

CAPITULO 2 EXPLORACION GEOFISICA

2-1 Objetivos

En la región de San Antonio de la República de Honduras, mediante las metodologías de prospección geofísica, se persigue como objetivos aclarar las condiciones geológicas desde la superficie hasta la parte profunda y las condiciones de existencia de los depósitos minerales, incrementar las reservas de los yacimientos ya existentes y obtener datos para descubrir nuevos depósitos minerales. Además, como otro objetivo se tiene el traslado de las técnicas a la contraparte de los organismos de este país.

2-2 Métodos de estudios geofísicos

En el presente estudio, tomando en consideración los estudios geológicos precedentes realizados, los resultados de la medición de muestras, los resultados de la prospección geofísica, etc. se seleccionó la metodología a emplear. Según los resultados de la medición de las muestras se obtuvo que los minerales objeto de la búsqueda tienen una resistividad menor de $50 \Omega m$, el valor de PI para FE es mayor de 20%.

- ① La estructura geológica es complicada. Especialmente pocos afloramientos también, poca información geológica
- ② El relieve es muy abrupto.
- ③ El contraste de resistividad entre los minerales y la roca de caja es grande.
- ④ El efecto de PI de los minerales también es grande.
- ⑤ Los caminos y otras vías de acceso en muchas partes son malas, por lo que son necesarios equipos de medición de fácil portabilidad.
- ⑥ En general se supone que la resistividad de la región es de unas decenas a unos cientos de Ωm .

En los yacimientos minerales de la presente región se espera baja resistividad y alta polarización inducida, como metodologías de prospección geofísica se emplearon el método TEM y el método de PI. El método TEM es más sensible a las variaciones de la resistividad por debajo de la superficie terrestre que otras metodologías de estudio de la resistividad (métodos CSAMT, Schlumberger, entre otros), también es poco afectado por la influencia de la estructura superficial, el relieve, etc., por lo que se supone que es apropiado para el estudio de la presente región. Se empleó además el método de PI, el cual es una metodología de dominio en tiempo que recientemente es bien aprovechada.

2-2-1 Método PI

(1) Características del método de PI

Método de PI se le denomina abreviadamente al método de Polarización Inducida, el cual aprovecha las propiedades electroquímicas de las rocas y minerales, midiendo el efecto de polarización eléctrica (efecto de PI) de la tierra. En las rocas que contienen minerales metálicos al hacer circular corriente, en la superficie de los granos minerales se producen reacciones de oxidación-reducción, acumulándose carga eléctrica a su alrededor, como un tipo de pila. Al

interrumpir la corriente, se produce la descarga de dicha carga eléctrica, que consume un tiempo desde el corte de la corriente, mostrando el fenómeno transitorio. Este tipo de fenómeno es evidente especialmente en los minerales sulfurosos, aprovechándose en la prospección de yacimientos minerales metálicos.

Como metodología de medición, las mediciones se clasifican en 2 grandes grupos que son dominio en tiempo y dominio de frecuencia. Ambos, si se hiciera la medición sin errores de todas las frecuencias y todos los tiempos, son equivalentes mediante la relación de la transformada de Fourier. En la realidad medir en muchas frecuencias es difícil, recientemente también contribuye el progreso de las técnicas relacionadas con la computación, está difundida mucha más cantidad de información sobre la medición del dominio en tiempo. En este estudio también se midió en el dominio en tiempo.

(2) Equipos de medición del método de PI

Los equipos de medición del método de PI empleados en el presente estudio es el sistema SYSCAL de la compañía BRGM de Francia.

	Modelo	Especificaciones
Receptor	Syscal R-2 Multipurpose Receiver Model	Canales de entrada 8 Rango dinámico $\pm 5 V$ Ganancia 1 ~ 2048 Memoria 256 kbyte RAM
Transmisor	Syscal R-2	Salida máxima 3kW Corriente de salida 10A máxima Forma onda de salida 0.125Hz, 50% duty cycle
Generador	Generador Honda Convertidor AC-DC	Salida máxima 750W Frecuencia de salida 50Hz, 1 fase Salida máxima 1 kw

Este equipo es ampliamente utilizado en los estudios por el método Schlumberger y otros, pero es posible también la medición de PI en el dominio en tiempo, el intervalo de tiempo de muestreo después del corte de la corriente puede elegirse libremente, es posible la medición apropiada para las características de PI de la región de estudio. Para hacer circular grandes corrientes se utilizan un elevador de tensión (booster de 1.2 kw) y un generador eléctrico de gasolina. Se procesan digitalmente, el proceso de suma (stacking) es posible, en el caso de medición de potenciales pequeños la cantidad de sumas (número de stack) se incrementa para mejorar la relación señal/ruido (S/R). Además, en los casos en que el voltaje de medición es menor que 1 mV se empleó un pre-amplificador que aumenta la ganancia en 10 veces.

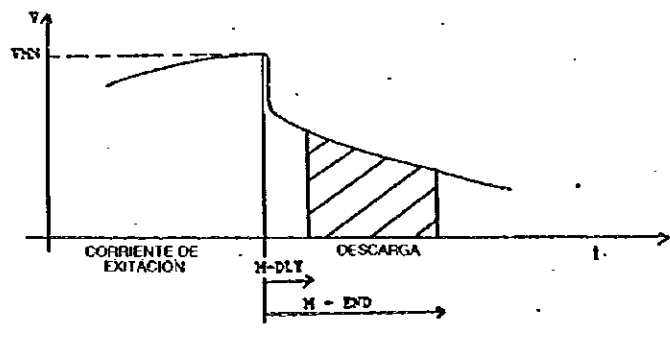
(3) Metodología de medición

La diferencia de potencial observada en los electrodos de potencial dentro de la medición es como se muestra en la figura siguiente. Con el SYSCAL-R2 mediante el "stack" se extraer selectivamente las componentes sincronizadas con la corriente transmitida por lo que se pueden obtener datos de buena relación S/R. Como V_{MV} se toma el valor máximo del voltaje de medición del intervalo en que está circulando corriente, la diferencia de potencial del intervalo entre

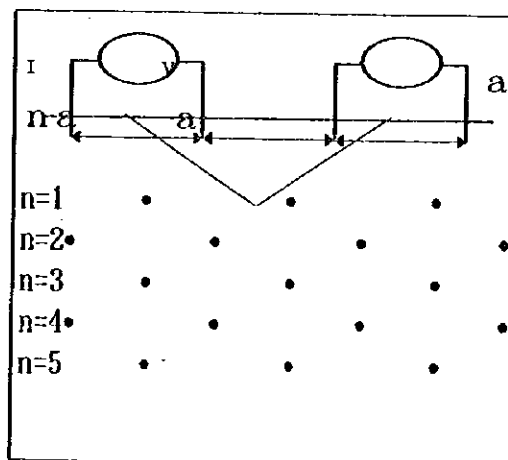
electrodos de potencial después de cortada la corriente se mide en el intervalo de tiempo desde t_{DLY} hasta t_{END} , la cargabilidad M se calcula por la formula:

$$M = \frac{\int_{t_{DLY}}^{t_{END}} V dt}{V_{MN} (t_{END} - t_{DLY})}$$

En SYSCAL-R2 se pueden ajustar t_{DLY} , t_{END} , el número de veces del stack, etc., por lo que es posible medir con los parámetros apropiados en la prospección objetivo.



Para los electrodos de corriente se emplean electrodos no polarizables, mediante un cable multifilar se cambia el orden de los electrodos por lo que se realizan mediciones eficientes. La disposición de los electrodos en el presente estudio es tal que disminuye la influencia del fenómeno de inducción electromagnética (acoplamiento) y la buena sensibilidad de las anomalías de PI como respuesta de los cuerpos, por lo que se utilizó el dispositivo dipolo-dipolo. El intervalo entre electrodos de corriente es de 50 m, $n = 1, 2, 3, 4, 5$. Se supone se puede medir la resistividad y los valores de PI hasta unos 100 m a 150 m aproximadamente.



La resistividad aparente se determina mediante la siguiente formula de cálculo usando el potencial primario

$$\rho = \pi a n (n + 1) (n + 2) \frac{V}{I}$$

donde:

ρ : resistividad aparente (Ωm)

a : intervalo entre electrodos (m)

n : coeficiente de separación entre electrodos

V : potencial recibido (V)

I : corriente transmitida (A)

π : coeficiente de la circunferencia

Los valores medidos con este dispositivo de electrodos se representan en una pseudo sección en que cada uno se plotea en el vertice del ángulo rectángulo del triángulo de 2 lados iguales formado por el dispositivo (ver figura anterior).

En este estudio la frecuencia empleada es de 0.125 Hz. Los valores medidos de la resistividad aparente se determinan de el potencial primario y la corriente transmitida, usando la expresión anterior.

La medición de la cargabilidad se calculó como la relación entre la integral de tiempo del potencial remanente en el intervalo de 0.5 seg a 1 seg después del corte de la corriente y el potencial primario. Aquí se utilizó como unidades de la polarizabilidad (mV/V-mseg).

2-2-2 Método TEM

(1) Características del método de TEM

Los métodos de prospección electromagnética basados en el fenómeno de inducción electromagnética, comparados con los de prospección eléctrica de corriente continua como el método Schlumberger y otros, son más sensitivos a las variaciones de la resistividad por debajo de la superficie terrestre, además no es necesaria la colocación directa de electrodos en tierra. Por esto, en los lugares en que afloran las rocas del basamento, en que es difícil la colocación de los electrodos y en los que la resistividad es alta cerca de la superficie, que dificulta la circulación de la corriente, es en el estudio de estas regiones que son apropiados.

Antiguamente, en los métodos de prospección electromagnética, como metodología del dominio de frecuencias, principalmente se hace variar la frecuencia de la corriente transmitida, controlando de esta forma la profundidad de estudio. Pero recientemente, con el progreso conjunto de la electrónica y de las técnicas de procesamiento en computadoras, las metodologías del dominio en tiempo también se han generalizado. En esta, la espira transmisora colocada sobre la superficie terrestre se hace circular corriente que se corta repentinamente, en ese momento aparecen corrientes circulares inducidas (corrientes Eddie) que producen el fenómeno de penetración hacia el interior de la tierra y que se mide en una bobina receptora en la superficie terrestre, que es la metodología para determinar la distribución de la resistividad por debajo de la superficie terrestre. Debido a que la medición se hace en la situación en que no circula la corriente transmitida, la medición se realiza en la situación en que no existe el campo primario de la espira transmisora (que constituye un gran ruido y no contiene influencia de la estructura terrestre), de esta forma la profundidad de estudio, el diámetro de la espira transmisora, el intervalo entre transmisor-receptor, etc. se escogen libremente. La metodología de prospección del dominio en tiempo se conoce como método TEM (Transiente EM) o método TDEM (Time Domain EM) y se venden muchos equipos para esta, empleándose ampliamente en el mundo para los estudios mineros, de aguas subterráneas, etc. Las características del método TEM se resumen a continuación.

- ① Debido a que se puede hacer la medición con solo colocar la espira en la superficie terrestre, es posible estudiar regiones de difícil colocación de los electrodos como son las zonas en que aflora la roca del basamento y los desiertos.
- ② Comparandolo con el método Schlumberger y otros de corriente directa y con el método CSAMT y otros de prospección electromagnética en el dominio de frecuencias es más sensitivo a las variaciones de la resistividad por debajo de la superficie terrestre.

- ③ Debido a lo poco que es afectado por el relieve y las influencias superficiales y a que especialmente no aparece el desplazamiento estático, que es un problema en los métodos MT, CSAMT, Schlumberger, etc., se determina de forma precisa la resistividad de la parte profunda.
- ④ Los equipos de medición en el mercado son de pequeño tamaño, operados por baterías internas, lo que permite realizar con ellos las mediciones en regiones de relieve abrupto y malas vías de acceso.
- ⑤ Están desarrollados muchos programas de computo para el análisis de los datos como son inversión de capas plano-horizontales, análisis multiestratificado (inversión Occam's), programa tabular (Plate), análisis bidimensional, tridimensional, etc.

(2) Equipos de medición del método de TEM

En las mediciones del método TEM se emplearon el Protem-47 y el Protem-57 de la compañía canadiense Geonics. Estos son variantes mejoradas del antiguo equipo EM-37, especialmente el receptor, basado en microprocesadores, con el cual es posible, en tiempo real (real time), obtener los resultados del proceso de suma (stack), los gráficos de la resistividad aparente, etc. Además, el transmisor del Protem-47 puede realizar los cortes de la corriente muy rápidamente (aproximadamente $3 \mu\text{seg}$), lo que es muy apropiado en el estudio de las regiones de alta resistividad (para resistividades altas el fenómeno transitorio termina dentro en un tiempo muy corto).

Los datos medidos se registran en la memoria interna del receptor y son enviados a la computadora mediante el cable RS-232C. Las especificaciones de los equipos de medición se muestran seguidamente

Nombre del equipo Protem-57

Transmisor

- Corriente transmitida : 20 A máximo
- Frecuencia transmitida : 25 Hz (HI) , 2.5 Hz (LO)
- Sincronización : reloj de cuarzo o cable de sincronización
- Voltaje de salida : 20 V y 40 V
- Tiempo de corte : 115 μseg (5 X 5 m, para espira de 8 vueltas)
- Peso : 13 kg
- Alimentación : Generador o baterías de 24 V

Nombre del equipo Protem-47

Transmisor

- Corriente transmitida : 3 A máximo
- Frecuencia transmitida : 273.5 Hz (u) , 62.5 Hz (v) (frecuencia de alimentación de la zona 50 Hz)
- Sincronización : reloj de cuarzo o cable de sincronización
- Voltaje de salida : 12 V
- Tiempo de corte : 2.5 μseg (40 X 40 m, 2 A)
- Peso : 5.3 kg

Alimentación : baterías internas de 12 V

Receptor Protém-D

Muestreo	III	86.7 μ seg	-----	7.03 mseg	(Protém-57)
	LO	857 μ seg	-----	70.3 mseg	(Protém-57)
	u	6.8 μ seg	-----	0.696 mseg	(Protém-47)
	v	35.3 μ seg	-----	2.792 mseg	(Protém-47)

Número de canales : 20

Memoria : 1,000 mediciones

Transmisión de datos : RS-232C

Batería : 8 horas de uso continuo (empleo de sincronización con curzo)

Bobina receptora

Momento : 100 m², 31.4 m² (Protém-47)

Diámetro : 1 m

Frecuencia de la región : 60 kHz

Espira transmisora

Dimensión de la espira : desde 5 X 5 m, espira de 8 vueltas hasta 600 X 600 m (sin límite)

(3) Metodología de medición e interpretación

Los estudios con el método TEM se realizaron en 19 perfiles de longitud 16 km. Durante los estudios, en el lugar en cuestión se repitieron las pruebas de medición, seleccionandose los mejores parámetros de medición. La profundidad de estudio como objetivo alcanzó unos 300 m aproximadamente, se empleó fundamentalmente el equipo Protém-57 y las mediciones se realizaron a dos frecuencias que fueron V y M. La espira transmisora fue del tipo rectangular de 50 m cada lado, en cuyo centro se colocó el receptor. Esta metodología de medición se conoce como inducción central, por estar cerca el transmisor y el receptor es muy poca la influencia del relieve, de las estructuras anómalas fuera de la espira transmisora, etc., evaluandose como apropiado en el estudio de esta región.

En el análisis se empleó la inversión Occam's, disponiendose unas 19 capas por debajo de la superficie terrestre. Esta metodología ha sido empleada hasta ahora en estudios en Uzbekistan, China, etc. donde ha dado buenos resultados, en ella no es necesario suministrar especialmente un modelo inicial, siendo posible hacer un análisis objetivo.

2-3 Resultados de los estudios geofísicos

A continuación se explican los resultados del estudio con los métodos PI y TEM. Primeramente, el mapa de ubicación de los estudios y el mapa de ubicación de los perfiles y puntos de medición se muestran en la Figura II-2-1 y la Figura II-2-2, respectivamente. Además, los resultados de la medición de la resistividad y los valores de PI de las muestras obtenidas en el área en cuestión (muestras de los testigos de perforación y de los tuneles) se presentan en el Cuadro II-2-1. La arenisca, conglomerado, caliza, lutita, etc. todas entran en el rango de 100 a 900 Ω m, la toba obtenida en el pozo MJHS-1 muestra un valor bajo de 48 Ω m. La resistividad

