

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

CAMPAÑA DE GEOFISICA ELECTRICA CON EL METODO ELECTROMAGNETICO EN TENERIFE (CANARIAS) PARA EL "PROYECTO PARA INVESTIGACION GEOTERMICA EN LAS ISLAS CANARIAS Y EVALUACION DE RECURSOS Y RESERVAS GEOTERMICAS EN ESPAÑA".

- I N F O R M E -

DICIEMBRE - 1.987



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

70424

I N D I C E

	Págs.
1.- INTRODUCCION	1
1.1.- PRESENTACION	2
1.2.- OBJETIVOS	3
2.- TRABAJOS REALIZADOS	4
2.1.- METODO Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS	5
2.2.- TRABAJOS DE CAMPO	6
2.2.1.- EQUIPO UTILIZADO	6
2.2.2.- PROGRAMACION	8
3.- INTERPRETACION	14
3.1.- BASES INTERPRETATIVAS E INTERPRETACION	15
4.- CONCLUSIONES	19
<u>ANEXOS:</u> - INTERPRETACION DE CURVAS DE S.E.M. ZONA DORSAL	
- INTERPRETACION DE CURVAS DE S.E.M. ZONA NORTE	
- INTERPRETACION DE CURVAS DE S.E.M. ZONA OESTE	
- INTERPRETACION DE CURVAS DE S.E.M. ZONA ARAFO	

INDICE DE PLANOS

- PLANO N^o 1 - SITUACION DE LAS ZONAS DE TRABAJO.
- " " 2 - SITUACION DE LOS TRABAJOS. ZONA OESTE.
- " " 3 - SITUACION DE LOS TRABAJOS. ZONA OESTE-NORTE.
- " " 4 - SITUACION DE LOS TRABAJOS. ZONA DORSAL-NORTE.
- " " 5 - SITUACION DE LOS TRABAJOS. ZONA DORSAL-SUR.
- " " 6 - SITUACION DE LOS TRABAJOS. ZONA ARAFO (OESTE).
- " " 7 - SITUACION DE LOS TRABAJOS. ZONA ARAFO (ESTE).
- " " 8 - CORTES GEOELECTRICOS. ZONA OESTE.
- " " 9 - CORTES GEOELECTRICOS. ZONA NORTE.
- " " 10 - CORTES GEOELECTRICOS. ZONA DORSAL.
- " " 11 - CORTES GEOELECTRICOS. ZONA ARAFO.
- " " 12 - ISORRESISTIVIDADES DEL SUBSTRATO CONDUCTOR.
- " " 13 - ISOBATAS DEL TECHO DEL HORIZONTE CONDUCTOR.

1.- INTRODUCCION

1.1.- PRESENTACION

El presente informe se refiere a una Campaña de Investigación Geofísica con el Método Electromagnético de Transitorios (Dominio de Tiempos), en las modalidades de Sondeos Electromagnéticos (S.E.M. o S.E.M.D.T.) y Perfiles Electromagnéticos (DEEPEM), en cuatro áreas de la isla de Tenerife (Canarias).

En la citada Campaña las medidas en campo fueron llevadas a cabo en los meses de Agosto y Septiembre de 1.987, por la Unidad de Geofísica de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A., dentro de los trabajos a realizar en el "Proyecto para Investigación Geotérmica en las Islas Canarias y Evaluación de Recursos y Reservas Geotérmicas en España", para el Instituto Tecnológico y Geominero de España.

Las dimensiones de la zona de estudio superaron, aproximadamente, los 30 km. en dirección E-W y los 16 km en la N-S, y en las que se han realizado 89 S.E.M. repartidos en cuatro áreas denominadas Dorsal, Norte, Oeste y Arafo. En la primera de estas áreas se midió, igualmente, un perfil electromagnético (Deepem) de 1.800 m de longitud. (Planos nºs 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 y Fig. 12).

1.2.- OBJETIVOS

El objetivo primordial del trabajo ha sido la determinación del espesor de los materiales lávico-basálticos, eléctricamente resistivos, sobre un substrato conductor. El espesor del citado resistivo se estimaba en unos 600 m. Igualmente, la identificación de las zonas más conductoras dentro del substrato que podrían estar ligadas a manifestaciones geotérmicas.

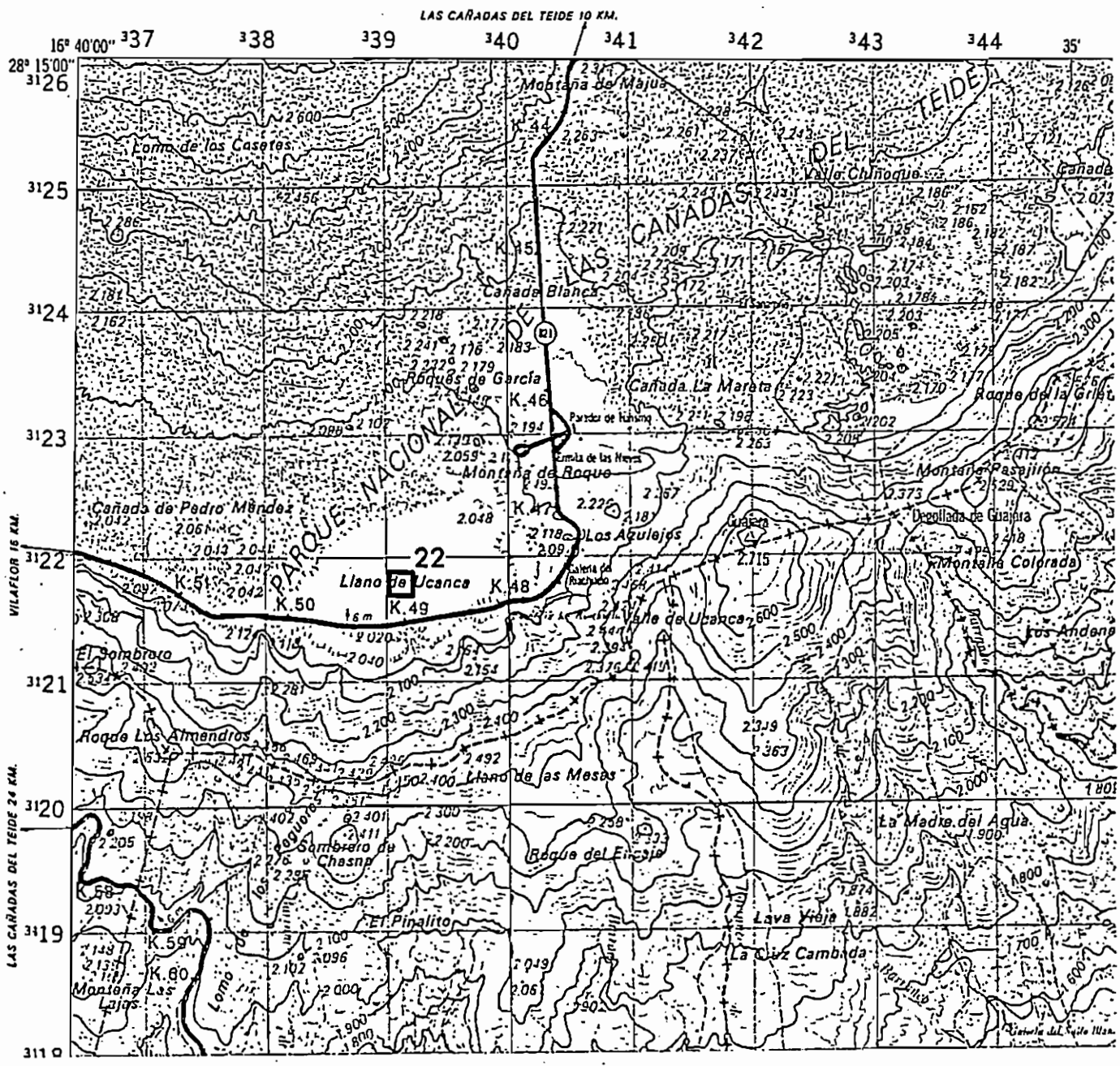


Figura 12

2.- TRABAJOS REALIZADOS

2.1.- METODO Y DISPOSITIVO UTILIZADOS

El método empleado ha sido el Electromagnético de Transitorios en las modalidades de Sondeos Electromagnético (S.E.M.) y Perfil Electromagnético (Deepem).

En el primero, el emisor empleado ha sido un bucle (cuadrado en este trabajo) por el que se hace circular una corriente continua de intensidad conocida y constante que crea un campo magnético primario, constante en ese punto. La interrupción brusca de la corriente hace que este campo primario varíe con el tiempo, generando corrientes inducidas, también variables, que se transmiten en el subsuelo. Estas corrientes originan un campo magnético secundario: su variación (transitorio) es la que se mide por medio de una bobina situada, en nuestro caso, en el centro del bucle emisor (sondeo central). Mientras el campo primario está extinguido, la curva de decaimiento del secundario se muestra a intervalos distribuidos exponencialmente. Debido a que la señal recibida en la bobina receptora es muy débil, y a fin de mejorar la relación señal-ruído, el muestreo se hace en sucesivos ciclos de emisión - recepción de una manera repetitiva, y tantas veces como sea necesario.

La figura nº I da idea de los parámetros que están presentes en las medidas.

Con respecto al Deepem, el emisor ha sido el mismo

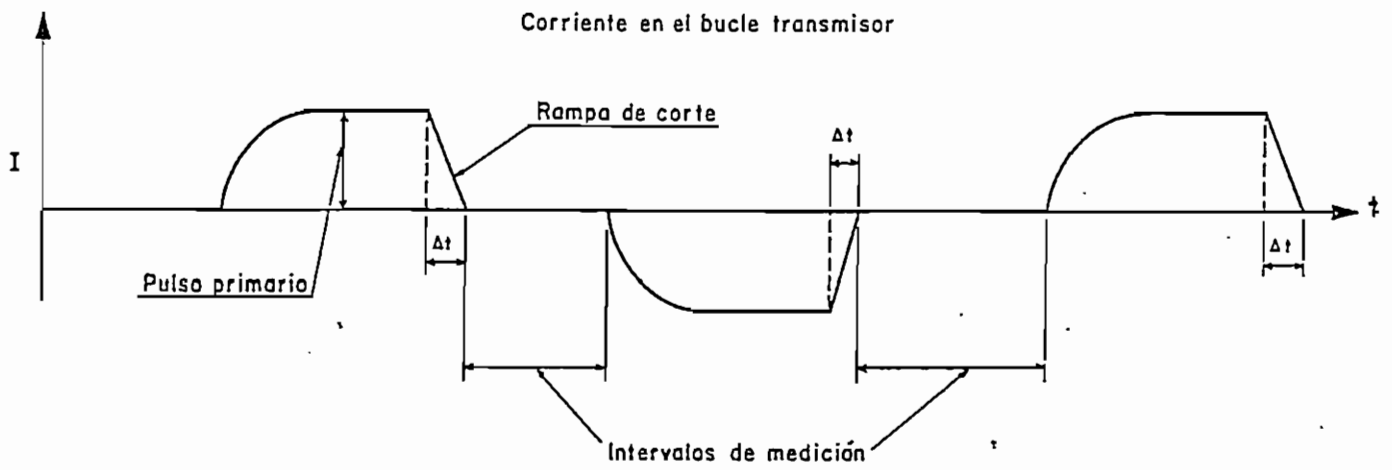


FIGURA I

ESQUEMA DE ALGUNOS DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE MEDIDAS

que en el caso anterior, midiéndose con la bobina exteriormente y a lo largo de un perfil.

