9372, Libro 9436 de Sociedades, Hoja 87206, Folio 116, C.I.F. A-070369

7.- RECOMENDACIONES

El contraste de los resultados obtenidos en el presente estudio electromagnético con el resto de la información de que se ha dispuesto (geología, sondeos, diagras), muestra que el método electromagnético en su modalidad de SEDT ha constituido una herramienta suficientemente sensible y precisa para la resolución de los objetivos propuestos en la presente investigación.

No obstante para mejorar su eficacia en la definición de las formaciones de interés se recomienda reducir la separación entre SEDT dentro de cada perfil. Lógicamente la interdistancia debe elegirse en función del grado de precisión que se desee para el estudio, estimándose que la adecuada podría ser la equivalente a trabajos con bucles yuxtapuestos, es decir, 300 metros entre los centros de cada bucle. Esto debe tenerse en cuenta, sobre todo (y siempre que la topografía lo permita), en los sectores donde se han identificado anomalías estructurales y/o estratigráficas.

El planteamiento de nuevos perfiles, necesario con el fin de cubrir bien la zona de estudio sin lagunas de información, debe tomar en cuenta en lo posible la posición de los sondeos de petróleo, las líneas sísmicas que presenten suficiente resolución en los tramos superficiales y los perfiles de SEDT actuales, prolongándolos hasta los afloramientos de interés cuando esto sea factible.

La estrecha correspondencia, contrastada, que se muestra entre los valores de resistividad obtenidos en los cortes geoelectricos y las diagrafias en sondeos, constituye un argumento importante para la utilizacion sistemática de las mismas, en los posibles sondeos de nueva ejecucion.

COMPANIA GENERAL DE SONDEOS, S.A.
Area de Geofisica