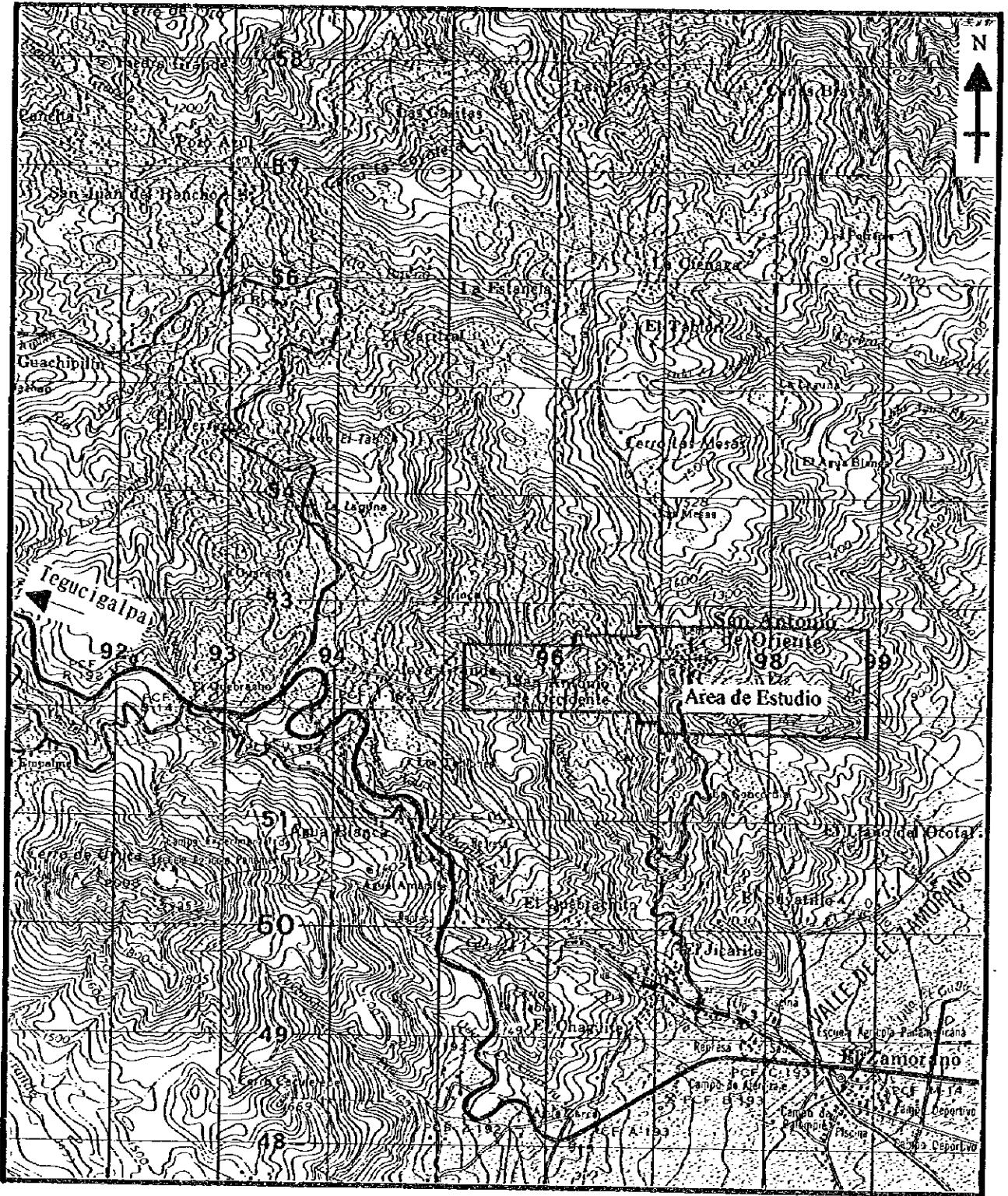
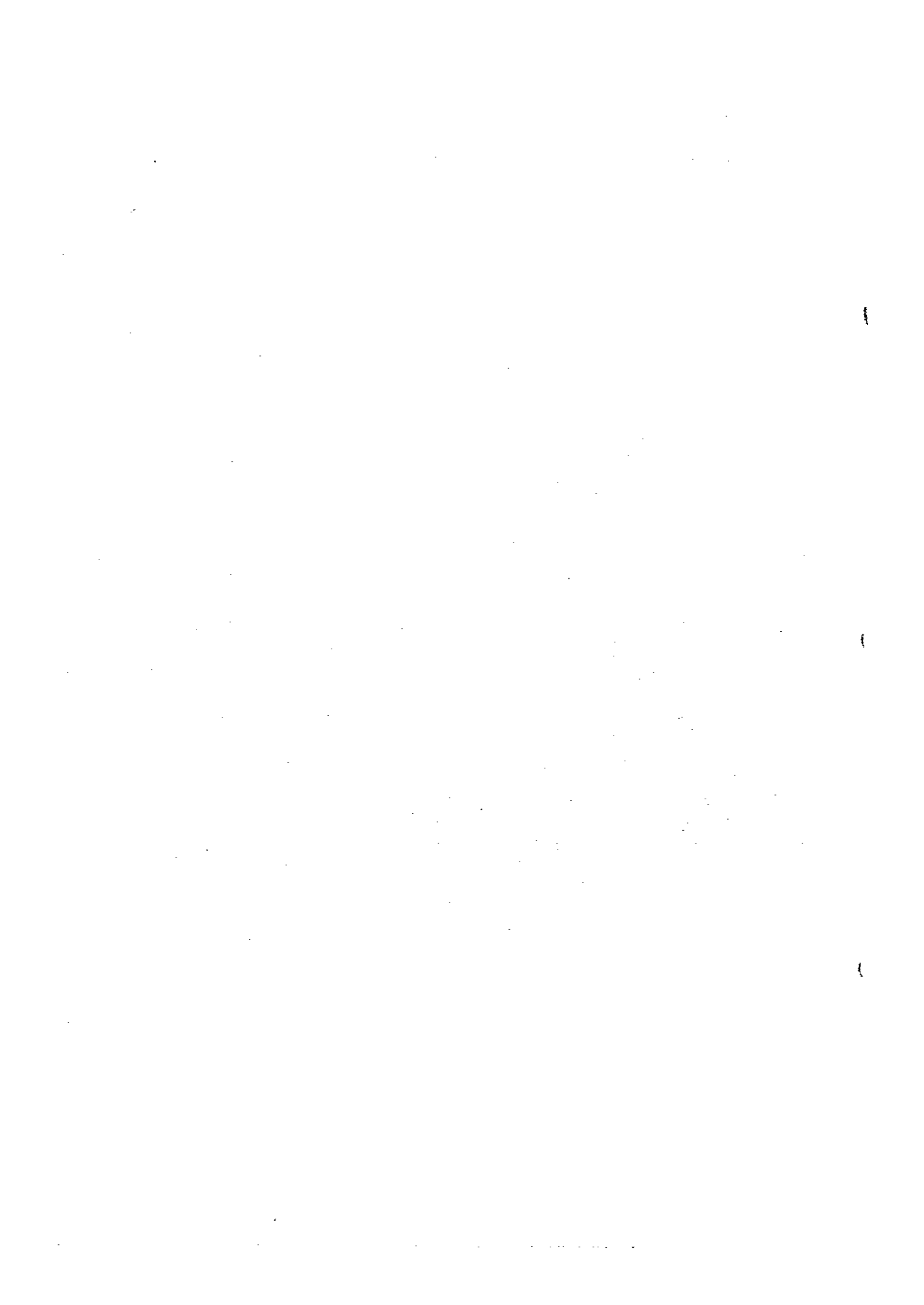


Figura II-2-1 Mapa de ubicación de la exploración geofísica (Escala 1:50,000)



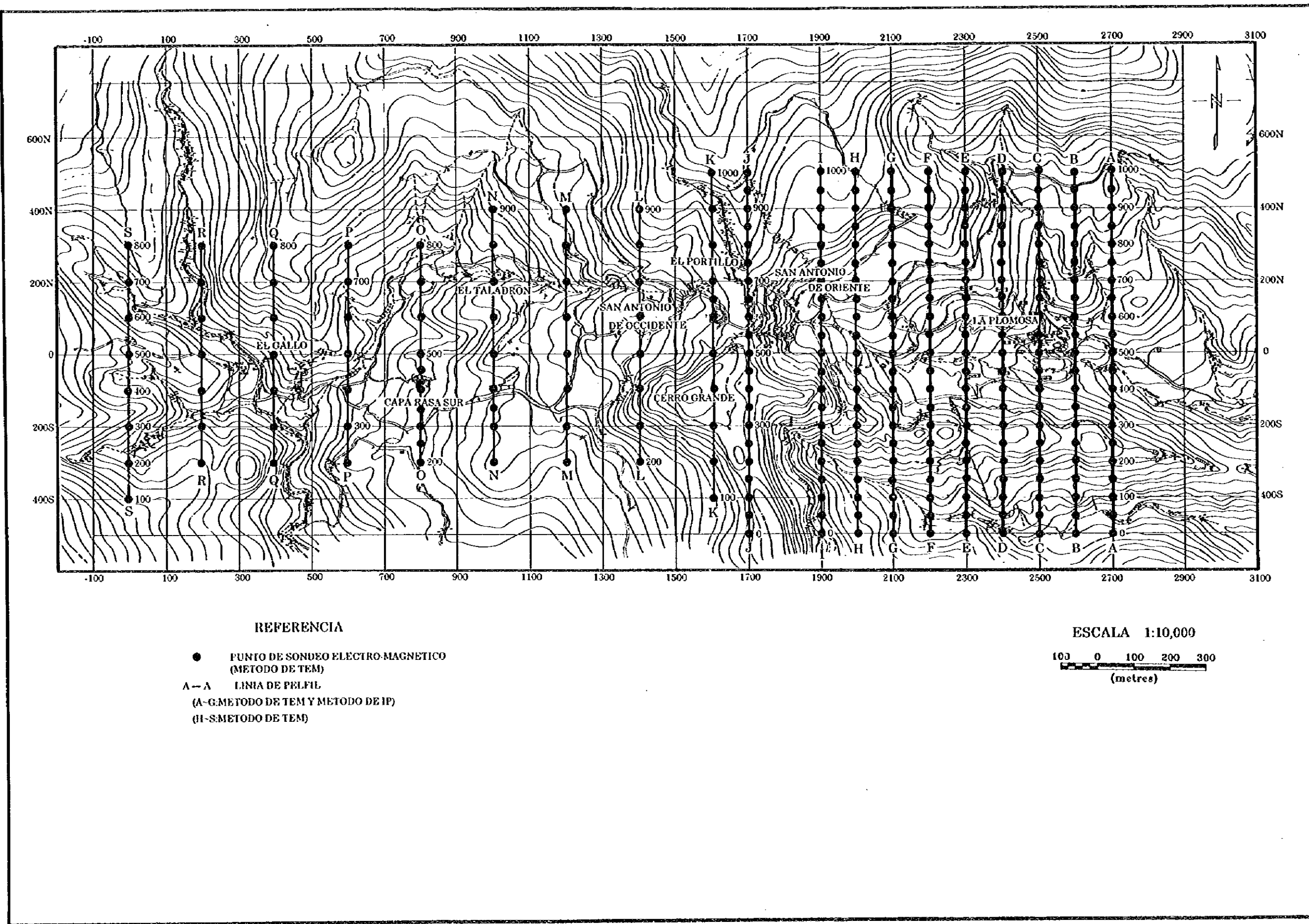


Figura II-2-2 Mapa de ubicación de los perfiles y puntos de medición (Escala 1:10,000)



CUADRO. II-2-1 CUADRO PROPIEDADES ELECTRICAS DE LAS ROCAS

No.	PROF. DE MUESTRA	ROCA	RESISTIVIDAD (ohm-m) PROMEDIO	CARGABILIDAD (mV/V) PROMEDIO
1	MJHS-1 39.50	TOBA	48	3
2	75.15	ARENISCA GRIS	126	2
3	123.00	ARENISCA GRIS	195	2
4	175.00	ARENISCA GRIS	184	1
5	226.15	ARENISCA GRIS	105	2
6	248.40	LUTITA CALCAREA	212	0
7	300.00	ARENISCA GRIS	270	15
			190	4
8	MJHS-2 99.80	ARENISCA ROJA	140	2
9	150.00	ARENISCA GRIS	167	2
10	200.00	CONGLOMERADO GRIS	573	1
11	243.90	CONGLOMERADO GRIS	105	2
			246	2
12	MJHS-3 21.40	LUTITA CALCAREA	278	1
13	89.00	CONGLOMERADO ROJO	183	2
14	93.50	CONGLOMERADO GRIS	241	1
15	148.80	CALIZA	248	4
16	200.00	LUTITA CALCAREA	205	1
17	249.00	CALIZA	899	0
18	300.00	ARENISCA GRIS	445	0
			296	1
19	MJHS-4 53.50	LUTITA CALCAREA	156	1
20	101.00	LUTITA CALCAREA	155	1
21	150.20	LUTITA CALCAREA	333	3
22	202.90	LUTITA CALCAREA	100	3
23	203.20	LUTITA CALCAREA	112	2
24	249.00	LUTITA CALCAREA	385	1
25	281.00	ARENISCA ROJA	448	1
			241	2
26	MJHS-5 22.40	LUTITA CALCAREA	115	2
27	74.60	LUTITA CALCAREA	193	1
28	150.00	CALIZA	122	1
29	201.50	LUTITA CALCAREA	281	1
			178	1
30	TUNEL MH-44	MENA (SULFURO)	48	19
31	MH-46	MENA (SULFURO)	65	6
32	MH-50	MENA (SULFURO)	12	61
33	MH-53	MENA (SULFURO)	14	84
34	MH-55	MENA (SULFURO)	42	105
35	MH-58	MENA (SULFURO)	22	181
36	ESTERIL	MENA (SULFURO)	23	61
			32	74

obtenida para los minerales es de 12 a 65 Ω m y los valores de PI están entre 19 y 181 mV/V a excepción de la muestra No.31 que tiene un valor de 6 mV/V, que comparado con la roca de caja es de unidades a decenas de veces mayor.

Con relación a la clasificación de colores de los planos y secciones de resistividad, en el rango de 0 a 200 Ω m el lado de baja resistividad está representado en tonalidades de rojo y el lado de las altas resistividades en tonalidades de azul. Además, la clasificación de colores de PI de 0 hasta 20 se presenta en un espectro en que los altos valores de PI muestran tonalidades de azul y los bajos valores de PI en tonalidades de rojo. La clasificación de colores de la resistividad, para facilitar la comparación, se utiliza la misma tanto para el método PI como para el método TEM. Los yacimientos son de baja resistividad y alto PI, por lo que se espera que para ambos tengan tonalidades de rojo. Además, en el presente informe, por conveniencia, en los resultados generales del análisis de la resistividad de los métodos de PI y TEM, se toma la siguiente clasificación para la resistividad: menores de 20 Ω m baja resistividad, de 20 a 50 Ω m algo baja resistividad, de 50 a 100 Ω m resistividad promedio, de 100 a 150 Ω m algo alta resistividad y mayores de 150 Ω m alta resistividad.

2-3-1 Método de PI

Como se muestra en la Figura II-2-2 partiendo del Este de la región de estudio se ubican los perfiles de medición del A al G, donde se realizaron las mediciones de PI con un dispositivo de electrodos del tipo dipolo-dipolo de $n = 1$ a 5 y un intervalo entre electrodos de 50 m. Cada perfil tiene una longitud de 1 km. Para las mediciones se empleó el equipo SYSCAL-R2 de la BRGM francesa, determinándose con las mediciones en el dominio del tiempo la resistividad y la cargabilidad.

En esta región de estudio el relieve es muy abrupto y la vegetación es densa por lo que se hizo muy difícil el trazado de los perfiles. También en los resultados de las mediciones se refleja ampliamente la influencia del relieve. Se realizó el cálculo solo para el relieve, mediante el método de los elementos finitos bidimensional, con lo que llevó a cabo la corrección a los valores de las mediciones. El relieve es complejo, por lo que no siempre se pudo ubicar a los perfiles de acuerdo a la estructura bidimensional, pero por lo general los perfiles se establecieron en la dirección cercana a la bidimensional.

Con respecto a los resultados del estudio, los valores de resistividad y de PI se representaron en el centro del sistema de electrodos, cuyos resultados se explican a continuación. Además, se realizó el análisis de la inversión bidimensional, pero no siempre es armónica con el método TEM realizado al unisono y con la información geológica. Esto se supone es debido a las complejidades de la geología, el relieve, etc. de esta región, que en partes sobrepasan los límites de la inversión bidimensional. Seguidamente se muestran los resultados representados como secciones y planos. El intervalo entre puntos de medición siendo de 50 m contra un intervalo entre perfiles de 100 m, por lo que en las secciones y planos un solo dato muestra el rango de diferencia, para esto en los planos se realizó un procesamiento de filtrado más fuerte, etc. Por esto entre las secciones y planos hay casos en que también aparecen un poco de contradicciones.

(1) Secciones

① Perfil A (Figura II-2-3-1)

- (resistividad aparente) Es el perfil NS de la parte más al Este de la región de estudio, el Sur está a la izquierda de la figura y el Norte a la derecha. Cerca de A250 hay una cresta abrupta que se extiende EO, pero en esa parte la resistividad es de unos 100 Ω m, algo más alta que en los

alrededores. Además, cerca de A450 hay un valle por el cual corre agua, al Sur de esta desde A350 hasta A450, también de A500 a A700 a unos 100 m por debajo de la superficie terrestre se distribuye. Además, desde cerca de A700 también en la parte profunda al Norte, comparando el rango es baja, tiene una resistividad menos de $40 \Omega m$.

- (polarización inducida) La cargabilidad de PI, en este perfil generalmente es pequeña, A400a A550 y la parte profunda de A700 son las más altas presentando valores de cerca de $10 mV/V$.

② Perfil B (Figura II-2-3-2)

- (resistividad aparente) Desde cerca de la superficie hasta la parte profunda de B350 a B600 que es una zona extensa de algo baja resistividad con valores menores de $50 \Omega m$. Además, cerca de B850 también hay una parte de baja resistividad. Estas anomalías aparecen desde cerca de la superficie, se supone, que esto refleja comparativamente una estructura de baja resistividad que hay en la parte somera.
- (polarización inducida) La cargabilidad de PI presenta valores altos mayores de 18 en la parte profunda de B350 a B500 y en la parte somera de B500 a B600. Ambas se piensa que son el reflejo del yacimiento ya conocido La Plomosa.

③ Perfil C (Figura II-2-3-3)

- (resistividad aparente) Este perfil en comparación con otros perfiles, generalmente presenta algo baja resistividad, especialmente en la parte profunda cerca de C450 y en las partes somera y profunda cerca de C650, donde hay partes de baja resistividad menores de $20 \Omega m$. Este perfil pasa cerca del yacimiento ya conocido La Plomosa, desde cerca de C650 llegando hasta la parte profunda hay una estructura de resistividad baja que se supone coge el yacimiento. Además desde el punto C800 hacia el lado Norte, también en la parte profunda se observa una anomalía de baja resistividad.
- (polarización inducida) Cerca de C650 como centro, se reconoce anomalía en amplios límites de valor mayor que $15 mV/V$, pero esta también se supone coge el yacimiento La Plomosa. Otros en que también hay anomalías altas de más de $15 mV/V$ son en la parte profunda cerca de C200 y C450.

④ Perfil D (Figura II-2-3-4)

- (resistividad aparente) Tiene una sección de resistividad muy parecida a la del Perfil C, pero coge al yacimiento La Plomosa la prolongación de la anomalía cerca de C650. De D700 a D850 también hay una parte de baja resistividad, se supone se continúa desde el Perfil C.
- (polarización inducida) A parte de la parte profunda de D400 a D650 no se reconocen anomalías de cargabilidad de PI.

⑤ Perfil E (Figura II-2-3-5)

- (resistividad aparente) La parte de anomalía de baja resistividad se extiende en el intervalos de E450 a E650. Además, se reconoce también una anomalía de baja resistividad cerca de E800. Aquí se reconoce cerca de la superficie la zona de alteración, se supone se deba a esta influencia.
- (polarización inducida) Se reconocen anomalías de PI en la parte profunda de E400 a E500 y cerca de E600 a E650.

⑥ Perfil F (Figura II-2-3-6)

- (resistividad aparente) En general es de baja resistividad, especialmente desde la cresta de cerca de F250 hacia el Norte profundiza la estructura de baja resistividad, hay una evidente estructura de baja resistividad en F450 y F600.
- (polarización inducida) Casi todo el perfil tiene bajos valores de cargabilidad de PI menores que 8.

⑦ Perfil G (Figura II-2-3-7)

- (resistividad aparente) La parte de baja resistividad menor que $40 \Omega \text{ m}$ se distribuye muy ampliamente en G250 a G450 hasta G650 a G800.
- (polarización inducida) Se distribuyen partes de alto PI en la parte somera de G350 y la parte profunda de G700.

(2) Planos (Figura II-2-3-8 y Figura II-2-3-9)

① $n = 1$

- (resistividad aparente) En las cercanías del yacimiento ya conocido La Plomosa hay una parte de algo alta resistividad mayor de $100 \Omega \text{ m}$ cerca de B600, en sus alrededores envolviendola hay una zona de baja resistividad. Hay una región de baja resistividad en la parte que tiene como centro a E850 y en las cerca de B100 a D100 del valle del lado Sur. La primera de ellas se supone es un reflejo de la zona de alteración cerca de la superficie.
- (polarización inducida) Desde B550 a C650 de las cercanías del yacimiento de La Plomosa se obtienen valores de PI mayores de 10 mV/V , se supone que coge al yacimiento.