Hemos visto que la práctica del S.E.M. consiste en la medición en el centro de un bucle cuadrado, siendo metodológicamente preferible, y cuando es posible, concatenar estos bucles de manera que, en el avance del dispositivo en una dirección, siempre tenga un lado común. De esta manera, y en medios principalmente estratificados, esta disposición de medida y su posterior interpretación proporciona los mejores resultados en la localización de anomalías laterales. En nuestro presente caso, dadas las características del terreno y la programación, que separaba demasiado las estaciones de medida con relación al tamaño del bucle, puesto que existía la imposición logística de utilizar las ubicaciones del estudio magnetotelúrico, no ha sido posible hacer los S.E.M. con bucles colaterales.

2.2.- TRABAJOS DE CAMPO

2.2.1.- Equipo Utilizado

Está compuesto por las siguientes unidades:

- Generador

. Motor Wisconsin $3\frac{1}{2}$ Hp.

. Alternador - 120 V.c.c., 20 A (máx.)

- Regulador-rectificador

. Salida de voltaje variable 24 a 120 V.c.c., 20 A (máx.). Temperatura de operación - 40°C a 50°C.

- Transmisor

- . Corriente máxima 20 A.
- . Periodo tiempo 40 ms.
- . Tiempo de extinción - 0,5, 1.0 ó 1,5 ms.
- . Sincronización por señal de radio o cable.
- . Control de temperatura, continuidad de cable.
- . Corriente de salida y periodos.

- Cable

- . De cobre con resistencia de 5 ohmios/km.

- Bobina receptora

- . Núcleo de ferrita
- . Preamplificador incorporado

- Filtro V.L.F.

- . Amplitud de banda - 10 kHz.
- . Amplificación 23:1

- Receptor

- . programable para cualquier número de canales y de amplitud de ventanas.

- . Almacén de datos en memoria "solid State".
- . Datos transferibles por puertas serie RS-232.
- . Filtrado de parásitos y de interferencia por líneas eléctricas.
- . Control automático de ganancia.
- . De cada lectura se realiza el cálculo de la desviación standard para probar la fiabilidad de las medidas.
- . Sincronización por cable, radio o reloj de cuarzo.
- . Adaptable a cualquier tiempo base y tiempo de estimación

2.2.2.- Programacion

Para conseguir los objetivos propuestos se procedió a planificar, programar y determinar los distintos aspectos a considerar, tales como:

- Topografía.
- Parámetros de medida (trabajos de pruebas).
- Parámetros de medida (componentes de producción).
- Tiempos de corte.
- Periodo de emisión.
- Número de canales de medida.

Una parametrización preliminar supondría una metodología de producción, así la principal premisa, que era la obtención de la información más fiable en campo, con la mejor recepción posible, exigía dispositivos de medida ópti-

mos y máxima resolución en los datos para su ulterior procesado.

De esta manera, se consideraron distintos aspectos tales como topografía de las zonas de estudio, tamaño del bucle de medida, parámetros de medida (emisor y receptor), tiempos de corte, periodos de emisión, número de canales del receptor, etc., todo ello para conseguir un dispositivo de medida con la penetración y resolución más adecuados.

Las pruebas que se realizaron afectaban, además de a los parámetros de emisión y recepción, a los siguientes aspectos:

- Topografía

Para que no se produjesen errores en la medida de la componente del campo secundario en la dirección perpendicular al bucle, se midieron las pendientes topográficas en las áreas de implantación de éstos. En el trabajo, por lo general, la pendiente no excedió de los 10° , y pudo comprobarse que la diferencia máxima esperable para pendientes de 15° era menor que el 5%.

- Parámetros de medida

a) Circuito de emisión

- Tamaño de los bucles. Se ensayaron bucles de 100 x 100 m (con 2 vueltas), 200 x 200 m y 300 x 300 m.
- Intensidad de corriente: entre 14 y 18 amperios.
- Tiempos de rampa o corte: entre 500 y 1.500 microsegundos.

- Periodos de emisión o base: de 10 a 40 ms.
- Conexión emisor-receptor: por cable y por antena.

b) Circuito de recepción

- Número de canales: entre 8 y 35.
- Apilamiento de la señal: entre los 512 y 4.048 stacks.
- Control del pulso primario.
- Se testeó periódicamente el ruido.

- Tamaño de los bucles

Parecía que el tamaño teórico del bucle más apropiado para conseguir la penetración a la profundidad requerida en el estudio sería de 300 x 300 m, pero dada la accidentada topografía de la zona este tamaño se hacía inviable.

Para obviar este problema se ensayaron bucles de 100 x 100 m. con una y dos vueltas. Para este tamaño, más operativo, se encontró que el problema del ruido se resolvía peor que en el caso de bucles de mayor tamaño; por esta razón, y otras apuntadas más adelante (relacionadas con la energización óptima del objetivo de interés), se pasó a utilizar el de 200 x 200 que resolvía el compromiso de ser el de mayor tamaño posible para la topografía de la zona, y suministrar datos fiables razonablemente profundos y comparables a los obtenidos con los de 300 x 300 m.

- Tiempo de corte

Se eligió un tiempo de rampa de 1.000 microsegundos, que resolvía una buena calibración del tiempo cero (ZTS, comienzo real del corte en la bobina), para esta configuración y la acumulación de datos producida con 500 microsegundos en los primeros canales, que no aporta nada a la información.

- Periodo de emisión

Se eligió un tiempo base de 40 milisegundos que proporcionaba un máximo de tiempo, suficientes canales y eliminación de ruidos.

- Número de canales

Se eligió un número de 23 con los que se disponía de una suficiente anchura de las ventanas de medida, aún con un bajo nivel de señal, y suficientes puntos de medida útiles en la curva de decaimiento.

De la misma manera, dado el nivel de ruido existente en las zonas, se decidió la realización de dos medidas con 512 stacks para tener monitorizado el ruido satisfactoriamente a lo largo del estudio, aunque en algunos casos fué necesario hacer un mayor apilamiento o repetición de las medidas.

Durante el periodo de pruebas se realizaron diversas interpretaciones que ayudaron a definir los dispositivos de medida que proporcionaban la mejor combinación entre operatividad general, profundidad de investigación y relación señal ruido.

Ya una vez comenzada la campaña metodológica de producción, los parámetros de medida han sido los siguientes:

Emisión:

- bucle: 200 x 200 m.
- Intensidad: 16 amperios.
- Tiempo de corte: rampa de 1 milisegundo.
- Periodo de emisión: basal de 40 milisegundos.

Recepción:

- Número de canales: 23.
- Apilamiento de la señal: 512 stacks.

Periodicamente se hicieron test de ruidos, y se controló el pulso primario en todas las estaciones medidas. Igualmente, se hicieron, como mínimo, dos lecturas en cada estación.

Los trabajos de campo se terminaron con la medida de 89 S.E.M., distribuidos en las siguientes zonas:

- Zona Dorsal: 33 Sondeos Electromagnéticos.
- Zona Oeste: 28 (S.E.M.)
- Zona Norte: 22 (S.E.M.).
- Zona de Arafo: 6 (S.E.M.).

(Se incluye como de la zona Dorsal el S.E.M. ubicado en Las Cañadas en el área de Ucanca con el nº 22, Fig. 12).

La situación de los S.E.M. queda reflejada en los planos N^{os} 1 al 7 y la relación de las interpretaciones en la Tabla 1.

TABLA 1: RELACION DE INTERPRETACION CON DOS CAPAS

ZONA DORSAL

Nº	ρ_1	ρ_2	Z1	%ERR	Nº	ρ_1	ρ_2	Z1	%ERR
102	1294	4.6	796	27	2100	1120	15	610	7
203	1953	21	593	10	2101	4854	28	582	8
204	912	9.5	609	11	2102	1172	17	622	6
301	1450	45	608	13	2209	2313	23	614	13
302	5422	41	567	11	2210	2378	26	615	11
401	9324	57	700	19	2211	1406	19	643	8
402	23863	44	699	6	2300	1528	30	577	9
500	34452	.03	332	11	2301	1549	32	588	10
602	92951	17	619	17	2302	1013	11	577	8
603	34882	6.3	601	8	2400	68765	11	609	10
702	15624	26	627	9	2401	116383	14	617	10
703	53008	30	658	11	2402	231840	8.7	597	14
801	49610	30	602	15	2500	8635	28	503	10
802	25389	17	618	10	2501	1428	61	526	11
906	1376	10	579	12	2502	3172	43	510	10
907	1928	17	613	8	2601	10852	.001	135	28
1001	14355	72	671	17	2602	10849	.001	173	38
1003	4199	148	614	13	2603	10549	.001	140	25
1004	17189	77	663	12	2700	457	1.1	413	9
1108	8553	33	584	11	2702	611	5.8	474	6
1109	3451	46	587	9	2703	163	.001	206	28
1202	13722	32	561	7	2704	413	.81	407	25
1203	5592	27	564	8	2900	4762	60	529	16
1300	1158	31	921	15	2901	2044	25	548	7
1301	1670	117	889	24	2902	2905	33	543	10
1303	30832	80	765	31	2903	4279	33	537	8
1404	178227	9.0	611	18	3000	8996	46	425	6
1405	178099	9.2	622	20	3001	7732	52	423	13
1500	171455	19	703	27	3002	2270	67	423	7
1501	38288	13	702	17	3101	1047	8.2	504	10
1600	4575	55	774	15	3102	1051	35	559	7
1601	13339	57	725	17	3103	868	16	552	5
1602	41490	65	769	15	3500	446	29	591	8
1700	41378	18	556	11	3501	457	28	579	5
1701	53579	23	554	10	3502	467	41	575	6
1702	35055	16	570	7	3600	12353	69	519	13
1800	21528	22	585	6	3601	20981	19	524	6
1801	54381	15	559	9	3602	43327	61	550	9
1802	46548	15	568	7	3700	85327	65	617	18
1900	5449	12	557	9	3701	40991	20	561	8
1901	25690	22	574	8	3702	121269	40	574	15
1902	8863	17	575	7	3703	68151	16	569	12
2000	32082	12	561	6					
2001	14637	12	567	10					
2002	14748	16	570	7					

ZONA ARAFO

Nº	ρ_1	ρ_2	Z1	%ERR	Nº	ρ_1	ρ_2	Z1	%ERR
100	550	61	524	10	400	2860	48	591	14
101	1588	95	349	7	401	969	35	675	8
102	781	92	424	11	500	5000	25	521	8
200	4241	22	617	10	501	13619	24	512	6
201	5178	35	621	10	700	28626	.17	456	23
300	1961	17	474	12	701	14979	.56	599	62
301	738	19	531	6					