② $n = 2$

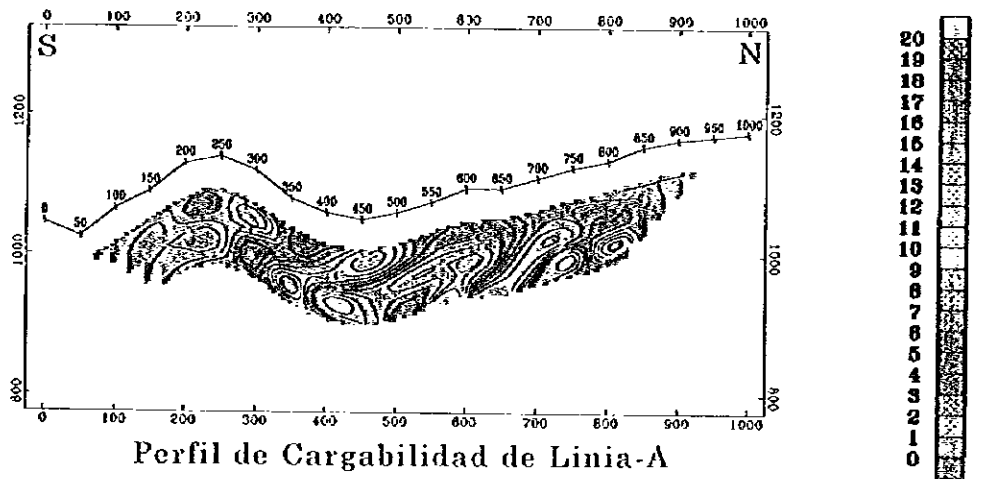
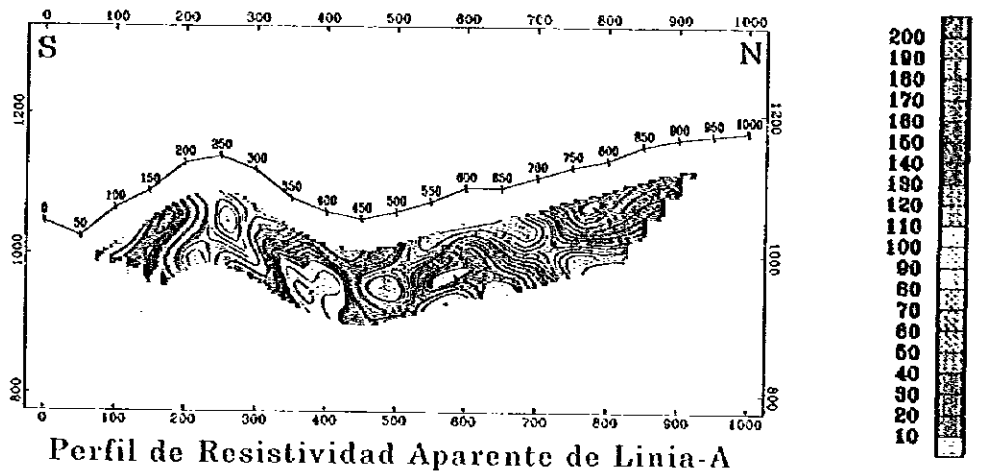
- (resistividad aparente) En las cercanías del yacimiento ya conocido La Plomosa hay una parte de alta resistividad desde B650 a B700, inmediatamente al Oeste de esta hay una anomalía de baja resistividad desde C600 a C650. Se supone que esta coge al yacimiento. Este tipo de anomalía de baja resistividad que en sus alrededores tiene una estructura de alta resistividad se observa al Norte de las cercanías de A800 a C900.
- (polarización inducida) Cerca del yacimiento La Plomosa se observa una zona de anomalía de B550 a C700 que es algo mayor que en el caso de $n=1$. Se observa anomalía en un solo punto cerca de G350.

③ $n = 3$

- (resistividad aparente) se reconoce una parte de resistividad cerca de B700, al Sur de esta cerca de A600 a B600 hay una parte de resistividad baja. Desde A400 a F500 se reconoce una zona de baja resistividad casi EO.
- (polarización inducida) En las cercanías del yacimiento La Plomosa se amplía más la zona de anomalía, se puede observar en C400 y E650. También se amplían los límites de la anomalía de las cercanías de G350.

④ $n = 4$

- (resistividad aparente) La forma de tipo de anillo de la anomalía de las cercanías del yacimiento La Plomosa se hace poco clara, quedan las anomalías de baja resistividad de cerca de A600 y C750. Desde A400 a G400 se prolonga una anomalía en forma de banda de baja resistividad.



100 0 100 200 300
(metres)

Figura II-2-3-1 Sección de resistividad aparente y polarizabilidad (Perfil A)

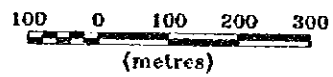
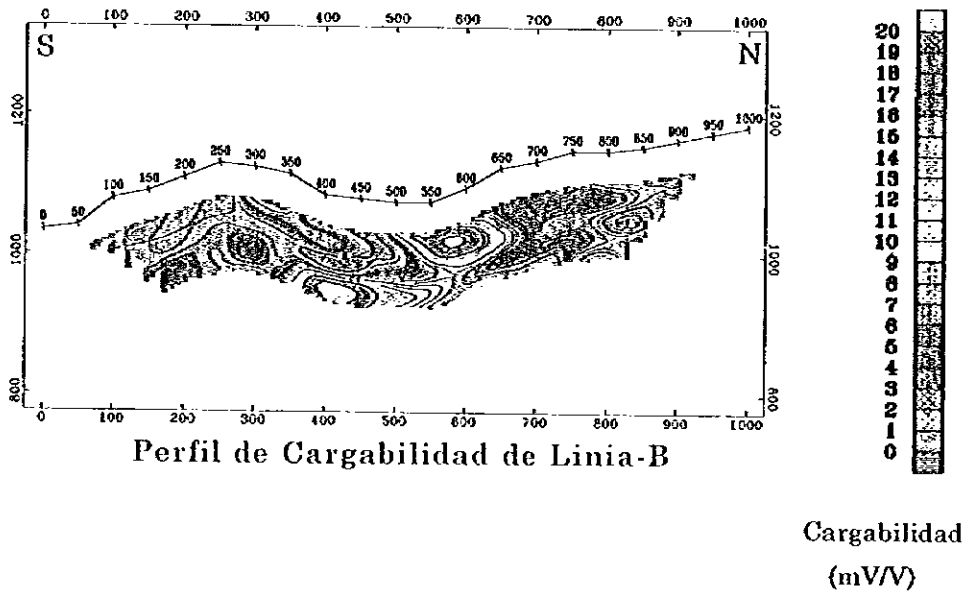
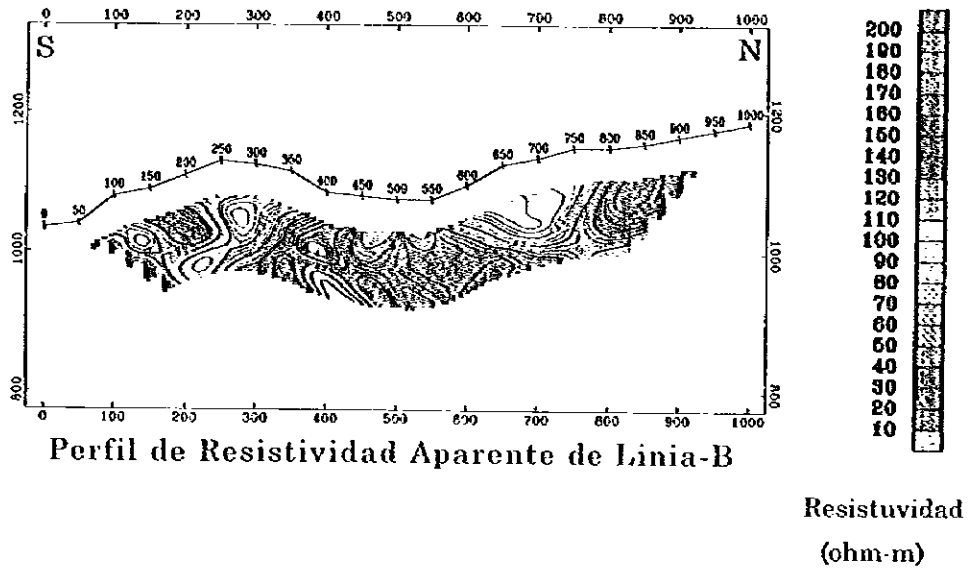
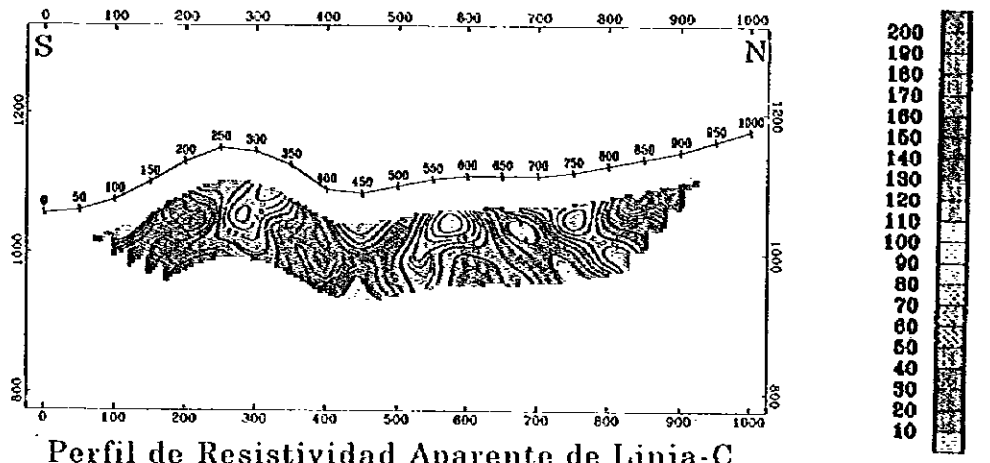
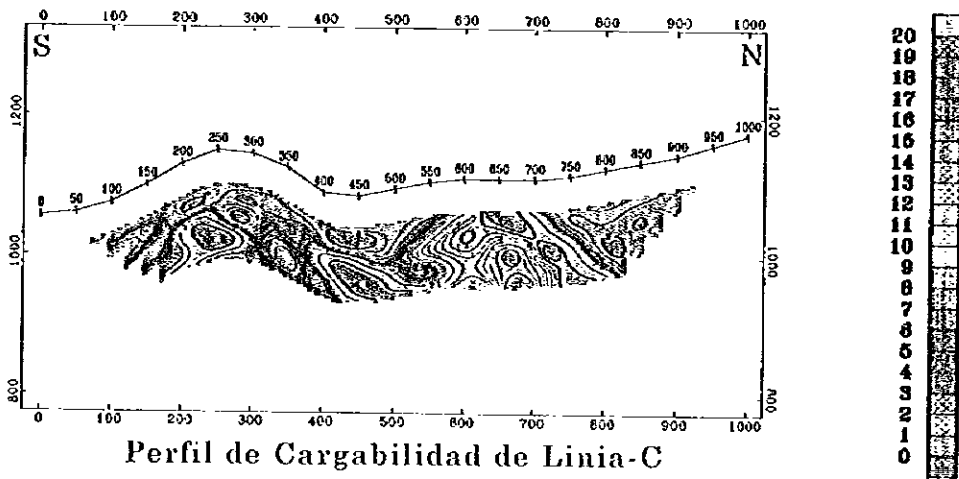


Figura II-2-3-2 Sección de resistividad aparente y polarizabilidad (Perfil B)



Perfil de Resistividad Aparente de Linia-C

Resistividad
(ohm-m)



Perfil de Cargabilidad de Linia-C

Cargabilidad
(mV/V)

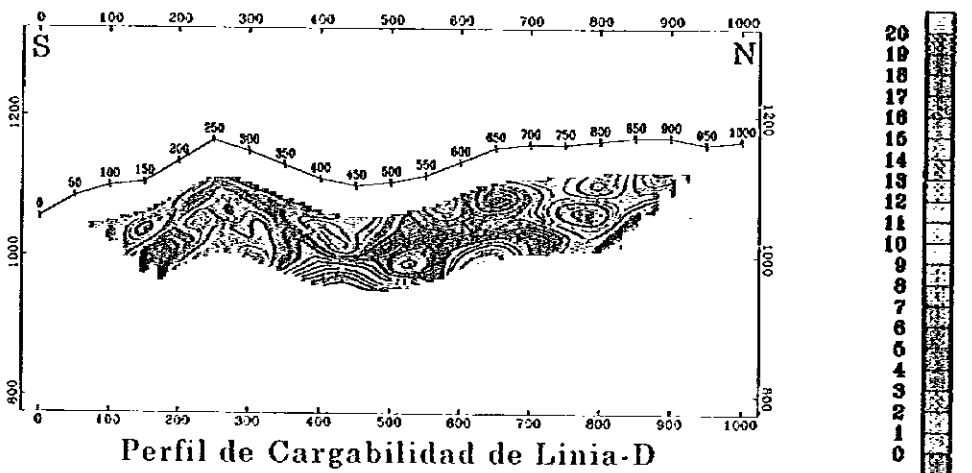
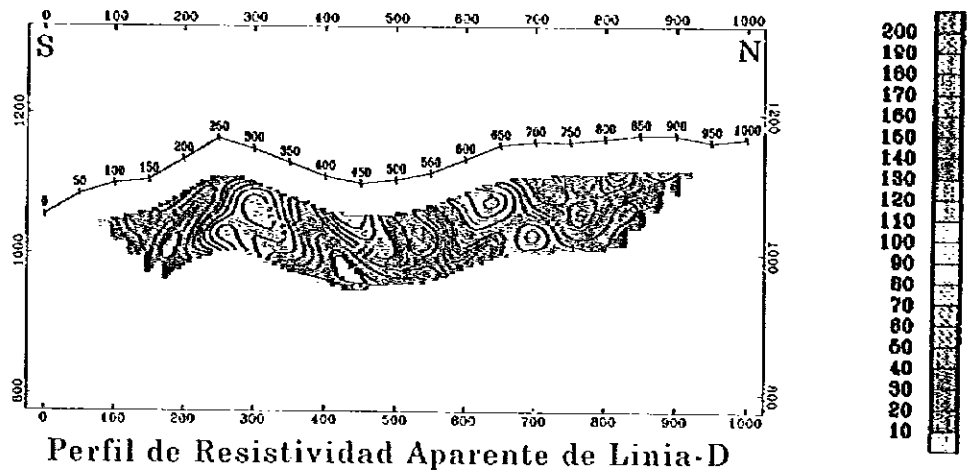


Figura II-2-3-3 Sección de resistividad aparente y polarizabilidad (Perfil C)

Q

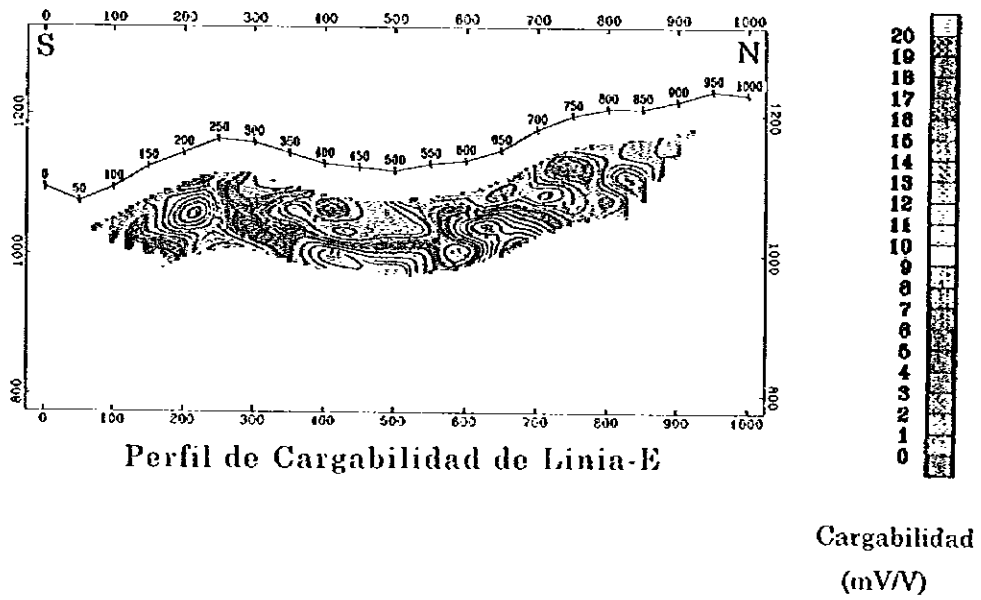
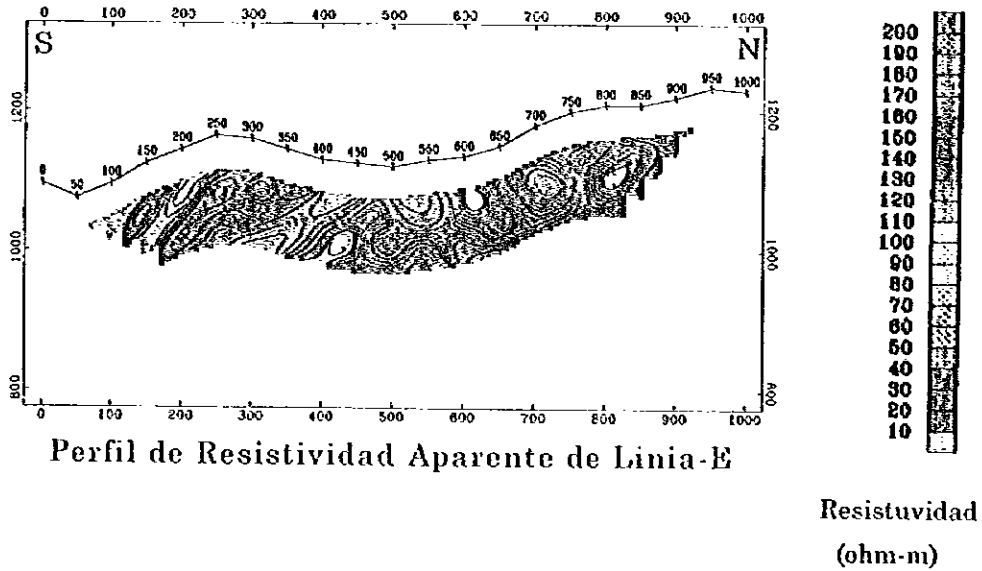
Q

)



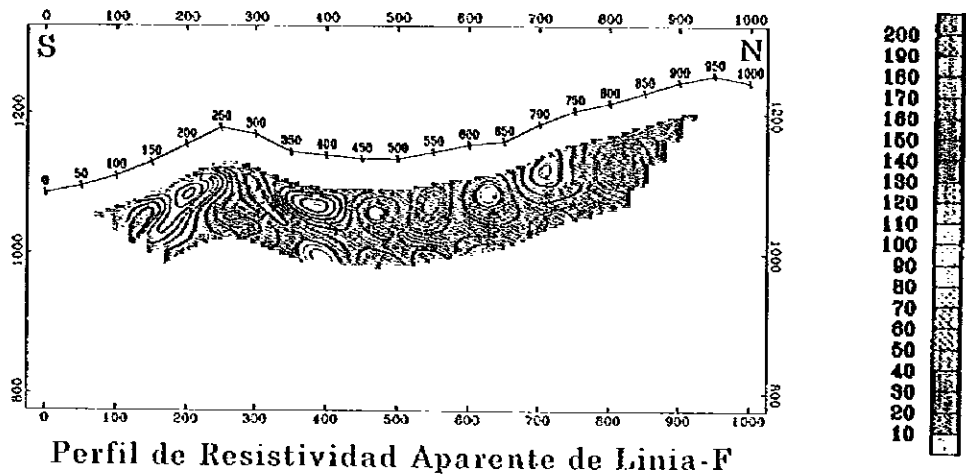
100 0 100 200 300
(metres)

Figura It-2-3-4 Sección de resistividad aparente y polarizabilidad (Perfil D)



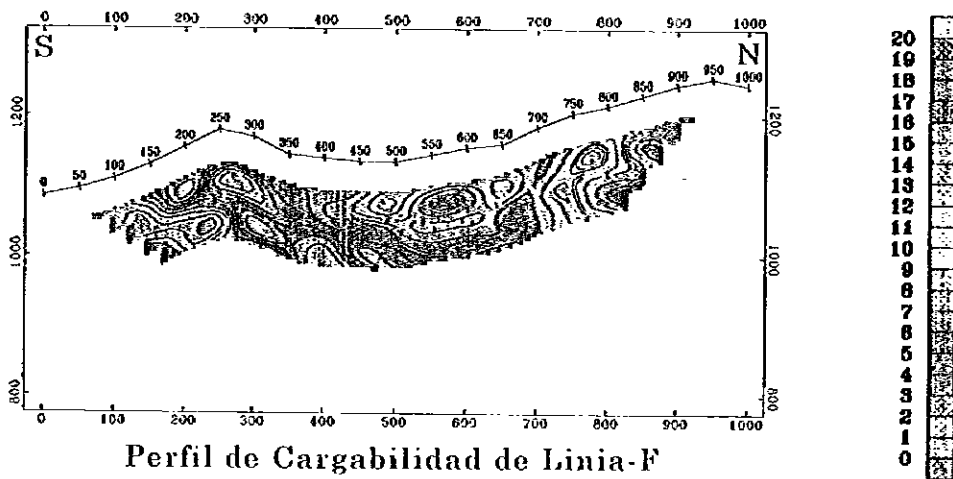
100 0 100 200 300
(metres)

Figura II-2-3-5 Sección de resistividad aparente y polarizabilidad (Perfil E)



Perfil de Resistividad Aparente de Línia-F

Resistividad
(ohm-m)



Perfil de Cargabilidad de Línia-F

Cargabilidad
(mV/V)

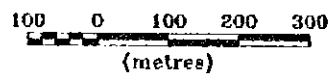
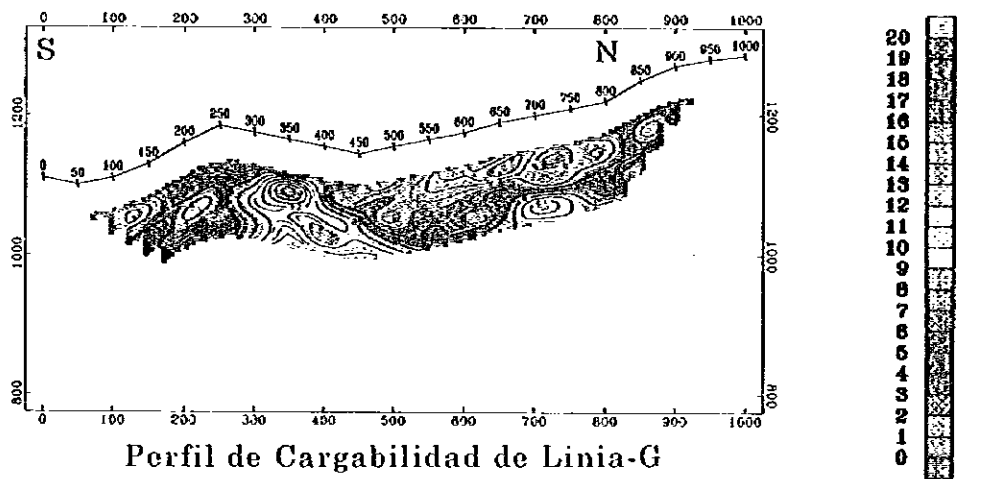
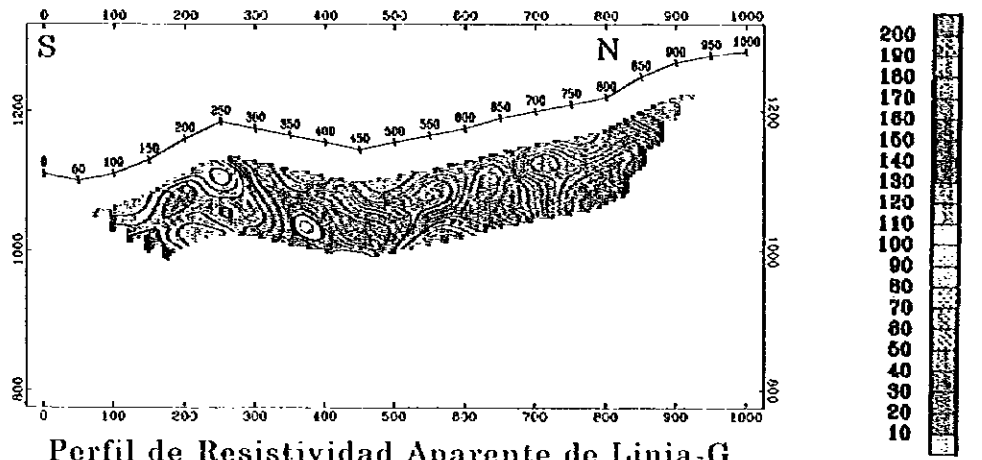


Figura II-2-3-6 Sección de resistividad aparente y polarizabilidad (Perfil F)



100 0 100 200 300
(metres)

Figura II-2-3-7 Sección de resistividad aparente y polarizabilidad (Perfil G)

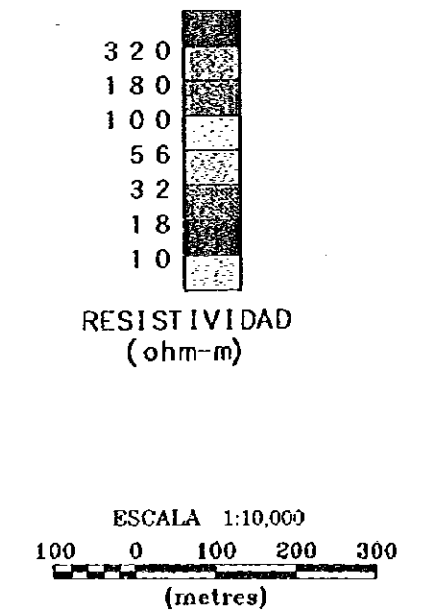
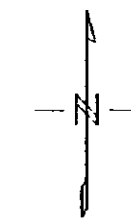
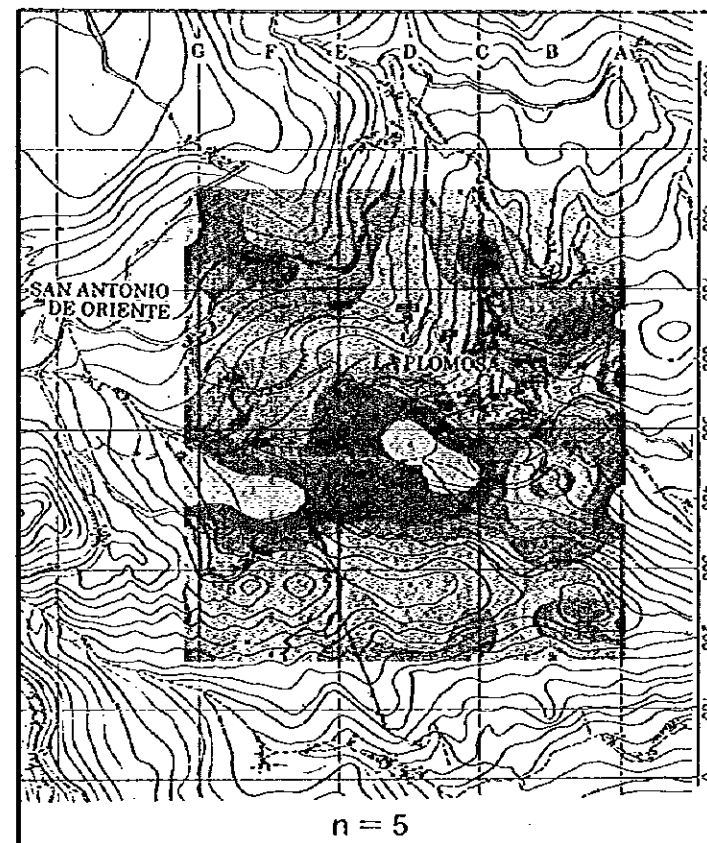
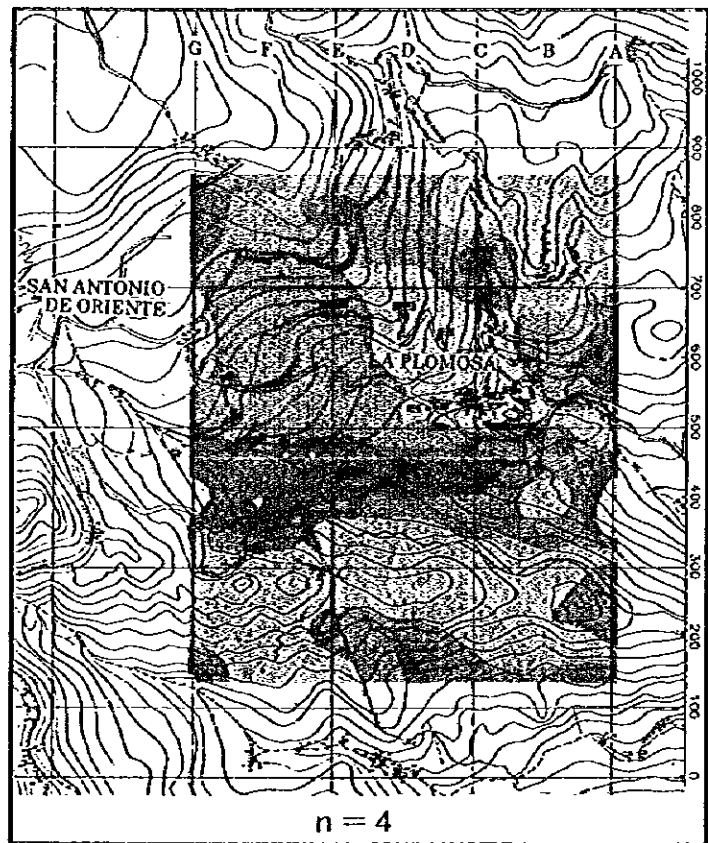
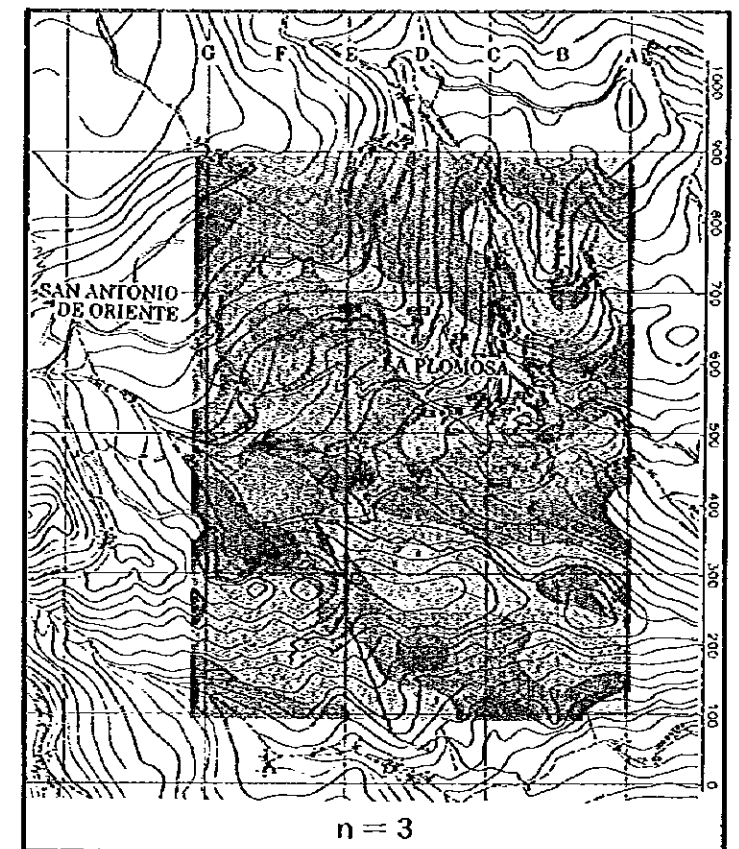
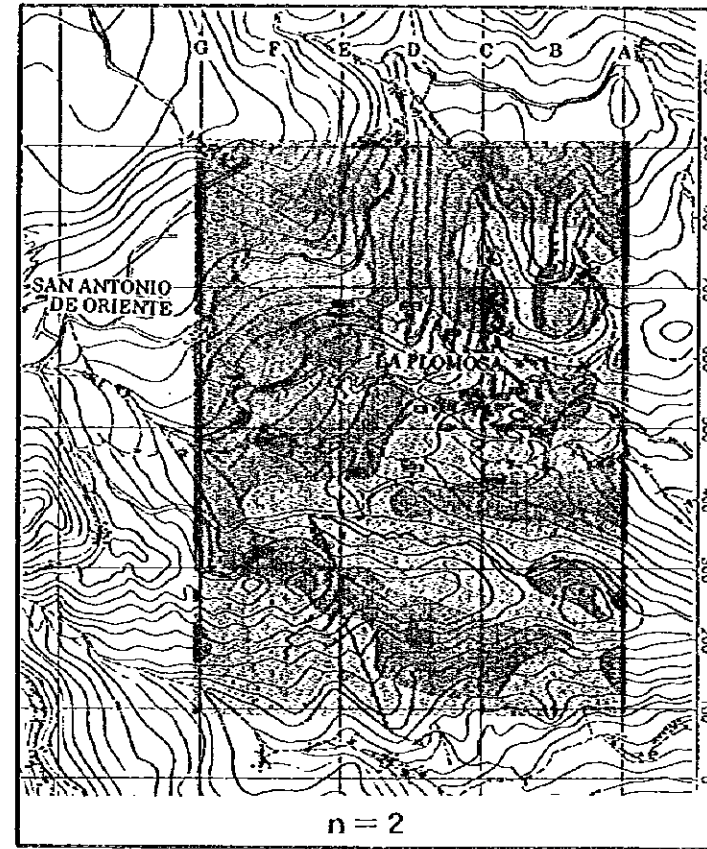
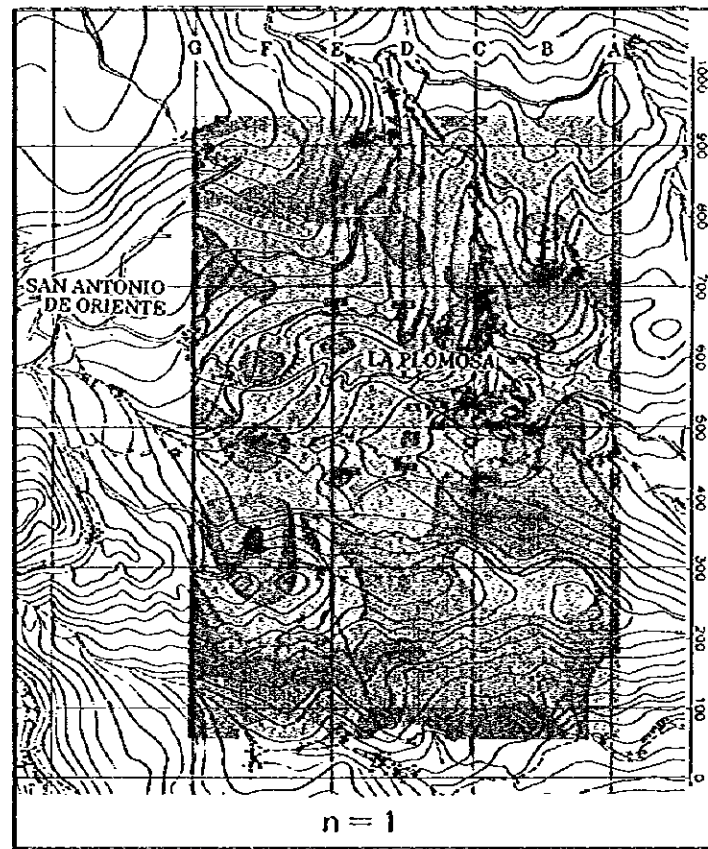


Figura II-2-3-8 Plano de resistividad aparente

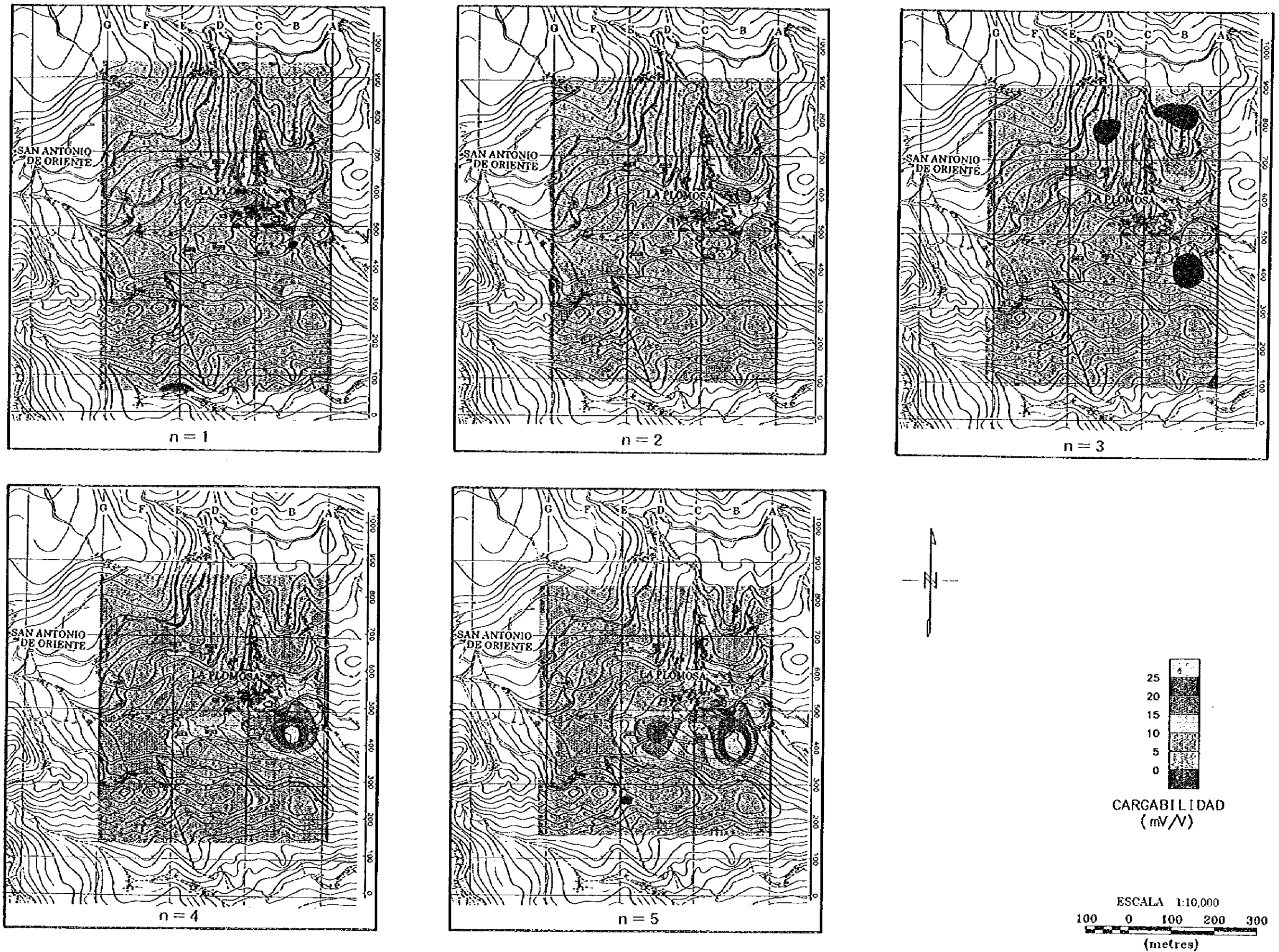


Figura II-2-3-9 Plano de polarizabilidad

- (polarización inducida) Quedan las anomalías que se suponen están relacionadas con el yacimiento cerca de C600 y C750. Aparece una anomalía que se prolonga EO desde B400 a E450.