TABLA 1 (Continuación) RELACION DE INTERPRETACION CON DOS CAPAS

ZONA NORTE

Nº	ρ_1	ρ_2	Z ₁	±ERR	Nº	ρ_1	ρ_2	Z ₁	±ERR
100	330	38	493	6	1200	2279	61	613	23
101	318	30	508	8	1201	1760	107	627	31
200	851	30	558	3	1300	846	34	696	12
201	783	20	572	9	1301	862	52	700	8
300	894	19	569	11	1400	6319	76	568	10
301	838	15	595	7	1401	1593	59	614	20
400	1746	66	657	14	1500	685	22	484	4
401	1175	34	765	14	1501	675	32	506	16
501	1373	25	720	16	1600	504	43	382	7
502	1371	35	721	10	1601	579	40	374	7
503	1244	11	668	7	1700	513	33	409	4
600	1448	28	625	15	1701	423	29	459	7
601	1125	27	654	13	1800	10747	28	496	7
700	343132	10	649	19	1801	1246	16	511	12
701	308900	21	670	20	1900	43976	23	572	12
800	1710	27	480	8	1901	83423	29	586	17
801	744	17	518	15	2000	1472	27	367	12
900	275	82	421	7	2001	373	18	464	5
901	276	86	430	7	2100	453	36	469	4
1000	2139	28	651	18	2101	427	31	510	4
1001	1386	31	684	6	2102	442	36	497	6
1100	8802	39	739	29	2200	105	5.0	242	20
1101	11698	31	812	25	2201	106	5.9	245	20

ZONA OESTE

Nº	ρ_1	ρ_2	Z ₁	±ERR	Nº	ρ_1	ρ_2	Z ₁	±ERR
100	741	34	431	8	1500	9902	28	297	5
101	616	37	446	5	1501	9669	30	295	3
200	430	36	430	3	1600	9850	39	260	4
201	402	29	473	4	1601	2913	32	275	3
300	1160	67	348	6	1700	45262	33	277	5
301	1086	27	394	19	1701	44859	27	286	4
400	921	80	268	10	1800	1174	24	287	13
401	920	77	278	14	1801	467	22	307	9
500	405	29	442	7	1900	27892	48	150	5
501	415	31	435	5	1901	27953	48	151	4
600	1076	45	352	15	2000	637	55	177	14
601	1052	46	358	15	2001	626	53	179	14
700	1611	44	268	11	2100	270	47	376	3
701	278	36	365	4	2101	266	43	385	5
800	277	29	440	10	2200	432	29	453	8
801	286	36	427	4	2201	530	48	412	4
900	328	21	420	6	2300	1678	37	365	6
901	337	23	415	6	2301	1659	40	363	6
1000	362	36	433	11	2400	366	25	442	10
1001	355	30	437	7	2401	631	47	360	5
1100	1675	31	438	4	2500	5009	58	321	6
1101	1463	30	442	4	2501	9540	61	313	6
1200	1060	78	348	19	2600	1801	42	275	12
1201	383	48	501	8	2601	2856	47	261	10
1300	409	17	436	7	2700	421	26	450	2
1301	424	18	427	4	2701	1910	38	368	13
1400	2670	28	290	5	3000	1951	36	279	15
1401	1915	31	288	5	3001	1606	35	289	9

3.- INTERPRETACION

3.1.- BASES INTERPRETATIVAS E INTERPRETACION

Con el Método Electromagnético en la modalidad de S.E.M. (o S.E.M.D.T.) central se pretendía la identificación de las resistividades del subsuelo y su distribución en el mismo. Dadas las hipótesis geológicas y geotérmicas de las zonas de estudio, eran esperables contrastes de resistividades entre una cobertera resistiva y un substrato conductor.

A partir de los datos de campo (ver Anexos), se procedió a su tratamiento e interpretación.

Tratamiento de los datos

- DEEPEM

Con posterioridad a los diversos ensayos iniciales, se procedió a realizar un perfil Deepem a lo largo de una línea que cruzaba un bucle cuadrado de 200 x 200 m, centrado en la estación 4 de la zona Dorsal.

La línea llega a 850 m del centro en la dirección E 30°N y 950 m en la dirección W 30°S con un total de medidas útiles de 40 estaciones, con 25 metros de intervalo en las zonas próximas del bucle y 50 m en el exterior.

Los parámetros de medida son los mismos que los elegidos para la campaña de S.E.M.

Del análisis de los resultados (Anexo I) puede deducirse una amplia respuesta positiva de la unidad conductora, a la que se superpone una respuesta anómala, en los primeros cinco canales, en la proximidad de los cruces con el bucle. Esta última corresponde a las corrientes que fluyen por la unidad superficial, conductora, de débil espesor y baja resistividad. Sobre esta capa se hacen algunas consideraciones en el apartado de interpretación de los sondeos.

Los cruces que se producen al Este de la línea corresponden a las posiciones de corriente en la unidad conductora subyacente.

- Sondeos Electromagnéticos

DLARRTI: Transforma la curva de decaimiento medida en campo en una curva de resistividad aparente en función del tiempo, normalizada para los parámetros utilizados en el proceso de toma de medidas.

ARRTI: Programa de inversión de la curva de resistividad, que permite deducir el modelo o modelos geoelectrónicos más plausibles para cada curva.

En algunos casos, antes de su tratamiento definitivo con ARRTI, ha sido necesaria la supresión de algunos datos, bien los correspondientes a los primeros canales (saturados), bien a los de los últimos canales afectados de ruidos. (La supresión del primer canal tiene poca importancia en el proceso y afecta sólo a la información superficial. La supresión de los últimos trae consigo una limitación de la profundidad de investigación).

Se ensayaron interpretaciones con modelos de 2, 3 y 4 capas, lo que ha ayudado a comprender las distintas respuestas de los dispositivos de medida ensayados y por otra a establecer un modelo interpretativo para el conjunto de la Campaña.

Los datos han sido editados antes de su tratamiento. Los cinco primeros canales han sido suprimidos a causa de que sólo reflejan la respuesta de la delgada y variable capa conductora superficial, como puede verse en el perfil Deepem en donde los primeros cinco canales dan una respuesta completamente diferente al resto. La supresión de estos datos en la interpretación apenas afecta cuando se pasa de un modelo de dos capas sin considerarlos, a un modelo de tres capas considerando los primeros canales.

En las figuras 7 y 8 se muestran dos interpretaciones del sondeo nº 23 de la zona Dorsal (TD2302E) donde se ve la escasa incidencia que tiene la utilización de uno u otro modelo en la resolución de los parámetros de interés para nuestro estudio (profundidad de la capa conductora y resistividad de la misma).

Por ello, básicamente, se ha realizado una interpretación con un modelo de dos capas, que parece suficiente a falta por el momento, de otras informaciones de datos geológicos o geofísicos. Con este modelo se obtiene una variación grande en la resistividad de la capa superficial, debido a que el modelo es poco sensible a las variaciones de la misma a partir de las curvas tipo construídas con el ARRTI (figuras 1 a 6).

Han sido suprimidos también en el tratamiento, los datos con ruidos de los últimos canales. Las medidas periódicas en ausencia de pulso primario y las repeticiones de pun-

tos coincidentes confirman como límite adecuado 1 nT/Sec. Está representado en los plots como una línea recta oblicua variable en función del dispositivo y parámetros de medida utilizados.

Con estas limitaciones en algunos sondeos sólo se ha podido utilizar para su tratamiento hasta el canal 13, de los 23 medidos, lo que dificulta en gran manera la determinación de la resistividad de la capa conductora para profundidades mayores que 500 metros (ver curvas tipo). La profundidad del techo de esta capa está bien resuelta en los otros casos.

Las figuras nºs 9 y 10 muestran, por el contrario, cómo se consigue un ajuste óptimo con un tratamiento con cuatro capas.

La figura nº 11 corresponde a la interpretación del sondeo nº 22 de Uanca, con un modelo, igualmente de cuatro capas.

Las figuras nº 13, 14 y 15 indican el tratamiento del S.-E.M. nº 27 de la zona Oeste partiendo de dos tomas de datos distintos: del T02701 y el T02700. De ese último tenemos la mejor interpretación, con sólo un error del 2.41%.

4.- CONCLUSIONES

Los datos que proporciona la interpretación de los S.E.M. han permitido la elaboración de los Cortes Geoelectricos, así como Planos de Isorresistividades del Substrato Conductor y de Isobatas del Techo de mismo. (Planos nºs 8 a 13).

. Comentario a los Cortes Geoelectricos

Se ha designado, ocasionalmente, con una R los valores de resistividad muy altos y que no se han cuantificado; no obstante, pueden constatarse en los correspondientes Anexos.

La simple inspección ocular de los distintos cortes pone de manifiesto la evolución en profundidad y en resistividades del substrato conductor, así como los de éstas últimas del paquete resistivo suprayacente.

Así, en el Plano nº 8 - Zona Oeste - se observa que el techo del conductor está relativamente somero, en especial bajo los S.E.M. (D.T.) nºs 10 y 20. Sus resistividades, aunque variables, están en un orden de 30 Ω m, bajando en un punto a 18 Ω m. El plano nº 9 - Zona Norte - indica que el conductor está más profundo, con valores de resistividad de 10 Ω m en el S.E.M. nº 7.

Los cortes del plano nº 10 - Zona Dorsal - presentan dos puntos anómalos. En el Perfil A, igualmente en el H, que contiene el S.E.M. nº 5, nos muestra a éste con valores

de resistividad menor que $1 \Omega m$. Lo mismo ocurre con el S.E.M. nº 26 en el Perfil G. En ambos puntos el substrato está somero. El resistivo de cobertera tiene valores altos.

En este Plano se incluye el S.E.M. nº 22 de la zona de Ucanca (ver figura nº 12). El substrato, muy somero, tiene un valor de resistividad muy bajo (menos de $1 \Omega m$).

La zona de Arafo (plano nº 11) tiene un punto anómalo en el S.E.M. nº 7.