⑤ $n = 5$

- (resistividad aparente) En las cercanías del yacimiento La Plomosa se observan anomalías cerca de A650 y C750. A lo largo del valle desde A400 a G400 se extiende EO una anomalía de baja resistividad.

- (polarización inducida) Hay una anomalía en C750 al Norte del yacimiento. Además al Sur se observa una anomalía que se extiende EO desde B400 a G400.

2-3-2 Método TEM

El método TEM se llevó a cabo en 19 perfiles desde el A al S como se muestra en la Figura II-2-2. En los perfiles del A al J el intervalo entre puntos de medición fue de 50 m y del K al S de 100 m. La longitud de los perfiles es de 1 km del A al J, de 900 m en K y de 800 m del L al S. Además, el intervalo entre perfiles es de 100 m del A al J y de 200 m del J al S. Aquí, los resultados de la inversión de Occam se presentan como secciones y planos, explicándose las características de la resistividad en ellos. La clasificación en altas y baja resistividad y la forma de nombrarlas es similar a la empleada en el caso del método de PI

(1) Secciones

Las secciones de resistividad del método TEM se muestran en las Figuras II-2-4-1 a la Figura II-2-4-6. Cada figura representa secciones de Sur a Norte, estando el Norte a la derecha de la figura. El perfil A es el más al Este de la región de estudio y el perfil S el más al Oeste. En las cercanías del perfil C se comprobó en la perforación un depósito mineral, además, también aparece en los resultados de los estudios geológicos y por perforación de la presente fase, los cuales serán explicados en las consideraciones generales, aquí se explicaran principalmente las características de la resistividad que aparecen en las secciones.

① Perfil A (Figura II-2-4-1)

Cerca de los puntos A50 y A450 corresponde topográficamente con el valle, donde corre el río de Oeste a Este, La resistividad toma valores mayores de $100 \Omega m$ entre límites de profundidad desde unos 50 a 100 m de la cresta que se extiende EO tomando como centro las cercanías de A250 hacia el Sur del perfil. Además, desde A50 a A100 hay una parte de alta resistividad de más de $200 \Omega m$ en las cercanías de la superficie que decrece hasta unos $80 \Omega m$ a una profundidad de 100 m, después en la parte profunda se observa una tendencia al aumento. También, de A150 a A700 de la parte central de esta sección en amplios límites a unos 100 m de profundidad se distribuye una parte de resistividad menor de $40 \Omega m$. Dentro de esta cerca de A150, de A400 a A450 y de A650 a A700 tienen baja resistividad menor de $20 \Omega m$. Hay una parte de alta resistividad mayor de $200 \Omega m$ a unos 100 m de profundidad como centro desde A750 a A850. De A350 a A700 de cerca del centro del perfil a unos 100 m de profundidad hay baja resistividad menor de $40 \Omega m$, en la parte profunda a medida que aumenta la profundidad hay una tendencia a la elevación de la resistividad. En la parte central de esta hay baja resistividad, en la parte profunda de esta hay una tendencia al aumento, lo cual es una característica común de casi todos los perfiles al Oeste.

② Perfil B (Figura II-2-4-1)

Tiene una tendencia general similar al perfil A, pero la parte de alta resistividad de la parte profunda de B400 a B750 es más evidente, especialmente cerca de B550 desde la superficie hasta unos 50 m haciéndose más somera. Debido a esto está cortada la estructura de la capa de baja resistividad que hay a unos 100 m por debajo de la superficie de B200 a B850. La estructura de alta resistividad que apareció cerca de A850, en este perfil también se observa cerca de B850, teniendo una resistividad de unos 100 Ω m.

Cerca de los 200 m de profundidad de B800 hay una parte de baja resistividad menor de 20 Ω m, dividiéndose de Sur a Norte la estructura de alta resistividad de la parte inferior.

③ Perfil C (Figura II-2-4-1)

La capa de alta resistividad de cerca de los 250 m de profundidad de C400 a C700 se extiende de Sur a Norte, haciéndose más somera cerca de C650. Comparandola con la del perfil B, la elevación de esta estructura de alta resistividad se traslada unos 100 m al Norte. La capa de baja resistividad de menos de 20 Ω m de cerca de los 100 a 200 m de profundidad se divide con esta estructura de alta resistividad, el lado Sur desde C350 a C600 y el lado Norte de C650 a C800, observándose una tendencia a profundizarse a medida que va hacia el Norte. También, hay una parte de baja resistividad menor de 20 Ω m en la parte somera de C800 a C950, que se supone refleja las alteraciones de cerca de la superficie terrestre. Se reconoce la estructura de alta resistividad en la parte de la cresta de C200 a C300.

④ Perfil D (Figura II-2-4-2)

La capa de baja resistividad se distribuye en los 200 m de profundidad de D300 a D700. La capa de alta resistividad de la parte por debajo de esta pierde la evidencia que tiene en los perfiles B y C, la estructura de baja resistividad de se extiende hasta la parte somera de D550 a D750. La estructura de baja resistividad de la parte central del perfil tiene partes de valores especialmente pequeños cerca de D450 y cerca de D700, estos tiene la posibilidad de extenderse desde el perfil C. La parte de baja resistividad se distribuye en la parte somera de D650 a D1000, reconociéndose una tendencia a profundizar a medida que va hacia el Norte.

⑤ Perfil E (Figura II-2-4-2)

La capa de alta resistividad de la parte inferior de cerca de E250 se continúa desde los perfiles C y D. en la parte central del perfil se reconoce la parte de baja resistividad, pero se divide en 2 de Sur a Norte, a parte de E400 a E450 y la parte de E550 a E1000, que tienen posibilidad de extenderse desde el perfil D. Especialmente en la parte somera de E950 a E1000 se reconoce la parte de baja resistividad de menos de 20 Ω m. En esta parte en los estudios de PI la resistencia de contacto disminuye y circula una gran corriente, se supone refleja la parte de las alteraciones de cerca de la superficie terrestre.

⑥ Perfil F (Figura II-2-4-2)

Hasta unos 200 m de profundidad de F350 a F1000 se extiende la capa de baja resistividad de entre 20 y 30 Ω m. Dentro de este, las partes cerca de F350 a F500 y cerca de F750 se supone que cada una se extienden desde el Este del perfil

⑦ Perfil G (Figura II-2-4-3)

Desde G350 hacia el Norte se distribuye ampliamente la parte de baja resistividad, se reconoce una tendencia a aumentar en profundidad a medida que va hacia el Norte. La parte

de alta resistividad de más de $200 \Omega \text{ m}$ se distribuye ampliamente en la parte profunda de G200 a G500.

⑧ Perfil H (Figura II-2-4-3)

La capa de alta resistividad de la parte profunda se distribuye en muy amplios límites de H200 a H950, se observa una tendencia a hacerse somera cerca de H300. En la parte superior de esta capa de alta resistividad se distribuye una ancha capa de resistividad menor de $40 \Omega \text{ m}$.

⑨ Perfil I (Figura II-2-4-3)

Tiene una tendencia general similar al perfil H, pero en la parte profunda de I300 y cerca de I600 se reconoce la parte de discontinuidad de la capa de alta resistividad.

⑩ Perfil J (Figura II-2-4-4)

El perfil corre a lo largo de la cresta Este de San Antonio de Oriente, observándose una tendencia diferente a la de los perfiles del lado Este de la región de estudio. La capa de alta resistividad de un espesor de casi 100 m se distribuye en la parte somera de J100 a J450, además se observa la tendencia a hacerse más profunda a medida que va hacia el Norte. Hay también una estructura de alta resistividad a unos 100 m de profundidad de J650 a J950, se reconoce una estructura de baja resistividad en J500 a J650 de tal forma que está cortando a las 2 anteriores capas de alta resistividad. Esta parte de baja resistividad se supone corresponde con la parte de los yacimientos que fueron explotados durante la época de España. Al igual que en el perfil C, se supone que los depósitos minerales se relacionan con la estructura de baja resistividad que se pone en contacto con la parte de alta resistividad.

⑪ Perfil K (Figura II-2-4-4)

El intervalo entre puntos es de 100 m y entre perfiles de 200 m por lo que las mediciones se hacen menos detalladas. En la superficie se reconoce una estructura de unos $100 \Omega \text{ m}$ de resistividad en los límites de K400 a K500, que se continúa en la parte profunda a medida que se va hacia el Sur. Además, hay una baja resistividad de $10 \Omega \text{ m}$ en la parte inferior de K400, pero debido a que el intervalo entre puntos de medición es muy espaciado no se puede aclarar su distribución de forma precisa. La parte de baja resistividad de unos $40 \Omega \text{ m}$ cerca de K650 se correlaciona con la zona de alteración de El Portillo, que superficialmente se continúa hacia el Oeste.

⑫ Perfil L (Figura II-2-4-4)

La capa de alta resistividad de la parte profunda es discontinua en el intervalo de L400 a L600, mientras que la estructura de baja resistividad es continua. En la parte de L200 a L400 desde la superficie hasta unos 200 m de profundidad se extiende la parte de baja resistividad, pero hacia el lado Oeste de esta se reconoce la zona de alteraciones con la cual se supone está relacionada.

⑬ Perfil O (Figura II-2-4-5)

Como generalidad hacia el Sur de O500 hay alta resistividad y hacia el Norte baja resistividad, pero se reconoce una estructura de baja resistividad en la parte somera de O250 a O400 y una parte de alta resistividad en la parte profunda de O300 a O350 dentro de la cual hay una baja resistividad vertical. En esta última, durante las mediciones debido a las grandes diferencias con sus alrededores que se observaron en la curva que muestra la pantalla del receptor, en la extensión de esa anomalía para aclararla se densificó el intervalo entre puntos

de medición a 50 m. El Sur de esta anomalía es muy grande, cerca de la superficie se puede suponer una fuerte estructura bidimensional de falla de baja resistividad, etc., pero desde el punto de vista geológico, en las cercanías solo existe la zona de alteración (Capa Rosa Sur), la causa de esta anomalía es desconocida. Además, se distribuye una capa de baja resistividad en la parte somera de O500 a O800.

④ Perfil S (Figura II-2-4-6)

Es el perfil más al Oeste de la zona de estudio, la superficie es de unos 100 Ω m de resistividad, pero por debajo de esta la resistividad bruscamente baja a menos de 20 Ω m. Debido a que la misma está en la esquina Oeste de la región de estudio, la información geológica, etc es poca, la causa de esto es desconocida.

(2) Planos

Los resultados del análisis de la resistividad del método TEM se muestran en planos a distintas profundidades desde la superficie.

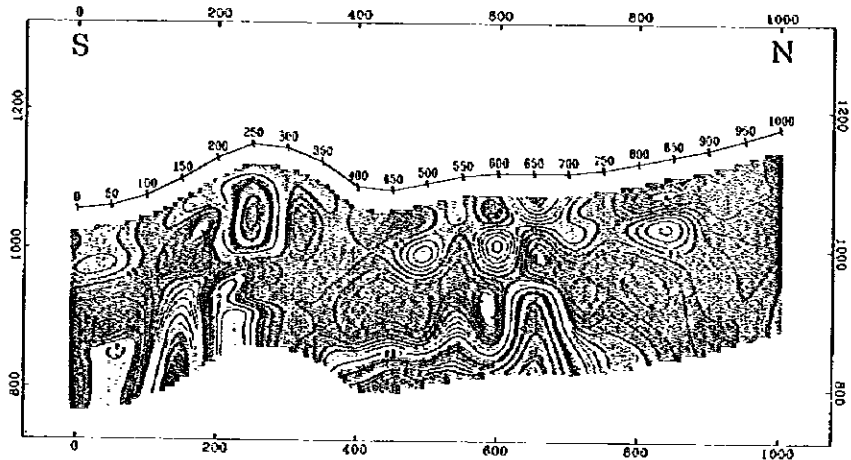
① Plano 0 m (Figura II-2-4-7)

En el plano de resistividad de la parte somera se observan partes de alta resistividad de más de 200 Ω m desde J50 a J500 del perfil J del centro de la zona de estudio y en la parte SE de la misma. La primera corresponde con la parte de la cresta del Sur del poblado de San Antonio de Oriente, en que se distribuye roca compacta, topográficamente como una elevación, que se supone ha resistido la erosión. Desde C600 a B700 de los alrededores del yacimiento conocido La Plomosa presenta alta resistividad de más de 100 Ω m. Aquí la alteración relacionada con el yacimiento tiene la posibilidad de elevar la resistividad cerca de la superficie. Las principales zonas que presentan baja resistividad de menos de 20 Ω m son 3 lugares: la parte de la esquina NE de la región de estudio del Norte de los perfiles A al E, el Norte de la parte Oeste de El Gallo y lado Sur del perfil S del borde más al Oeste. Se observan anomalías de baja resistividad de menos de 40 Ω m concentradas en el lado Oeste de El Taladron y en Capa Rosa Sur, la zona de alteración de Capa Rosa Sur se intercala entre las 2 anteriores correspondiendo a la parte de algo alta resistividad de unos 110 Ω m. Sobre la relación entre la zonas de alteraciones y la resistividad se volverá a explicar en un epígrafe aparte.

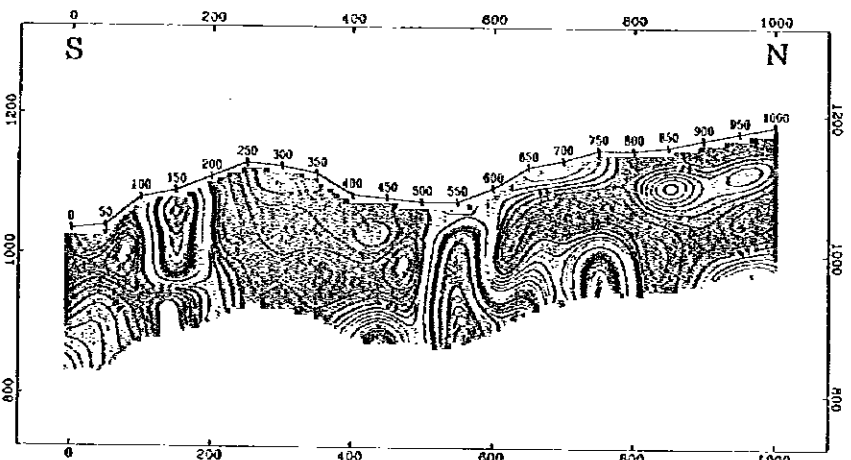
② Plano -100 m (Figura II-2-4-8)

Las partes de alta resistividad aparecen en amplios límites desde el lado Oeste del sector El Gallo hasta el Sur de Capa Rosa Sur y en los alrededores de El Taladron. Además, la parte de baja resistividad menores de 40 Ω m se extiende hasta el Sur de los perfiles L y M y en el perfil S.

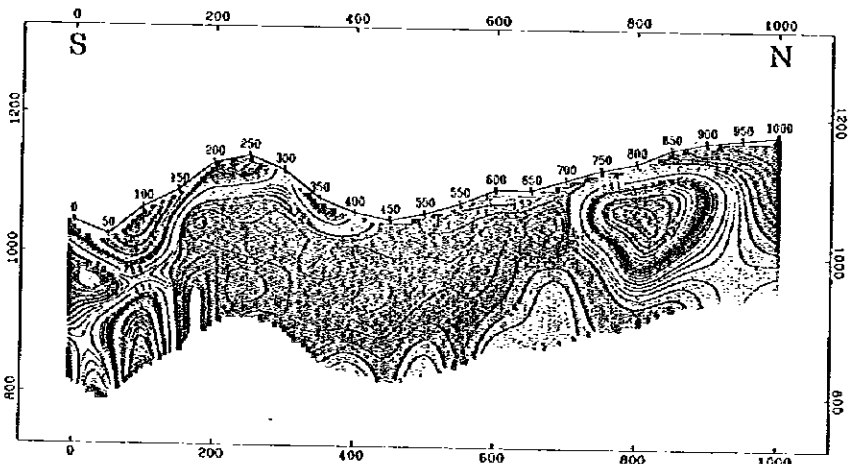
En el lado Este de la región de estudio la parte de alta resistividad aparece puntualmente, por lo general es baja la resistividad, especialmente la parte de baja resistividad menor de 40 Ω m que se distribuye en amplios límites del NE de la región de estudio desde San Antonio de Oriente hasta La Plomosa. Además, en la parte de la cresta del lado Sur desde el poblado de San Antonio de Oriente, donde también corre el río del mismo nombre, está la parte de algo alta resistividad mayores de 100 Ω m, extendiéndose la misma hasta el punto más alto de la cresta (cerca de K300) que divide a la región de estudio en EO.



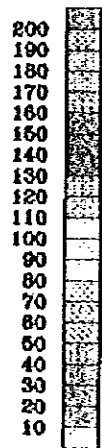
Linia-C



Linia-B

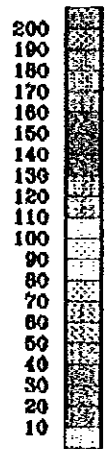
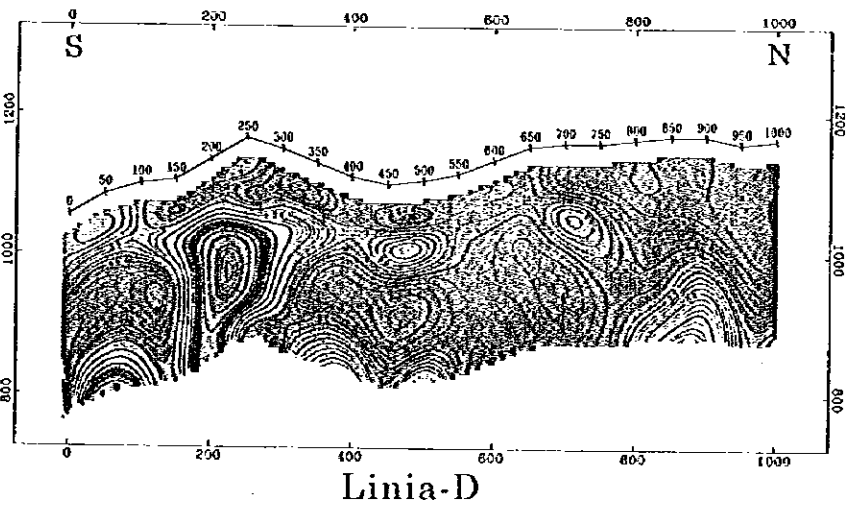
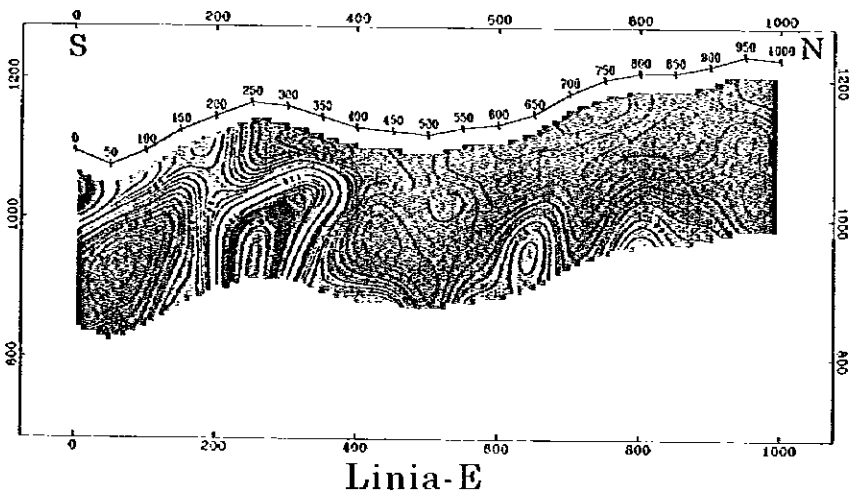
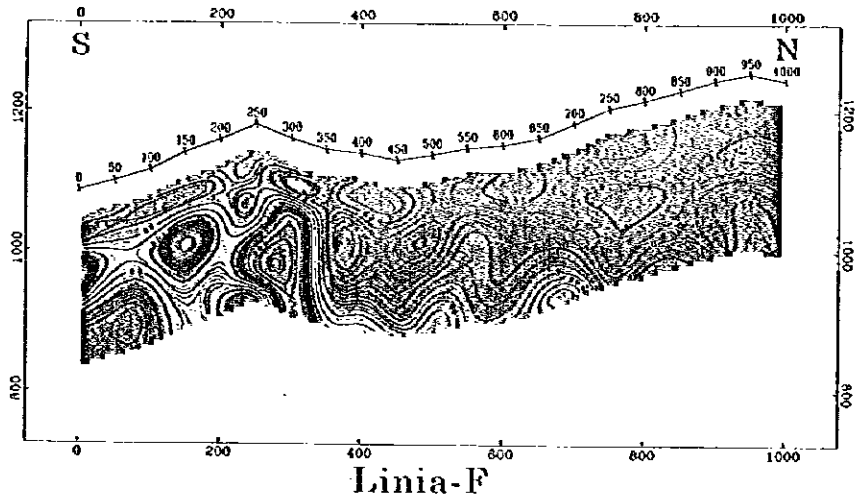


Linia-A



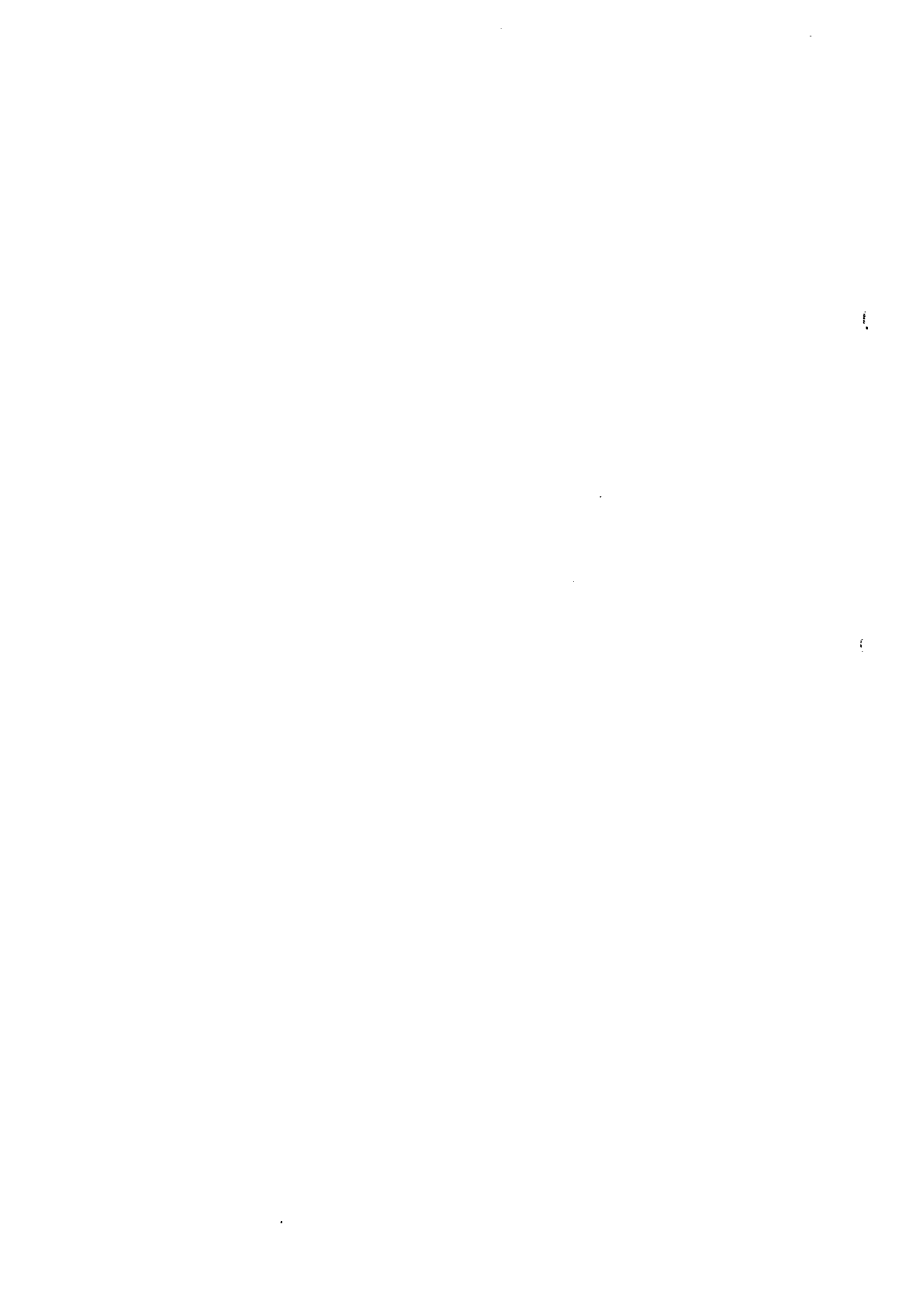
Resistividad
(ohm-m)

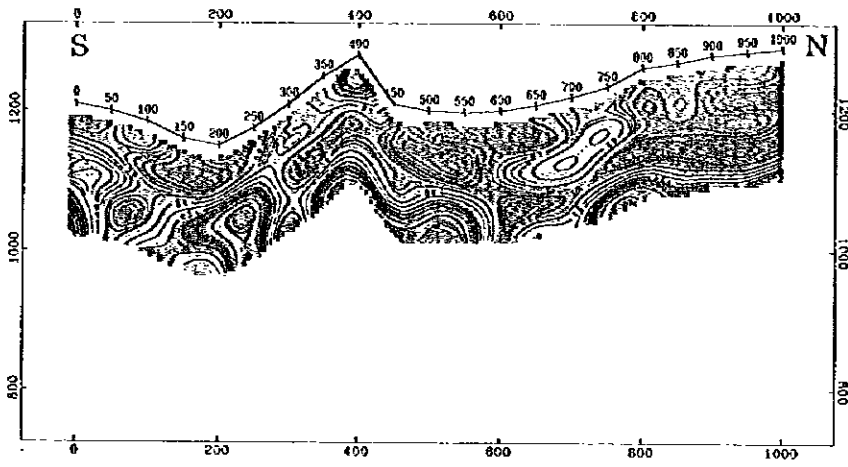
Figura II-2-4-1 Sección de la estructura de la resistividad



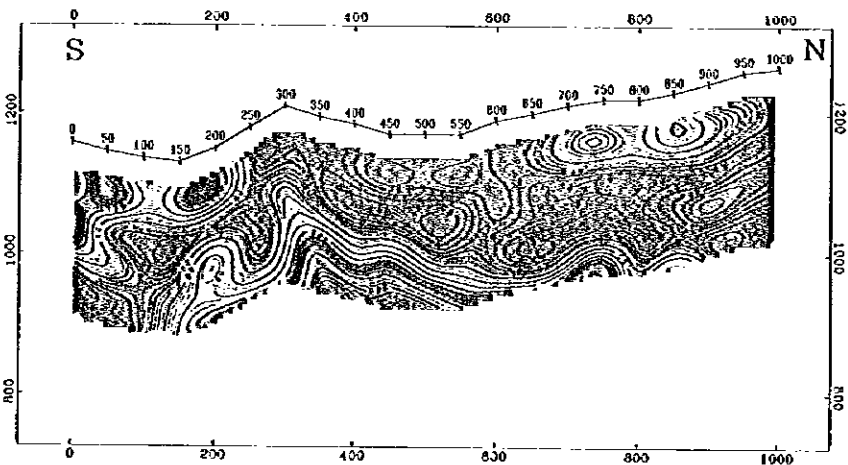
Resistividad
(ohm·m)

Figura II-2-4-2 Sección de la estructura de la resistividad

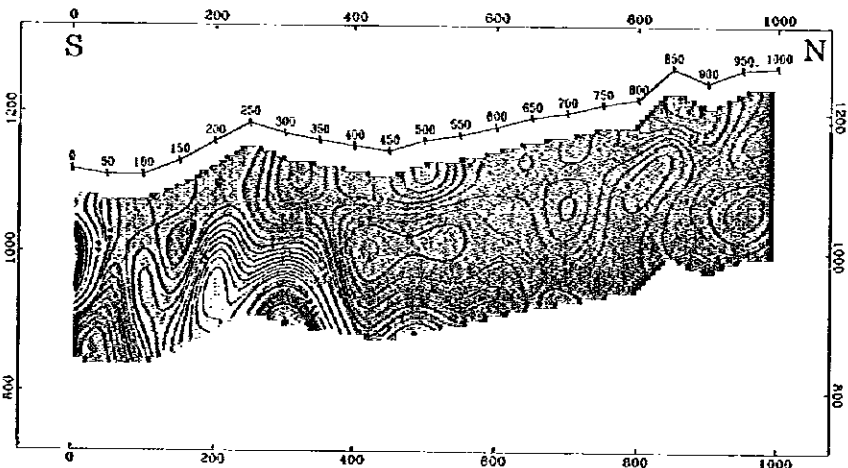




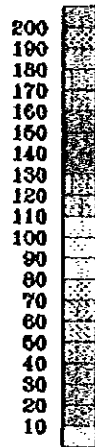
Linia- I



Linia-H



Linia-G



Resistividad
(ohm-m)

Figura II-2-4-3 Sección de la estructura de la resistividad

U

2

3

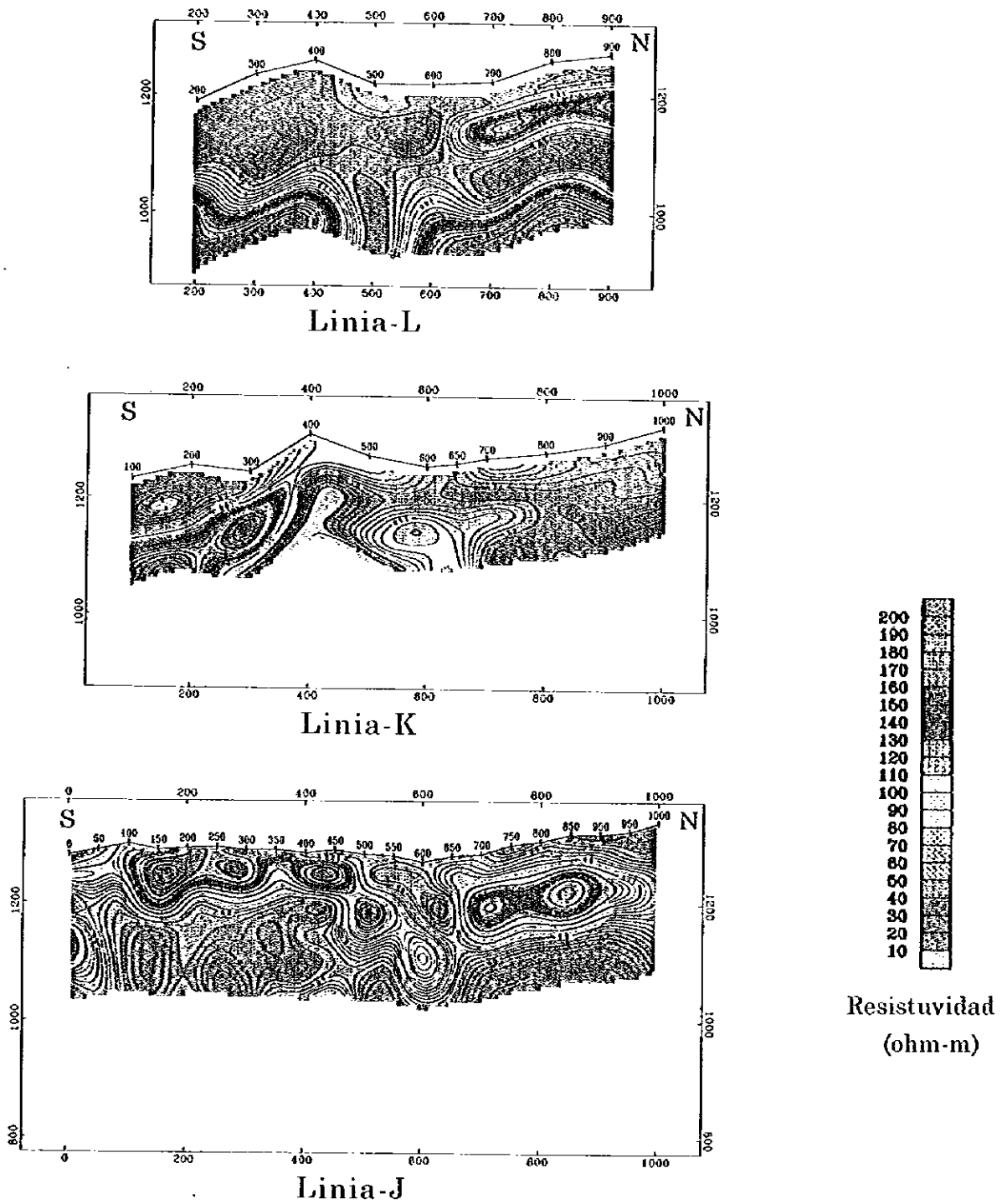
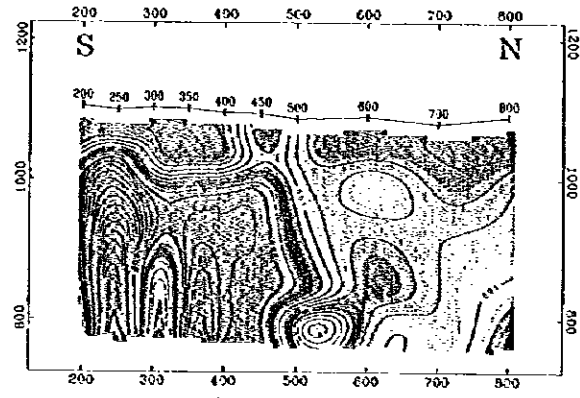
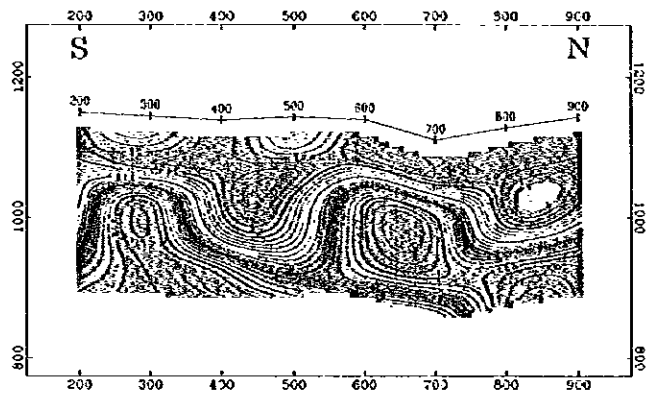


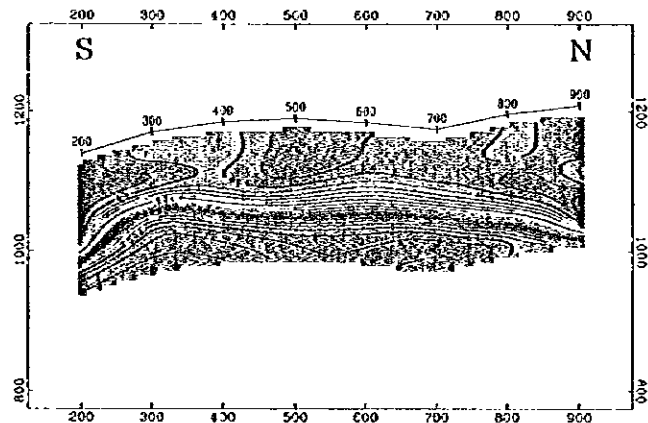
Figura II-2-4-4 Sección de la estructura de la resistividad



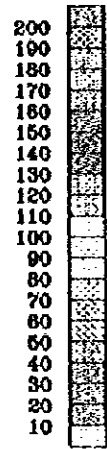
Linia-O



Linia-N

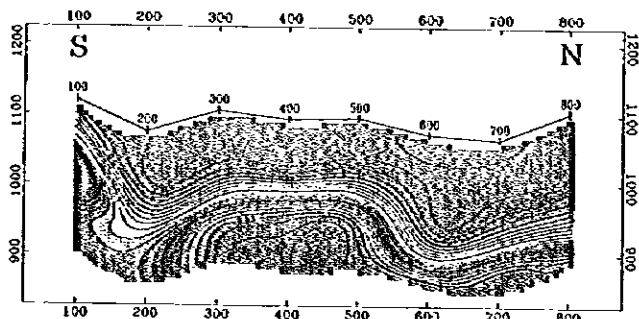


Linia-M

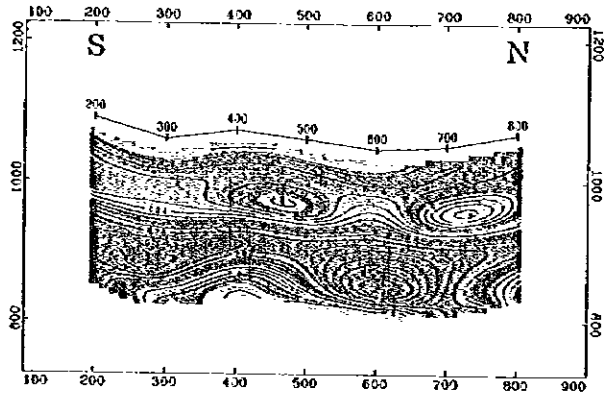


Resistividad
(ohm-m)