. Isorresistividades del Substrato Conductor

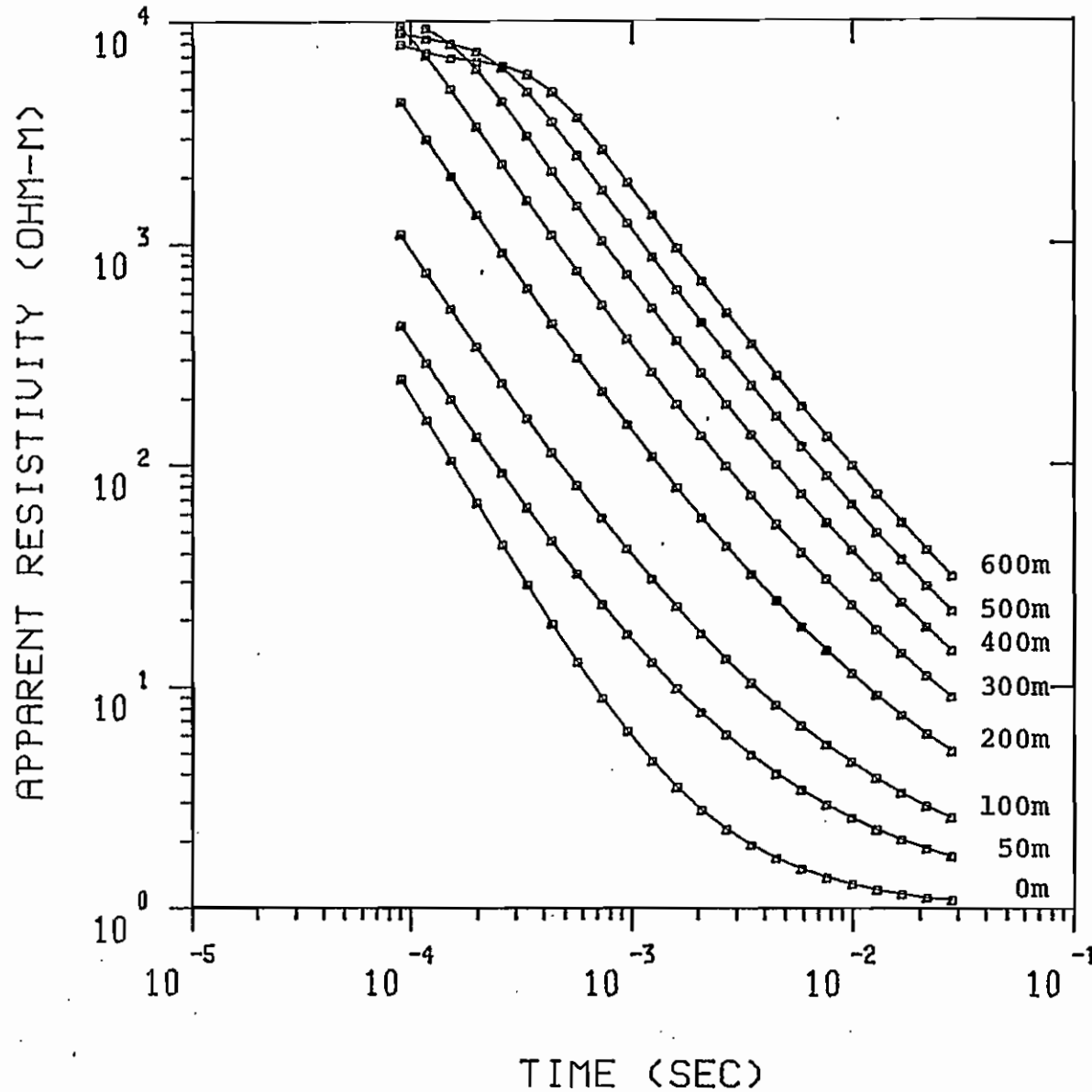
El plano nº 12 refleja la disposición de las zonas de menor y mayor resistividad.

. Isobatas del Techo del Horizonte Conductor

El plano nº 13 indica la evolución en profundidad del substrato conductor.

FIGURAS

1K-1



MODEL :

1000.
OHM-M

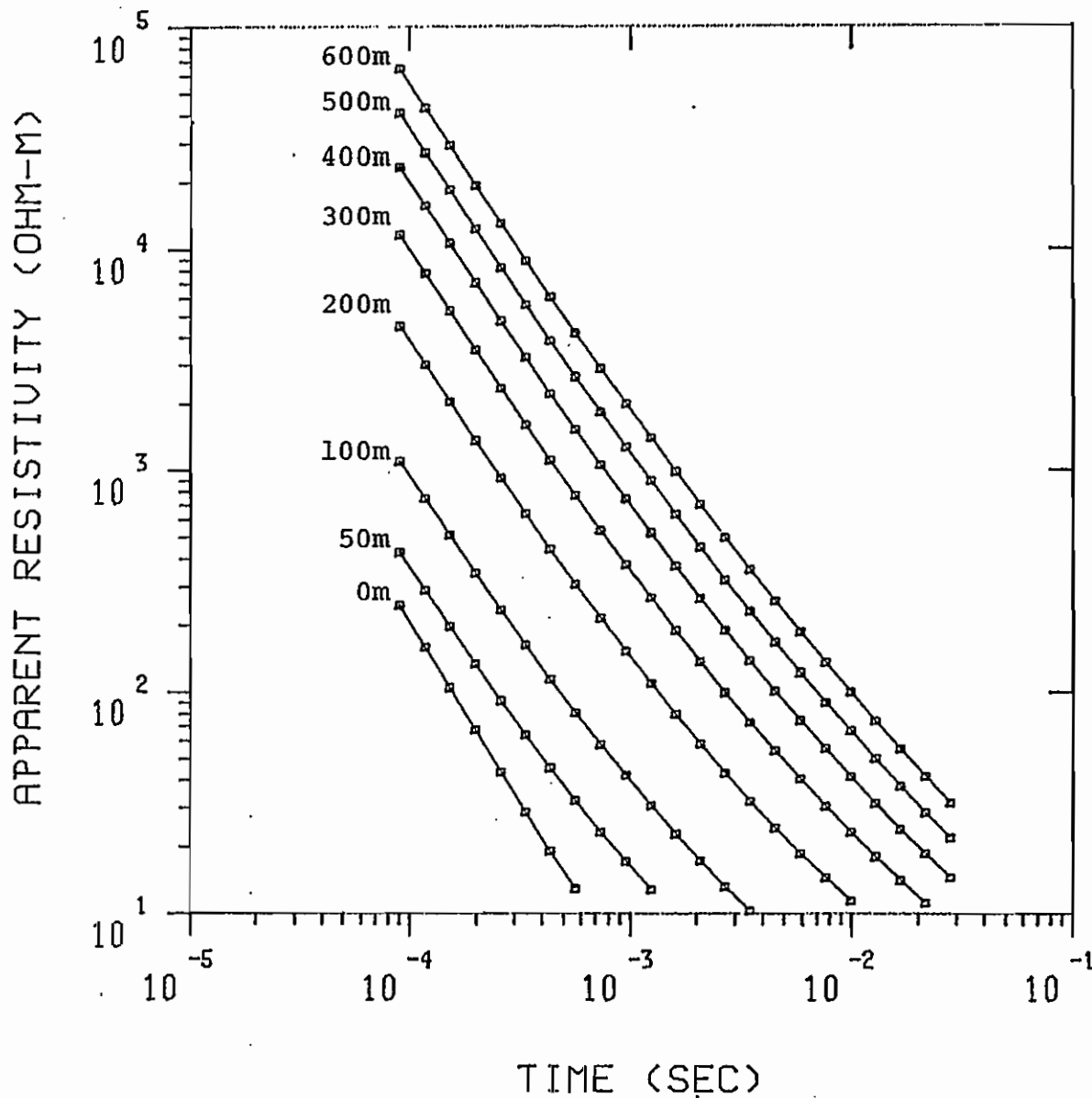
1.00
OHM-M

Figura 1. Curvas Tipo.

% ERROR: .000
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 100. M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

10K-1

MODEL :



10000.
OHM-M

1.00
OHM-M

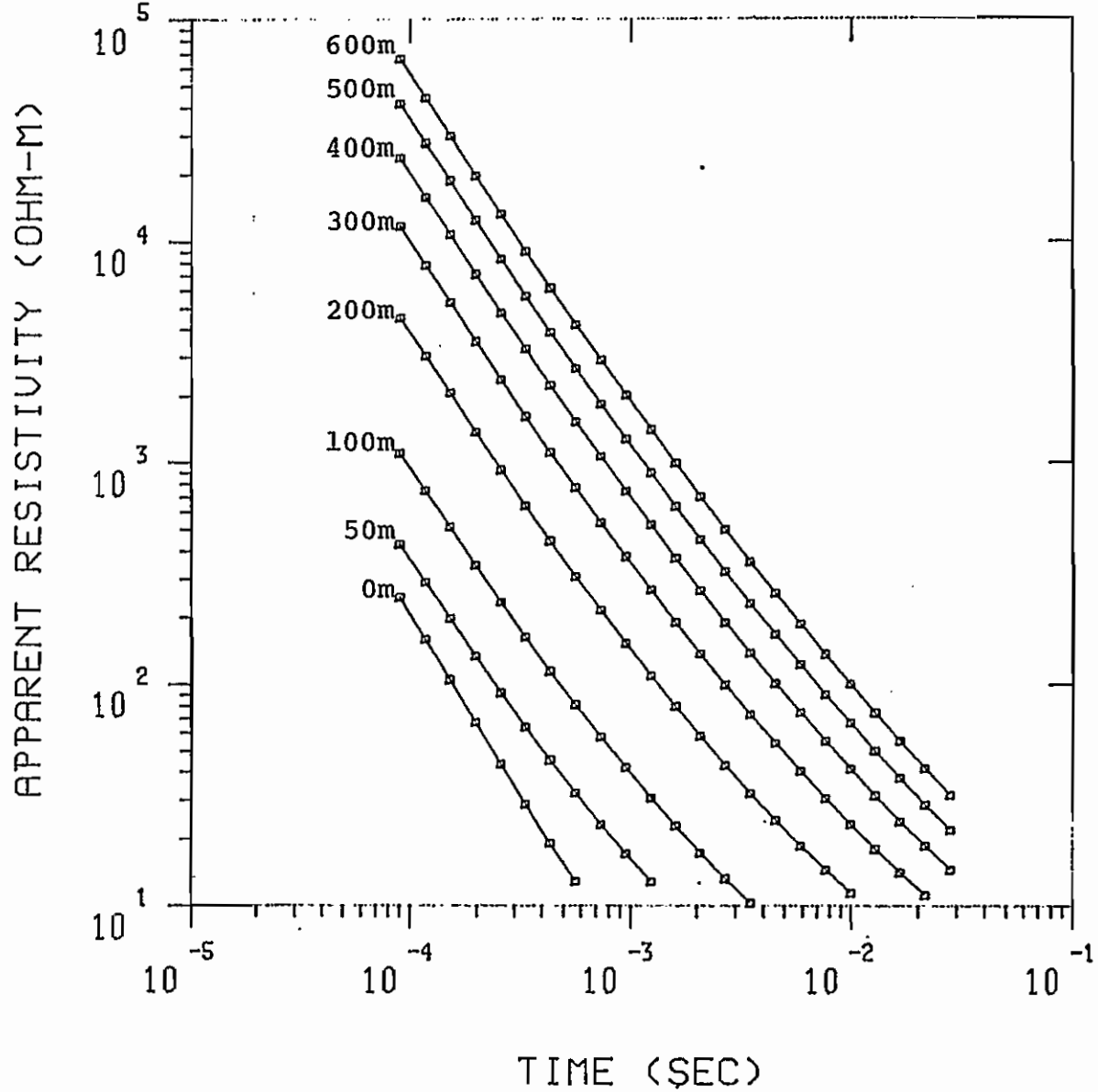
Figura 2. Curvas Tipo.