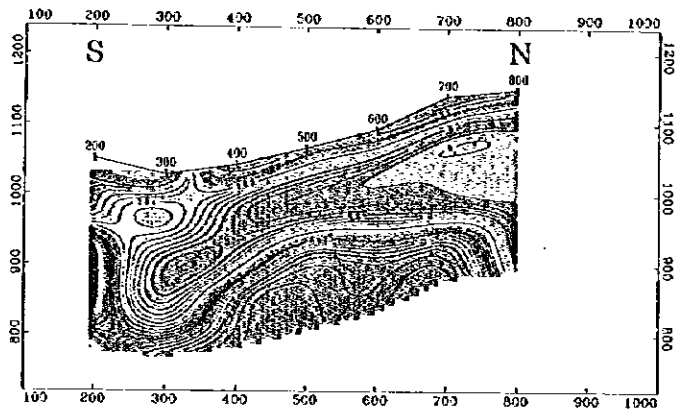
Figura II-2-4-5 Sección de la estructura de la resistividad



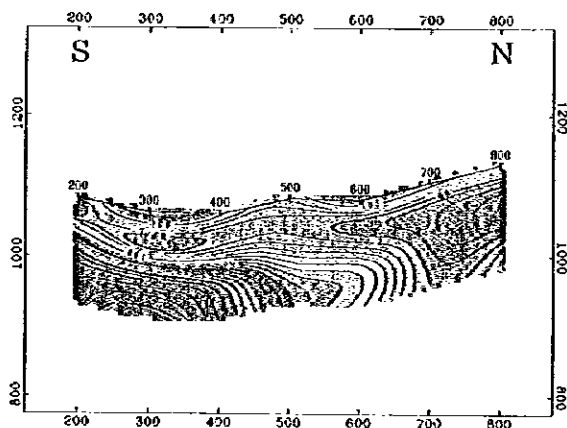
Linia-S



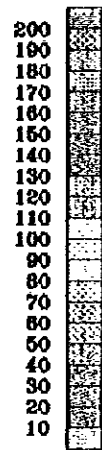
Linia-R



Linia-Q

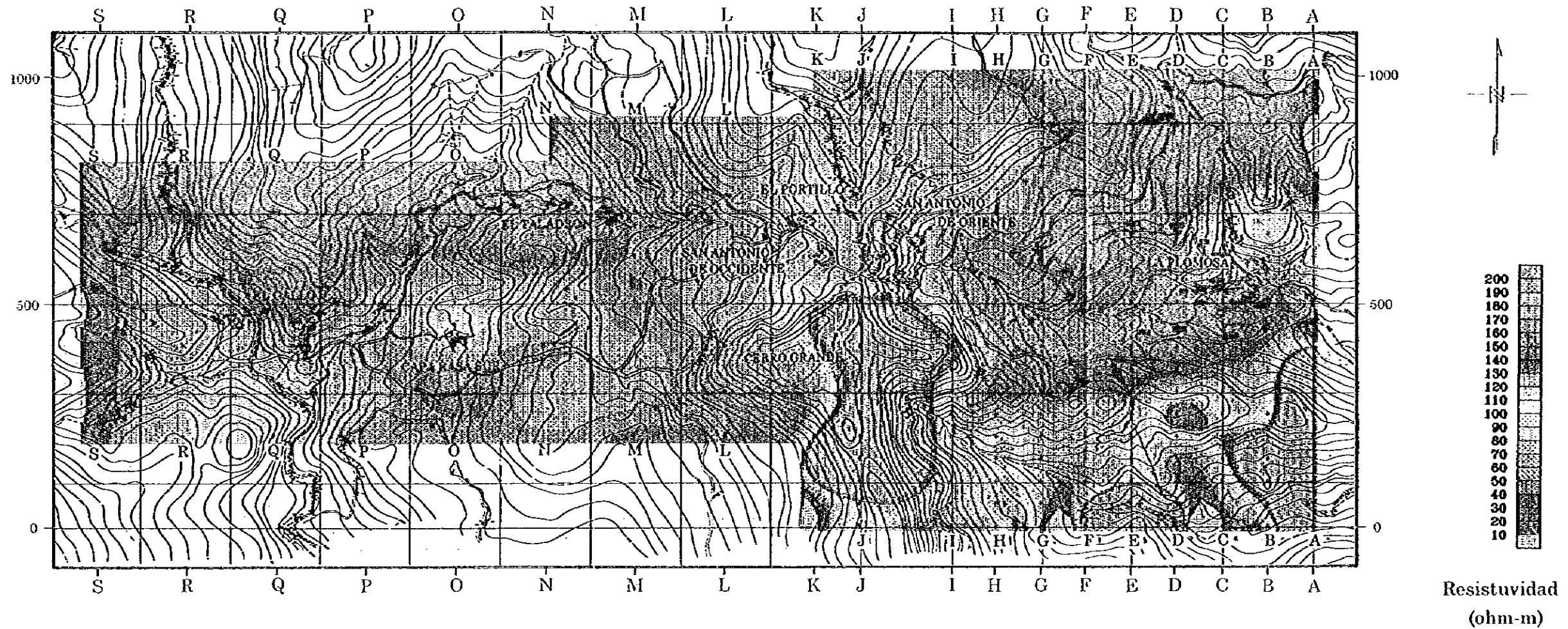


Linia-P



Resistividad
(ohm-m)

Figura II-2-4-6 Sección de la estructura de la resistividad



REFERENCIA

+ PUNTO DE SONDEO ELECTRO-MAGNETICO

A A LINEA DE PERFIL

Figura II-2-4-7 Plano de la estructura de la resistividad (Profundidad 0 m)

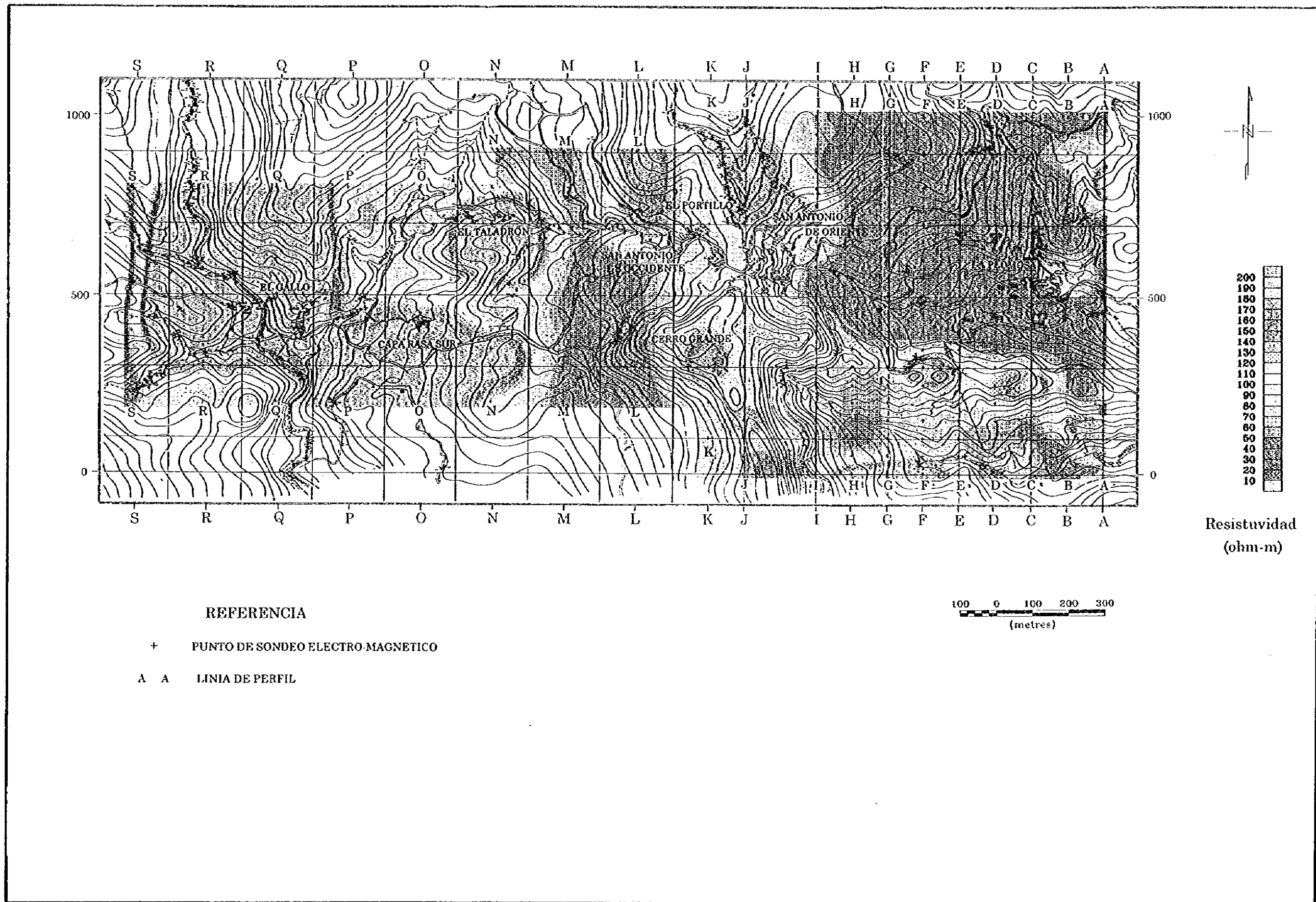


Figura II-2-4-8 Plano de la estructura de la resistividad (Profundida -100 m)

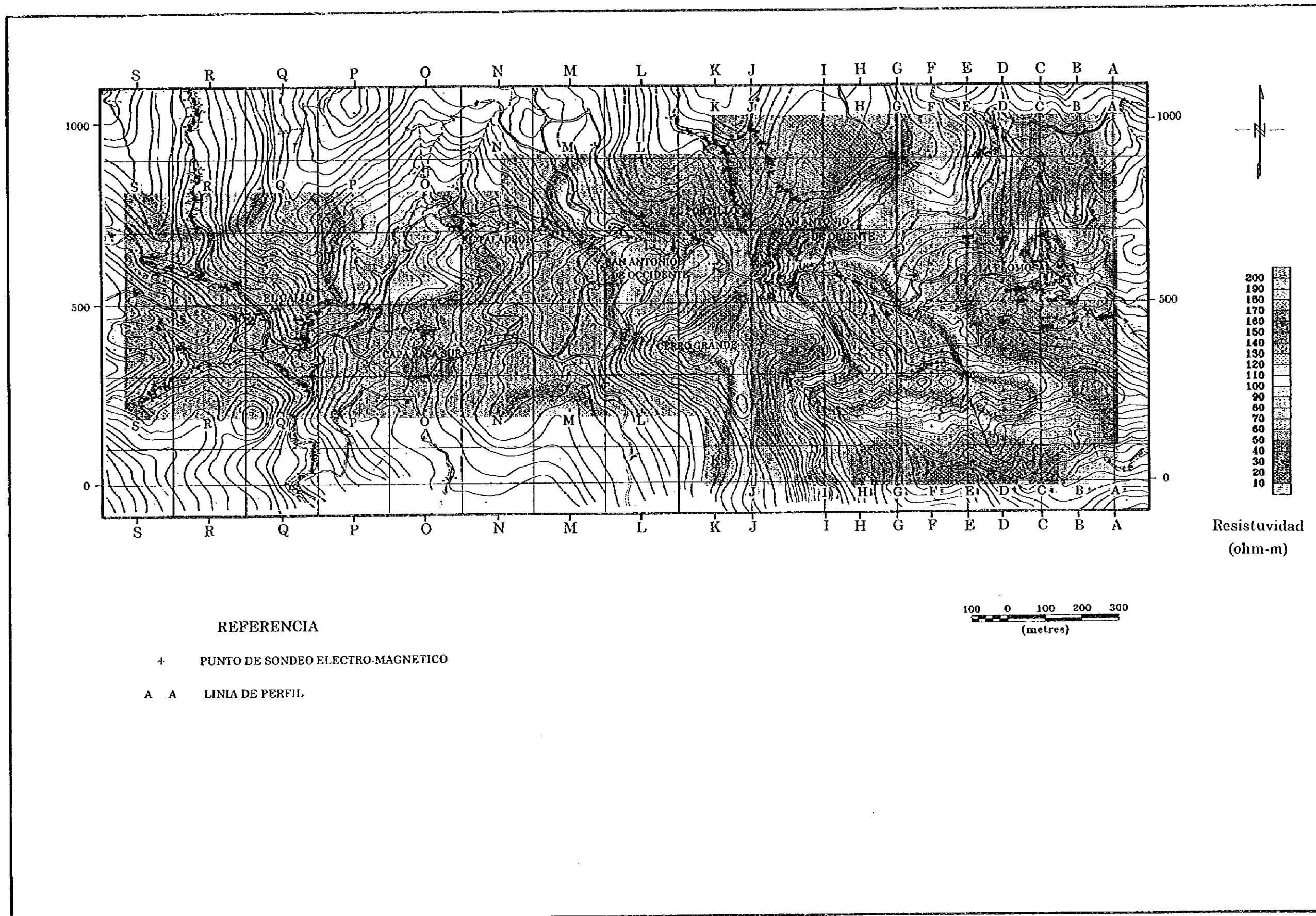
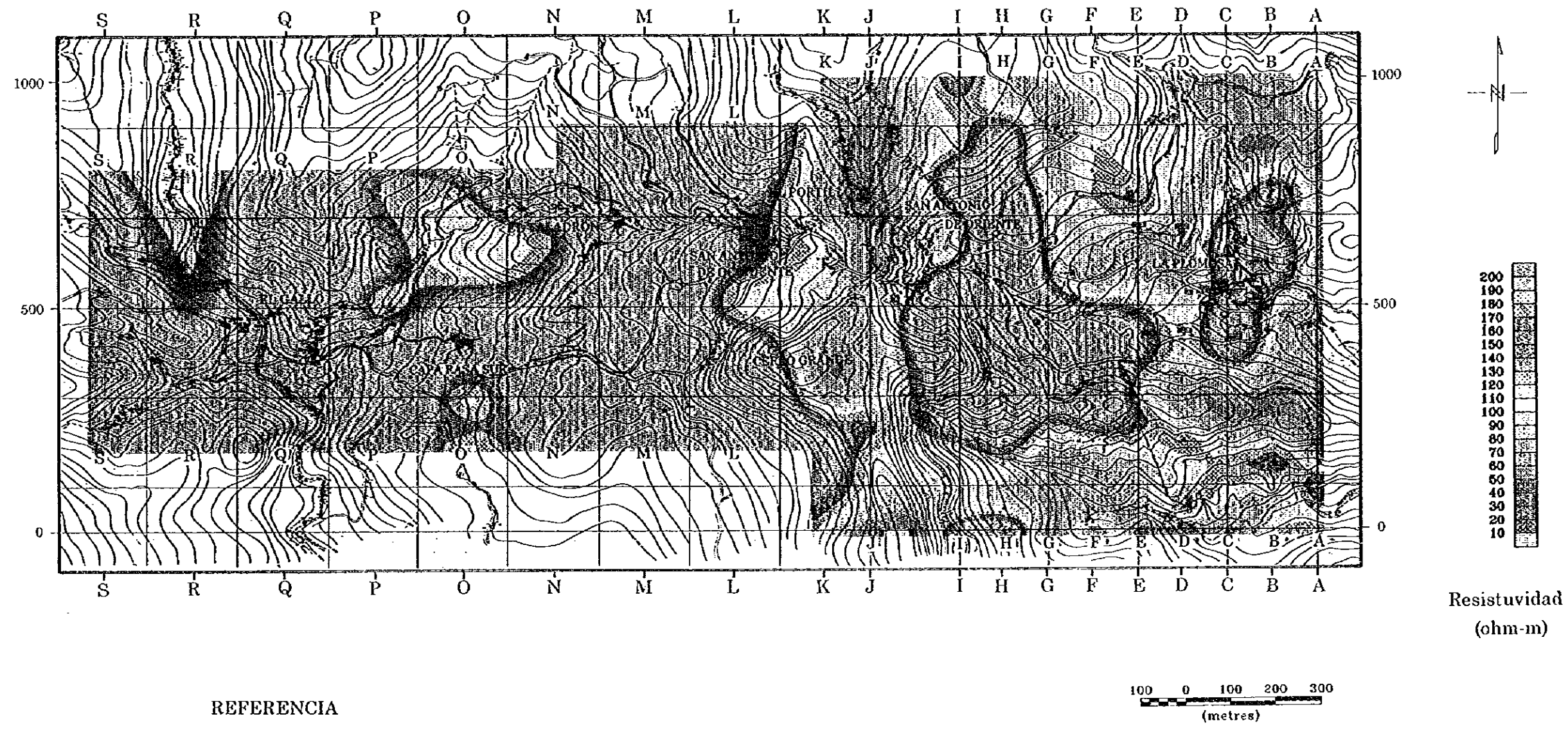


Figura II-2-4-9 Plano de la estructura de la resistividad (Profundidad -200 m)



REFERENCIA

- + PUNTO DE SONDEO ELECTRO-MAGNETICO
- A A LINIA DE PERFIL

Figura II-2-4-10 Plano de la estructura de la resistividad (Profundida -300 m)

③ Plano -200 m (Figura II-2-4-9)

En el sector Oeste de la región de estudio los límites de la alta resistividad mayores que $200 \Omega m$ se amplían más que en el nivel -100 m. Dentro de esto las partes de baja resistividad se observan en la parte desde la cresta que divide a la zona de estudio en EO hasta el Norte de El Portillo, en la parte Oeste de El Taladron y en en la parte NO de El Gallo. Además, cerca de O300 al Sur de Capa Rosa Sur se reconoce una estructura de baja resistividad de estrechos límites envuelta por una capa de alta resistividad.

En el lado Este de la región de estudio la parte de alta resistividad se incrementa con respecto a la del nivel de -100, por lo general es de baja resistividad, especialmente, la parte de baja resistividad menor de $40 \Omega m$ se distribuye desde los alrededores del poblado de San Antonio de Oriente hasta el Sur de estos, desde los alrededores de La Plomosa hasta el valle y además en el extremo Sur de los perfiles desde el C hasta el H. Además, la parte de la cresta del SE desde el poblado de San Antonio de Oriente es la parte de algo alta resistividad mayor de $100 \Omega m$. En los alrededores del yacimiento ya conocido La Plomosa se reconoce principalmente la parte de alta resistividad en las cercanías de B550 a C600. Esta, según los resultados hasta ahora de las perforaciones, se supone muestra la caliza de la parte inferior que se acercan a la superficie.

④ Plano -300 m (Figura II-2-4-10)

En esta profundidad no hay grandes diferencias con el plano de resistividad del nivel -200 m, pero los límites de la alta resistividad se hacen más amplios. Especialmente, se amplían la parte de alta resistividad desde el poblado de San Antonio de Oriente de la parte Este de la región de estudio hasta la parte de la cresta SE y las partes de alta resistividad del Sur y el Este del yacimiento La Plomosa.

2-4 Consideraciones

2-4-1 Resultados de la exploración geofísica y consideraciones

(1) Mediciones

En la exploración geofísica se aplicaron para el estudio de la resistividad el método TEM y para la medición del efecto de PI el método de PI en el dominio en tiempo, debido a que en las mediciones de las muestras hechas hasta ahora existen diferencias entre los minerales y la roca de caja tanto para la resistividad como para el efecto de PI.