% ERROR: .000
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 100. M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

100K-1

MODEL:

100000. OHM-M
1.00 OHM-M



100000.
OHM-M

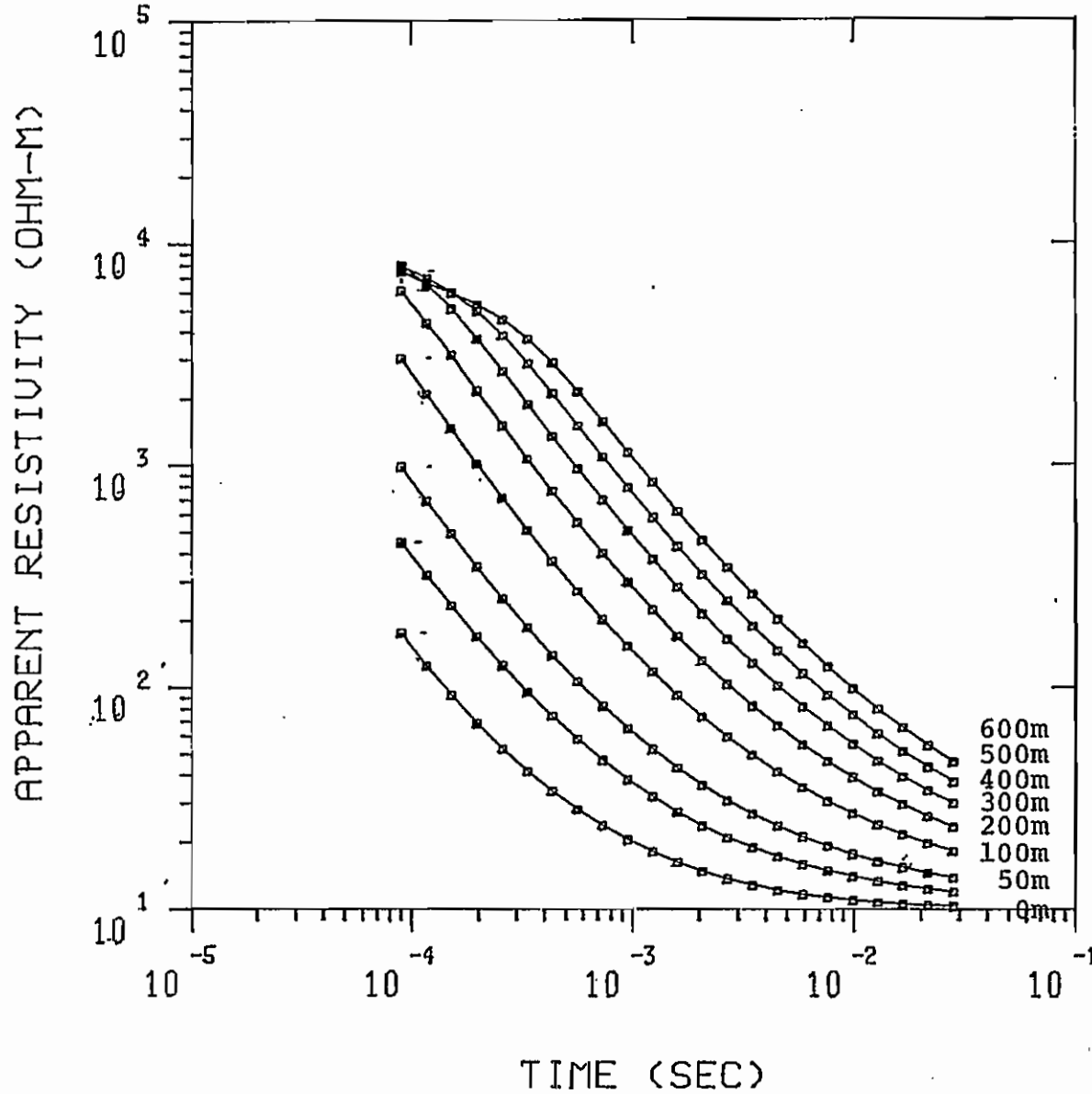
1.00
OHM-M

Figura 3. Curvas Tipo.

% ERROR: .000
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 100. M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

1K-10

MODEL :



1000.
OHM-M

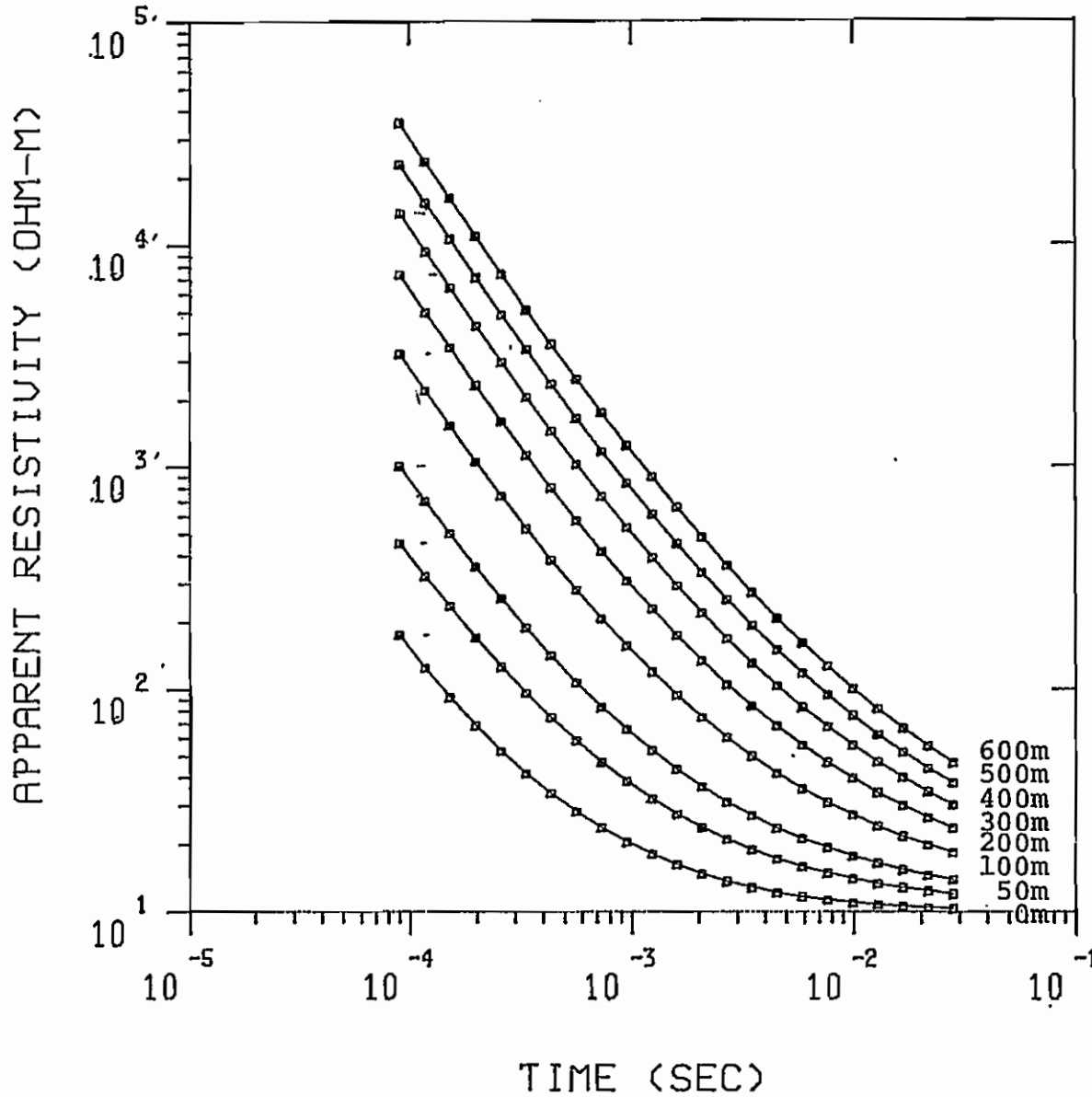
10.0
OHM-M

Figura 4. Curvas Tipo

% ERROR: .000
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 100. M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

10K-10

MODEL :



10000.
OHM-M

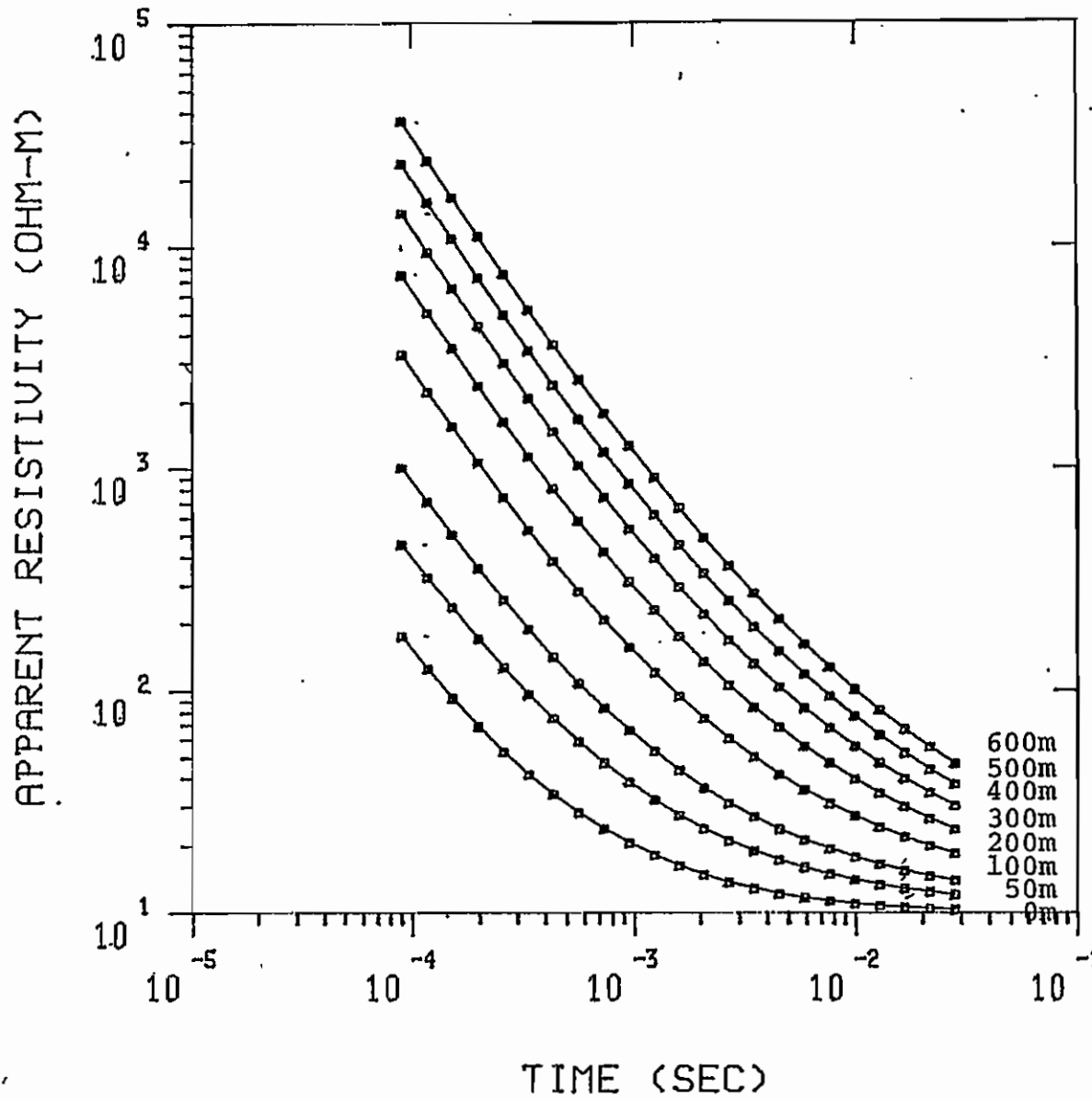
10.0
OHM-M

Figura 5. Curvas tipo

% ERROR: .000
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 100. M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

100K-10

MODEL _B



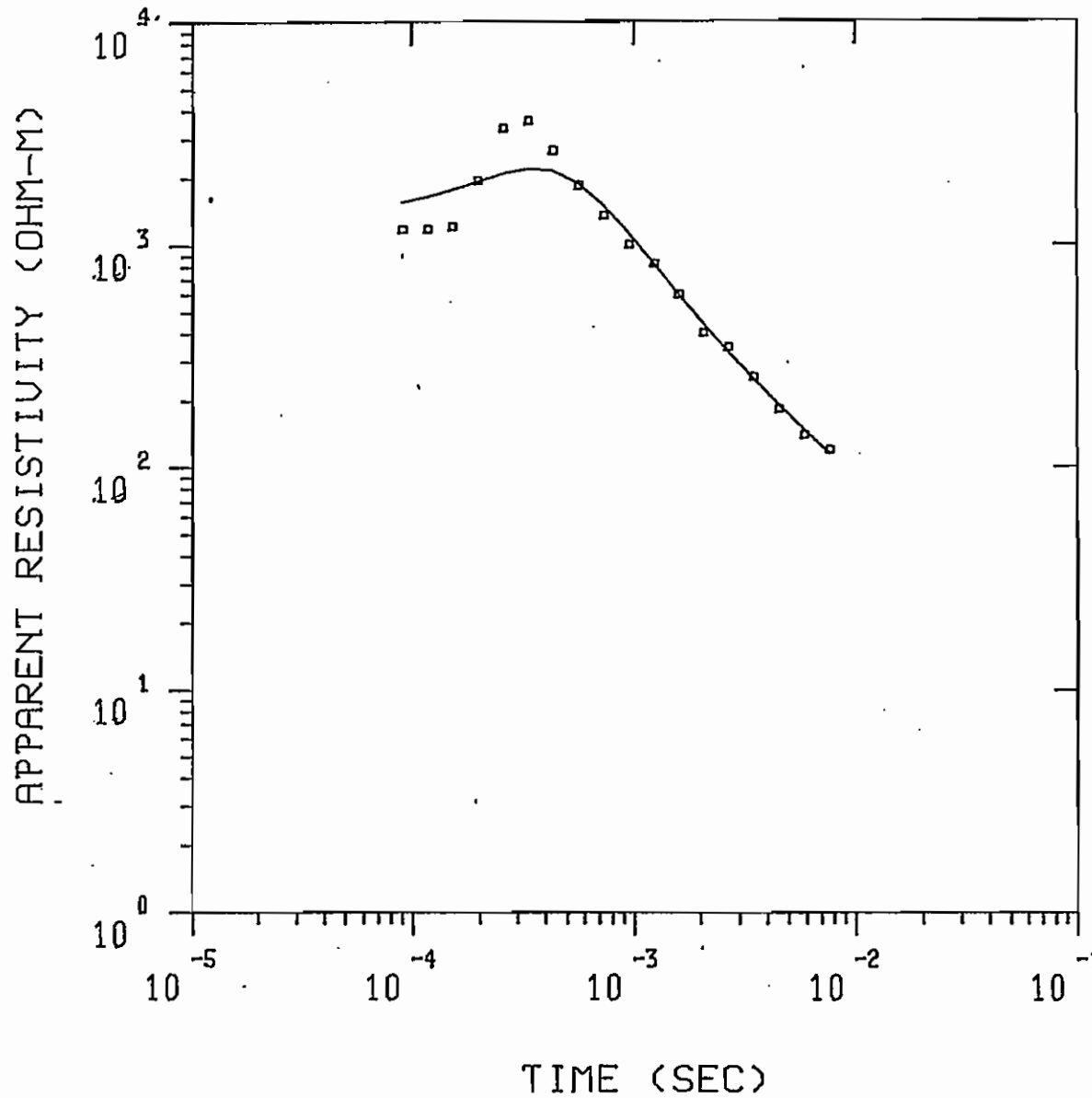
100000.
OHM-M

10.0
OHM-M

Figura 6. Curvas Tipo

% ERROR: .000
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 100. M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

2302



MODEL :

5.17 1.99 M
OHM-M

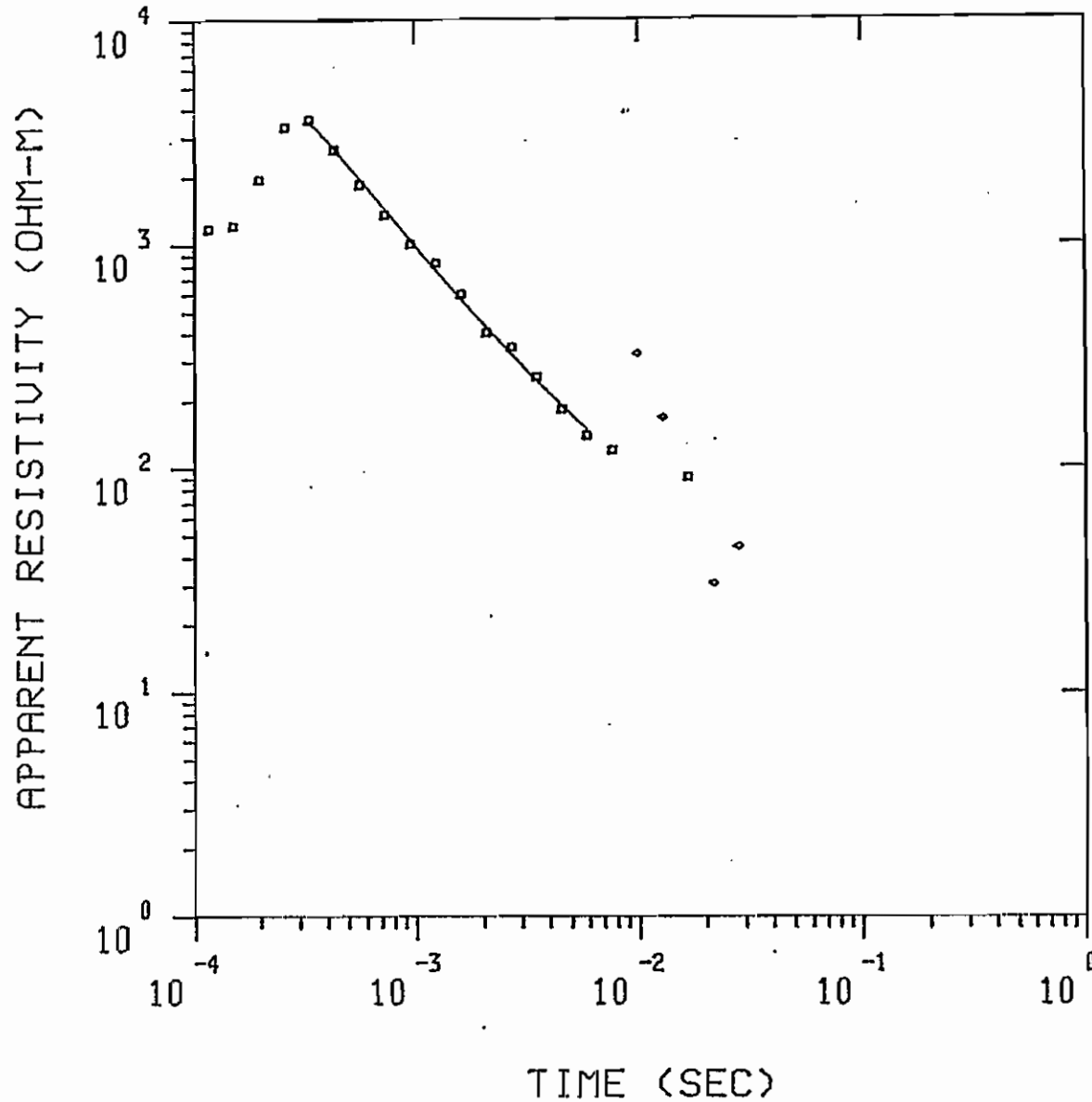
60241. 580. M
OHM-M

7.85
OHM-M

Figura 7. Modelo de tres capas con
siderando una fina capa
superficial.

% ERROR: 39.2
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 100. M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

TD2302E



MODEL :

1013.
OHM-M

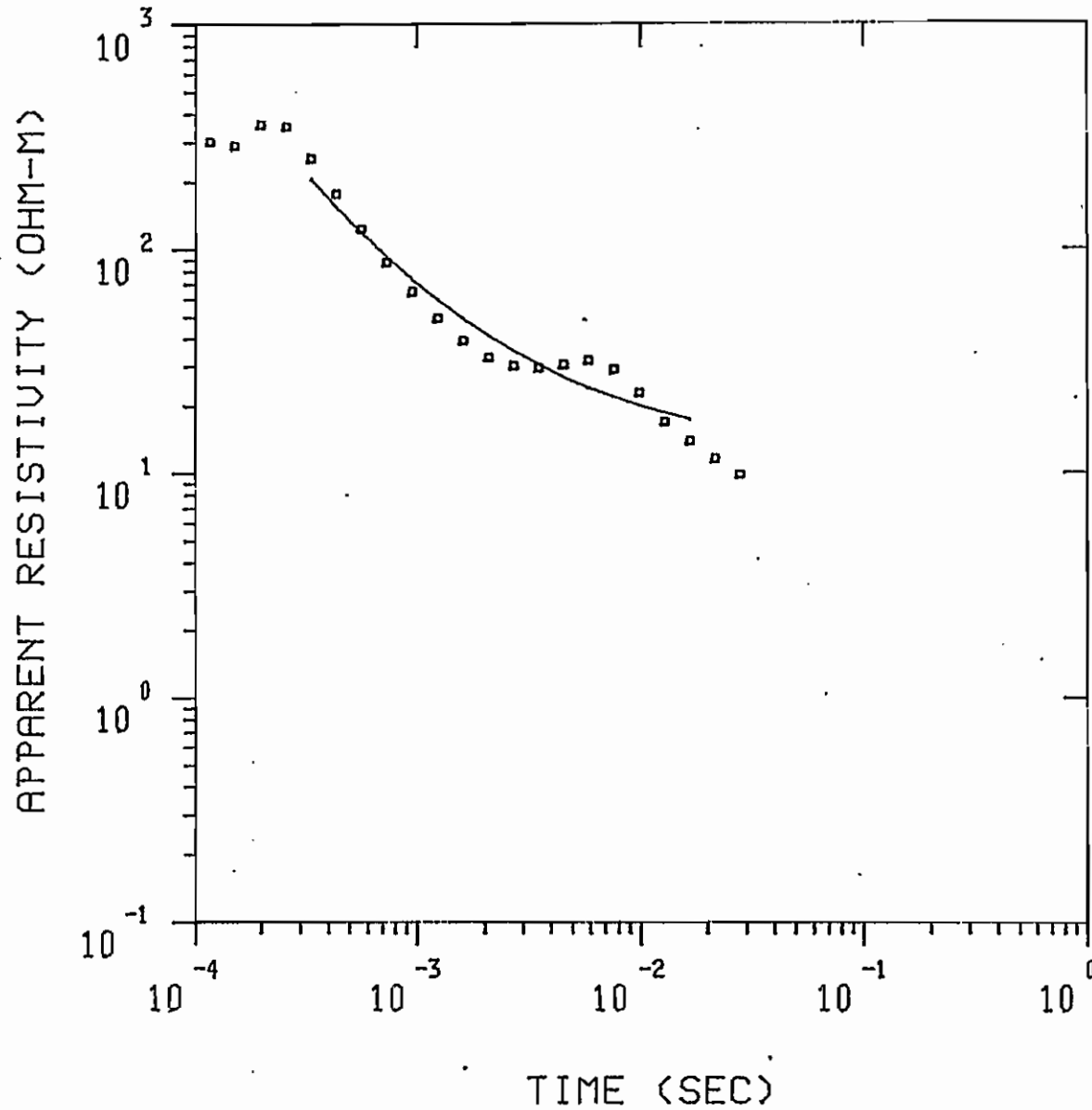
577. M

11.2
OHM-M

Figura 8. Modelo de dos capas para los mismos datos de la Figura 7.

% ERROR: 8.19
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 100. M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

TD1105E



MODEL :

802.
OHM-M

113. M

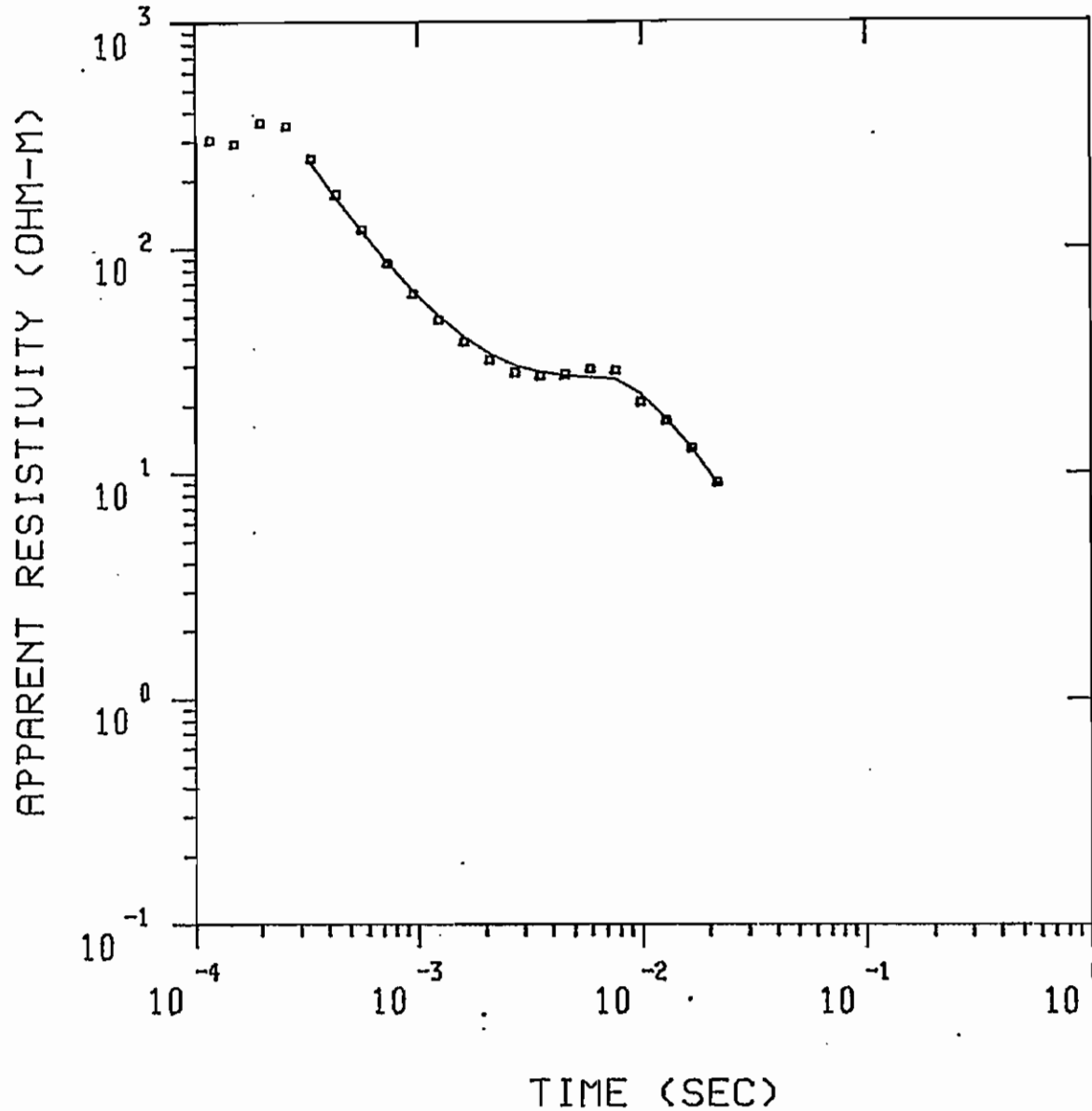
11.0
OHM-M

Figura 9. Datos de bucle de
100 x 100 m.

% ERROR: 30.1
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 50.0 M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARRTI

TD1106E

MODEL :



1258. 165. M
OHM-M

.132 1.88 M
OHM-M

1006. 206. M
OHM-M

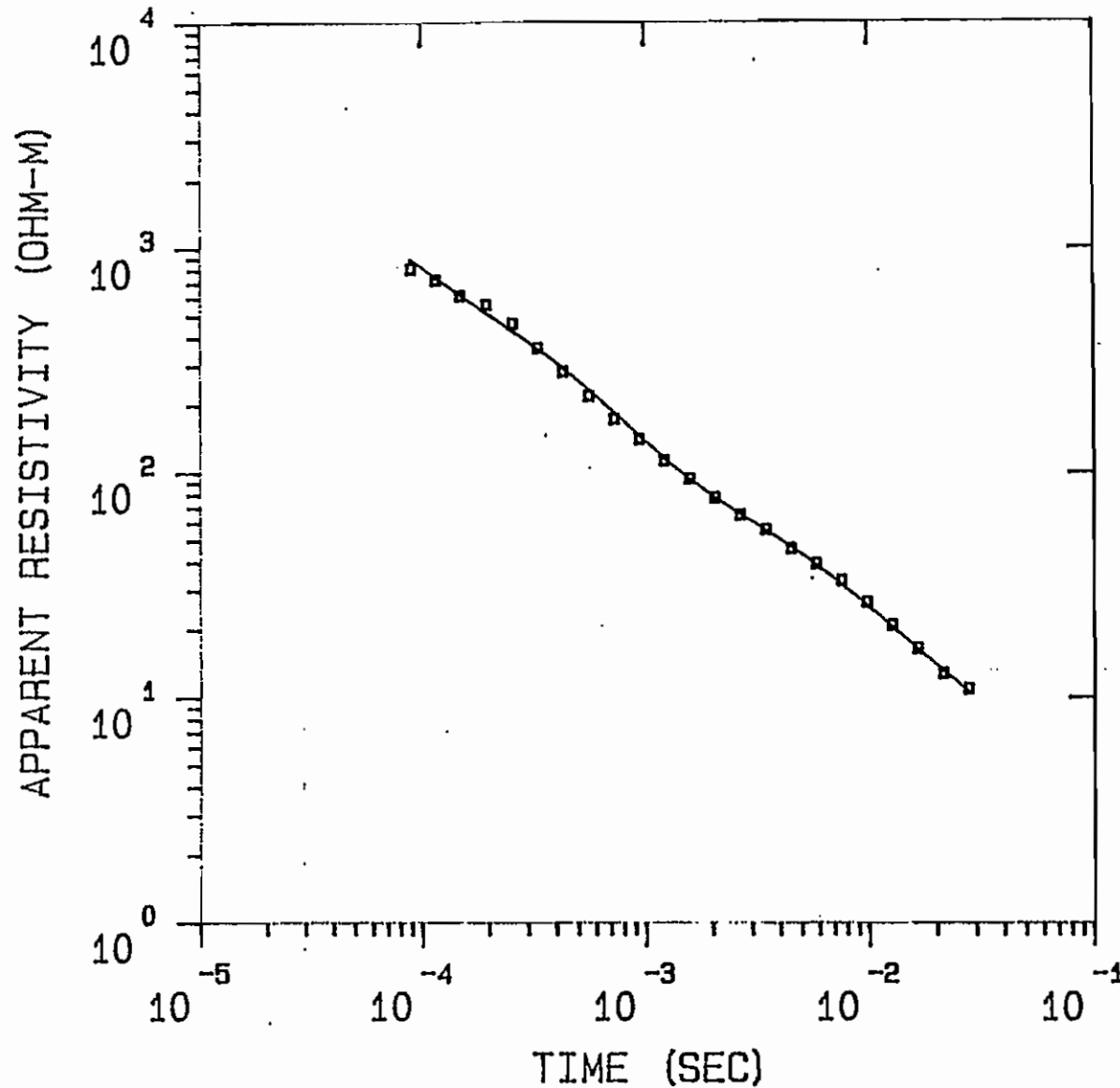
.104
OHM-M

Figura 10. Datos de bucle de 100 x 100 m.

% ERROR: 7.45
CALIBRATION: 1.00
OFFSET: 50.0 M
SYSTEM: \$RAMP
IGS: ARTI

TN22BN (UCANCA)

MODEL:



117.
OHM-M 133. M

60.5
OHM-M 97.8 M

6.30
OHM-M 132. M

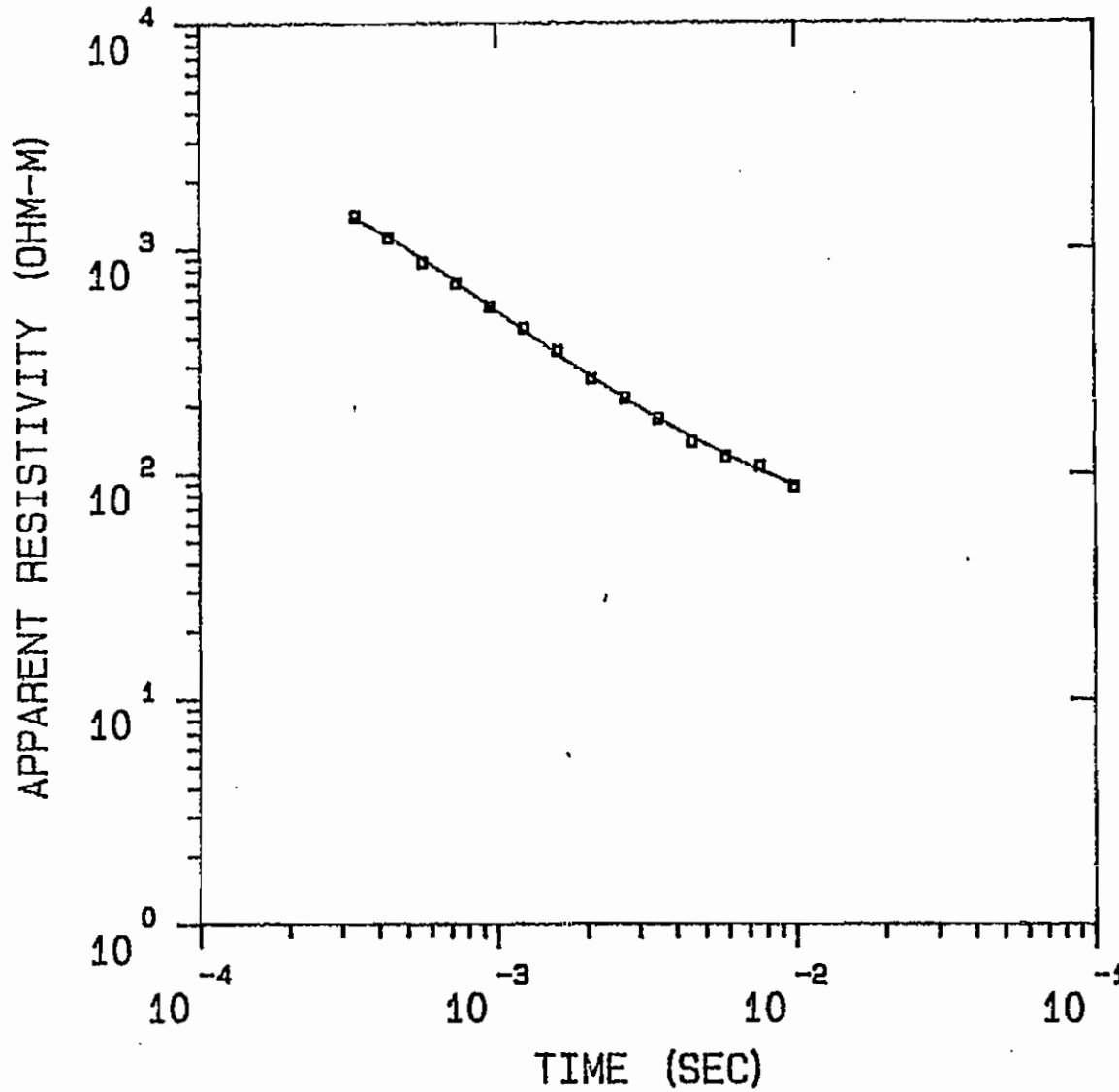
.978
OHM-M

Figura 11. Sondeo no 22 de Ucanca.

% ERROR: 6.26
CALIBRATION: 1
OFFSET: 100 M
RAMP: 1000.0
IGS: ARRTI

T02701W

MODEL:



417.
OHM-M 454. M

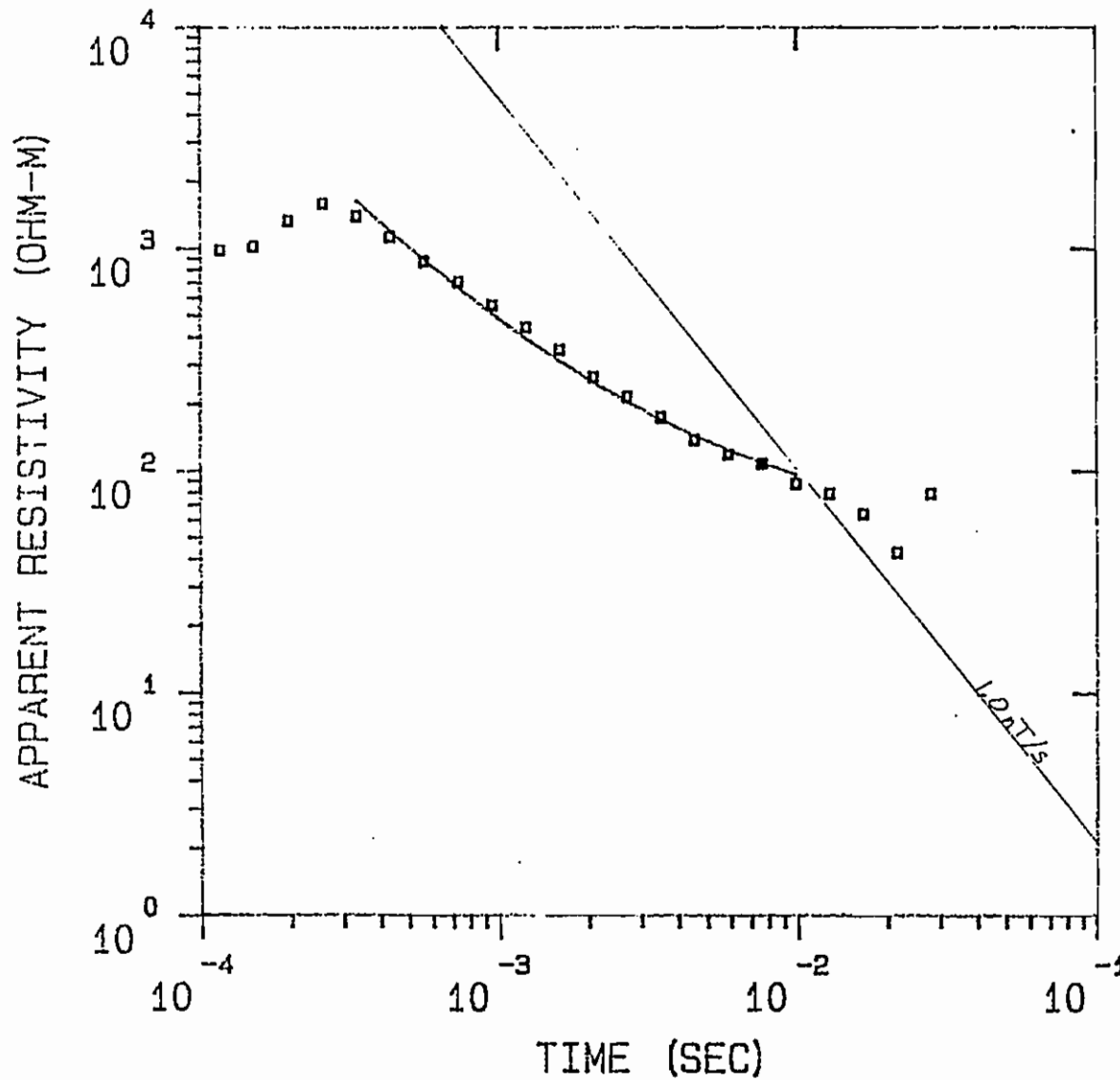
25.5
OHM-M

Figura 13

% ERROR: 3.99
CALIBRATION: 1
OFFSET: 100 M
RAMP: 1000.0
IGS: ARTTI

T02701W

MODEL:



1910.	
OHM-M	368. M

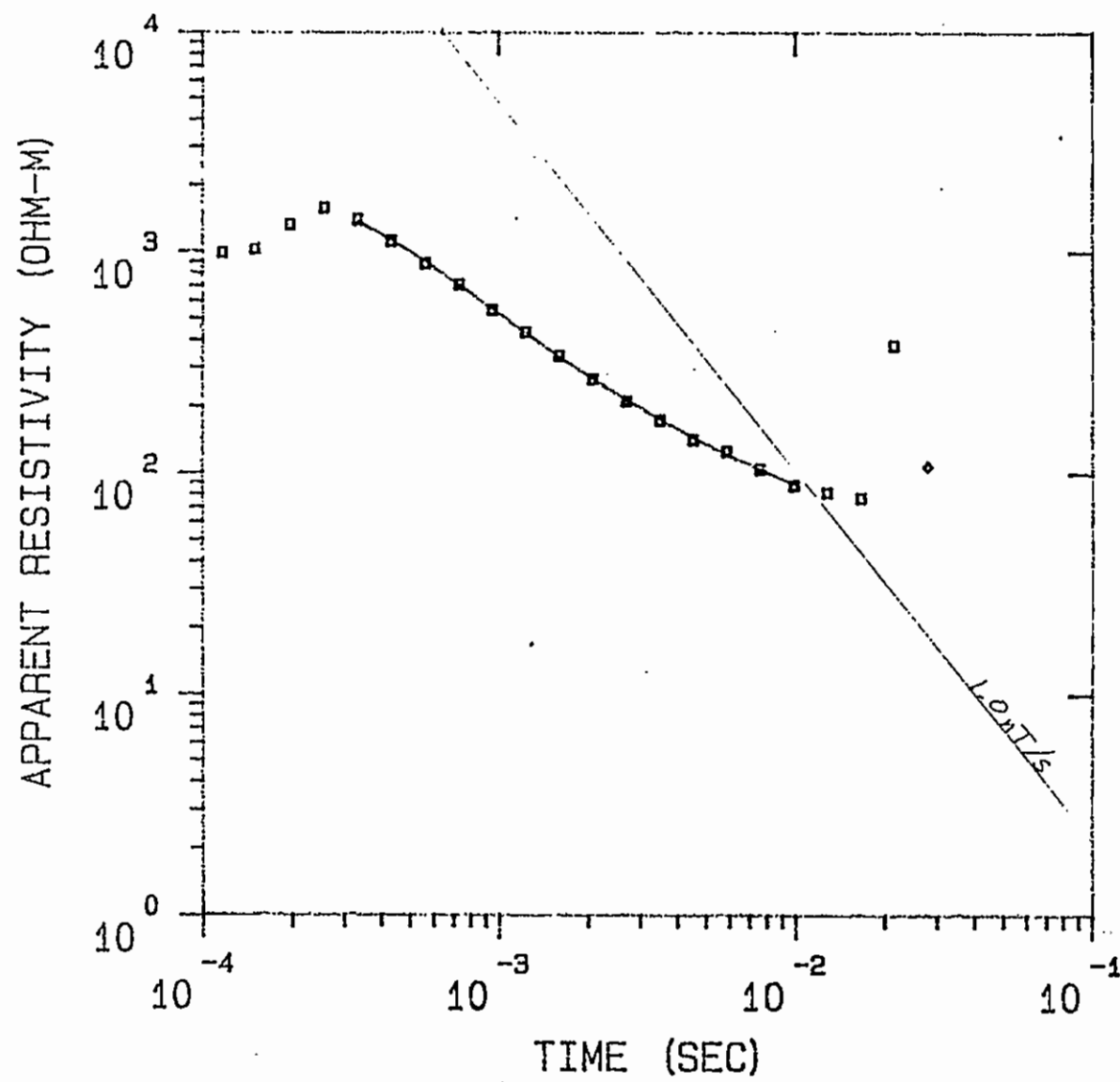
37.5
OHM-M

Figura 14

% ERROR: 12.6
CALIBRATION: 1
OFFSET: 100 M
RAMP: 1000.0
IGS: ARRTI

T02700W

MODEL:



421.	
OHM-M	450. M

26.3
OHM-M

Figura 15

% ERROR: 2.41
CALIBRATION: 1
OFFSET: 100 M
RAMP: 1000.0
IGS: ARRTI