(2) Análisis bidimensional del método de PI

En esta región de estudio se supone que la bidimensionalidad y tridimensionalidad del relieve y de la geología, las fracturas, los minerales sulfurosos de grano fino de pirita y otros contenidos ampliamente en la lutita calcárea, etc. provocan una gran influencia en los resultados de las mediciones del método de PI. En los resultados del método de PI explicados hasta ahora, la influencia de la bidimensionalidad del relieve está excluida mediante el análisis por el método de los elementos finitos, comparado con el relieve tridimensional, abrupto y complejo de la realidad no se puede decir que es suficiente. Esta compañía ha desarrollado un programa de inversión automática bidimensional para el método de PI según el cual se realizó el análisis a manera de prueba, pero comparado con la información geológica, etc., no se obtuvieron resultados significativos. Como la presente región de estudio, en las regiones en que se destaca la influencia del relieve, la tridimensionalidad, etc. realizar el análisis bidimensional es peligroso, pero como prueba se tomó el yacimiento de La

Plomosa, mostrándose los resultados del análisis bidimensional de los perfiles B y C. Considerando la información geológica y los resultados del método TEM, entre otros se eligió el modelo inicial, en la computadora se emplearon las mismas mediciones que en la realidad, se adoptó la metodología de mejorar sucesivamente el modelo, de tal manera que se obtengan los mismos resultados que en la realidad. En la Figura II-2-5-1 se muestra para el perfil B la sección de resistividad y de valores de PI tanto las reales como las calculadas y el modelo final calculado de la estructura de la resistividad. Además, en la Figura II-2-5-2 se muestra para el perfil C lo mismo. El modelo aunque se cambió repetidas veces haciendo el cálculo, pero la convergencia fue muy mala. La obtención de un modelo de cálculo que coincidiera bien con los datos reales medidos fue difícil. Debido a la tridimensionalidad del relieve y de la estructura por debajo de la superficie terrestre de fallas, etc. se supone que el análisis bidimensional no es apropiado.

En la estructura final obtenida para el perfil B se observan estructuras de alta resistividad de $200 \Omega m$ en la parte profunda de B250 a B400, en la parte somera de cerca de B570 a B730 y en la parte profunda de cerca de B550 a B750. La estructura de alta resistividad de B550 a B750 muestra la caliza de la parte inferior, que no es una estructura obtenida del método PI, sino que es la introducción conjunta de los resultados del método TEM, la información geológica, etc. El cuerpo mineral corresponde con una gran estructura de baja resistividad de $10 \Omega m$ y $50 mV/V$ de valor de PI, inmediatamente por debajo se interpreta la estructura de alta resistividad que se supone es la caliza de la parte profunda de B650 a B800. En la parte somera se analiza una estructura de la misma resistividad y valor de PI algo más pequeño de $30 mV/V$. Los resultados de las mediciones obtenidas en esta zona en cuestión casi no expresan bien esta estructura analizada, suponiéndose que se debe a que está en el límite del análisis bidimensional.

El perfil C debido a que pasa cerca del yacimiento de las perforaciones y otros se conoce en cierto grado la geología, esta información también se consideró para decidir el modelo inicial de cálculo, repitiéndose los cambios del modelo y los cálculos para lograr la convergencia. Finalmente se obtiene una estructura de $10 \Omega m$ de resistividad y $50 mV/V$ de valor de PI cerca de C600 a C650 que se supone corresponde con el yacimiento, por debajo de la anterior se obtiene una estructura de $200 \Omega m$ que corresponde con la caliza.

(3) Comparación de los yacimientos ya conocidos y los resultados de la exploración geofísica

En la Figura II-2-6-1 se la sección geológica según la superposición de la sección del perfil C del método TEM, el yacimiento conocido y los resultados de perforación. En los resultados del método TEM se reconoce como característica que la estructura de alta resistividad de la parte profunda se acerca a la superficie en los alrededores del yacimiento ya conocido de La Plomosa. Comparando los resultados de perforación, la parte elevada de alta resistividad desde la parte profunda corresponde con la caliza, la estructura de baja resistividad de la parte superior corresponde con el yacimiento. Además, se interpretan como fallas ambos lados de la alta resistividad elevada. Se observa que la estructura geológica de los alrededores del yacimiento y la resistividad del método TEM concuerdan bien. En la parte algo profunda al Sur del yacimiento se coge la estructura de baja resistividad que se extiende EO. En los resultados de la perforación de la presente fase que se realizó en las cercanías de C450 se observa lutita calcárea desde cerca de la superficie, desde aproximadamente a 200 m de profundidad hay una capa de caliza como intercalada. Sobre la figura también desde una profundidad de 200 m aproximadamente la resistividad se eleva, también en el punto C450 se observa que los resultados de perforación y del método TEM coinciden bien. En las cercanías de este se obtienen valores altos de PI, pero se supone que los minerales de sulfuro de grano

fino de pirita y otros de un 2% contenidos en la lutita calcárea son los que producen la elevación de los valores de PI. Además, la resistividad de las muestras de testigos muestran un valor de unos 100 a 300 Ω m, que comparados con los valores obtenidos en el método TEM de 20 a 80 Ω m son algo más bajos. Se supone que la falla que pasa cerca de C450 desarrolla muchas fracturas en el estrato, que producto de las aguas subterráneas y otros factores hacen disminuir de forma general la resistividad. Además, en las cercanías de C300 se observa una gran discontinuidad de la resistividad, que se supone una falla. La relación con esta falla se explica seguidamente.

(4) Comparación de las fallas con las discontinuidades de resistividad

En la presente región de estudio la vegetación es densa y los afloramientos pocos, por lo que en los estudios geológicos el reconocimiento directo de fallas también es poco. De los resultados de las mediciones del método TEM las líneas de discontinuidad de la resistividad supuestas se muestran con líneas gruesas discontinuas en la Figura II-2-5-2 (2). De las secciones de cada uno de los perfiles se extrajo la ubicación de las discontinuidades supuestas que son las que se muestran en los planos. En las cercanías del punto O300 del perfil O se reconoce anomalía de baja resistividad que se supone es una falla. Esta anomalía por ser evidente, en sus alrededores se incrementaron los puntos de medición y se estudiaron y se comprobó que los límites de la anomalía son muy estrechos, desacadose esta anomalía a pesar de ser de una simple falla. En superficie también hay una zona de alteración, por lo que esta parte es de interés.

Desde el perfil A hasta el perfil L de la región de estudio se destacan las líneas de discontinuidad del sistema E-O y del sistema ESE-ONO. Desde cerca del punto A0 hasta el Sur del poblado de San Antonio de Oriente se reconoce una larga línea de discontinuidad. Esta coincide con el lado Sur de la cresta que se extiende desde Cerro Grande. Desde cerca de C650 inmediatamente al Norte del yacimiento conocido La Plomosa hasta cerca de I800 se reconoce una discontinuidad.

(5) Extracción de zonas de los resultados de la exploración geofísica que muestran similitud con los yacimientos minerales ya conocidos

Las partes en que se reconoce la estructura de alta resistividad en contacto con la estructura de baja resistividad, similares al yacimiento mineral ya conocido de La Plomosa, se muestran rodeadas de puntos negros en la Figura II-2-6-2 (2). Seguidamente se enumeran esos puntos de Este a Oeste.

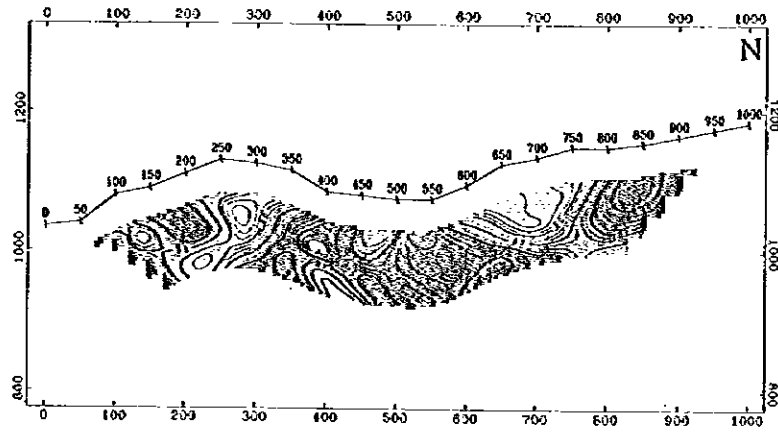
- ① Cerca de B800 al NE del yacimiento mineral ya conocido.
- ② Cerca de F300, cresta que se extiende desde Cerro Grande hacia el Este
- ③ Cerca de H600 al Este del poblado de San Antonio de Oriente.
- ④ Cercanías de H500 a J600 al Sur del poblado de San Antonio de Oriente, Aquí coincide también con la discontinuidad de resistividad, se reconoce también zona de alteración en superficie, es un punto que tiene intere.
- ⑤ Cerca de N700 y cerca de N800 al Oeste del poblado de San Antonio de Oriente
- ⑥ Cerca de R700 y Q700 al Norte de El Gallo del Este de la región de estudio. Aquí también se reconocen la discontinuidad de resistividad y la zona de alteración.

2-4-2 Temas de la exploración geofísica para el futuro

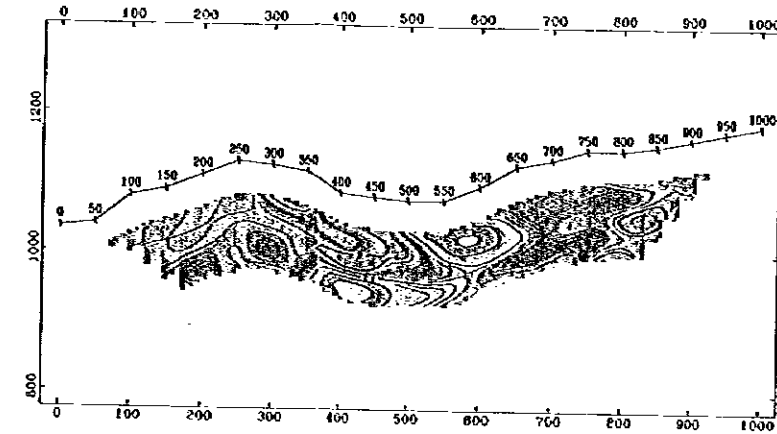
En la exploración geofísica de los alrededores del yacimiento mineral ya conocido, se reconocen anomalías en amplios límites en los alrededores del yacimiento especialmente en el método de PI, específicamente en la anomalía al Sur del mismo en la cual se realizó una perforación, pero no se llegó a descubrir nuevos depósitos minerales. Esto se supone está provocado por el desarrollo de fracturas en las rocas de los alrededores y que además contienen pirita en algunas unidades de %, por lo que la medición en amplios límites de la zona en cuestión, en general produjo las altas anomalías de PI. En las mediciones de PI de los testigos de perforación de estas rocas es necesario usar partes sin fracturas de roca de alta resistividad, muestra de caliza por ejemplo, en que la corriente casi no circula en su interior, se obtiene valores bajos de PI. En el método de PI se detectaron anomalías en muy amplios límites tanto sobre el yacimiento conocido como en las partes fuera de este. Como estudio preliminar es una metodología apropiada en el caso en que se estudien las anomalías en amplios límites, pero cuando en cierto grado se ha concretado la etapa, como en el presente estudio en que se buscan yacimientos que se extienden, es necesaria información complementaria y su interpretación conjunta.

El método TEM es a su vez exploración electromagnética, que recibe poca influencia del relieve y de las condiciones superficiales, por lo que en la presente región de estudio donde las condiciones topográficas y geológicas son complejas fue posible su empleo. En los alrededores del yacimiento mineral conocido se obtienen resultados que reflejan bien el cuerpo mineral conocido, las fallas, la parte de caliza, etc. En el perfil D al Oeste del depósito mineral conocido se realizó una perforación en la presente fase, pero aunque se cortaron vetas finas, no es una contribución de envergadura para el incremento de la reserva mineral. En los resultados del método TEM se obtiene una evidente anomalía de baja resistividad en el lado Norte de los perfiles B y C, se piensa que es necesario en el futuro el examen de esta parte incluyendo la situación geológica.

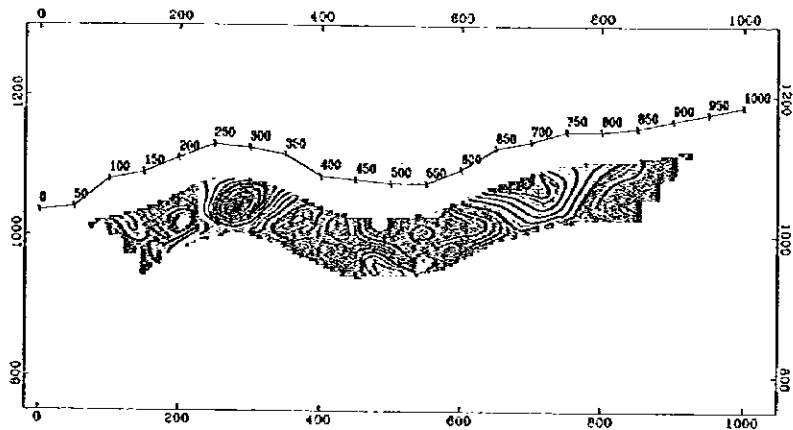
En la parte Oeste de la región de estudio se obtiene anomalías de baja resistividad en los alrededores de los perfiles N y O. En esta parte se empleó una separación entre perfiles de 200 m y entre puntos de medición de 100 m por lo que no se pudieron detallar de forma precisa las anomalías. En la próxima fase se propone realizar mediciones detalladas en los alrededores de las anomalías del método TEM obtenidas en la presente fase, delimitar los contornos de las anomalías y con la información obtenida decidir la ubicación de las perforaciones.



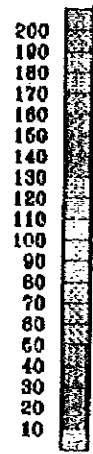
Valor de Datos Prácticos



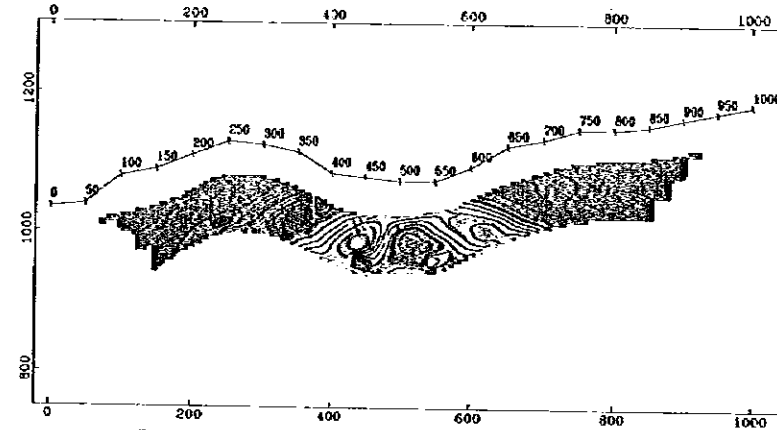
Valor de Datos Prácticos



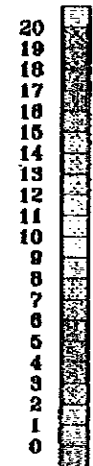
Resultado de Modelo Cálculo



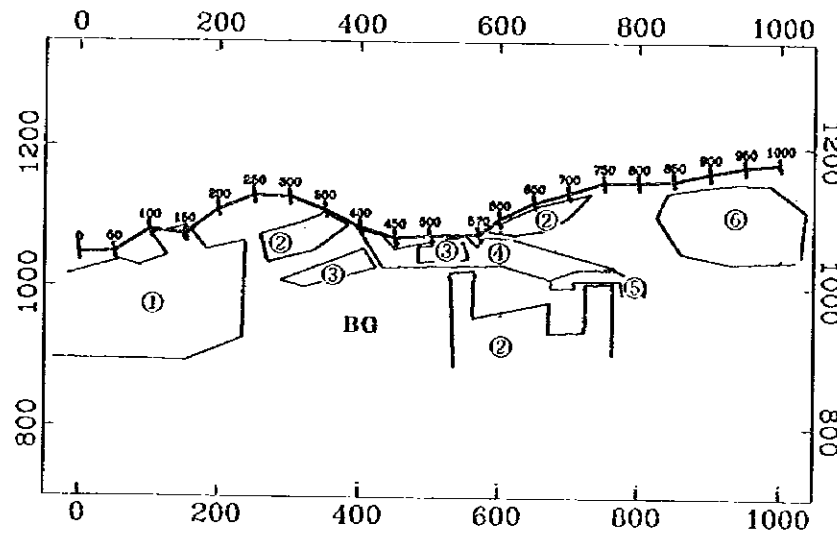
Resistividad
(ohm-m)



Resultado de Modelo Cálculo



Cargabilidad
(mV/V)



Línea-B IP Modelo

	(ohm-m)	(mV/V)
B G	80	2
①	20	2
②	200	2
③	10	30
④	10	5
⑤	10	50
⑥	10	2

ESCALA 1:10,000

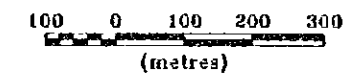


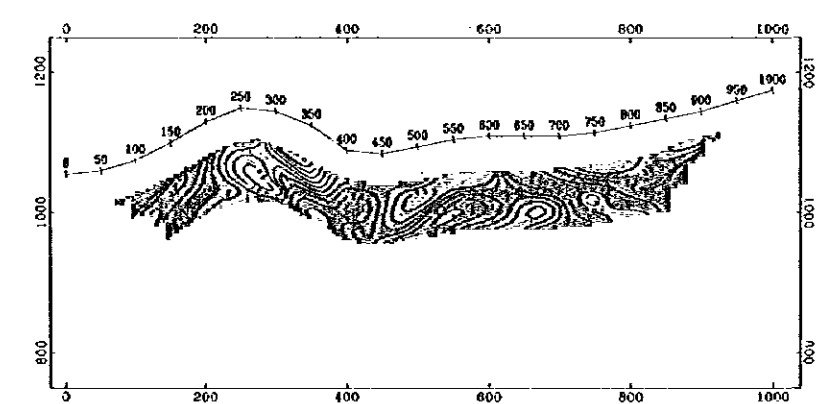
Figura II-2-5-1 Sección del análisis de la simulación bidimensional



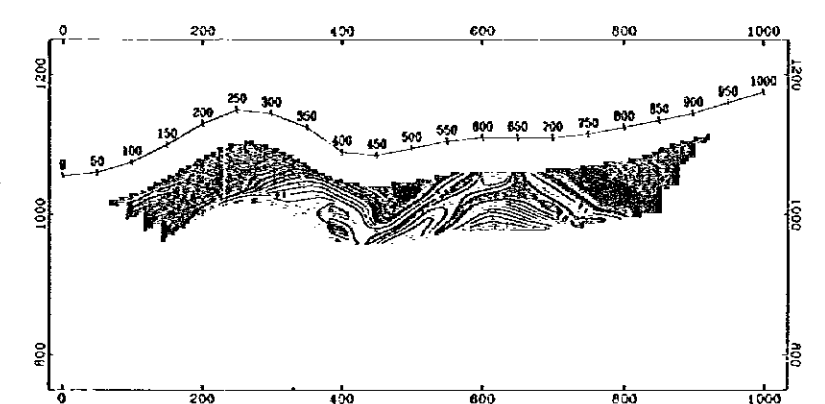
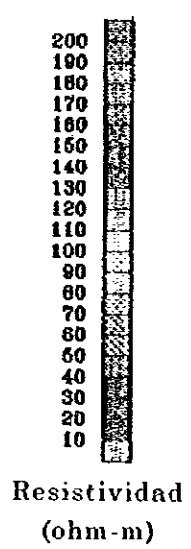
Valor de Datos Practicos



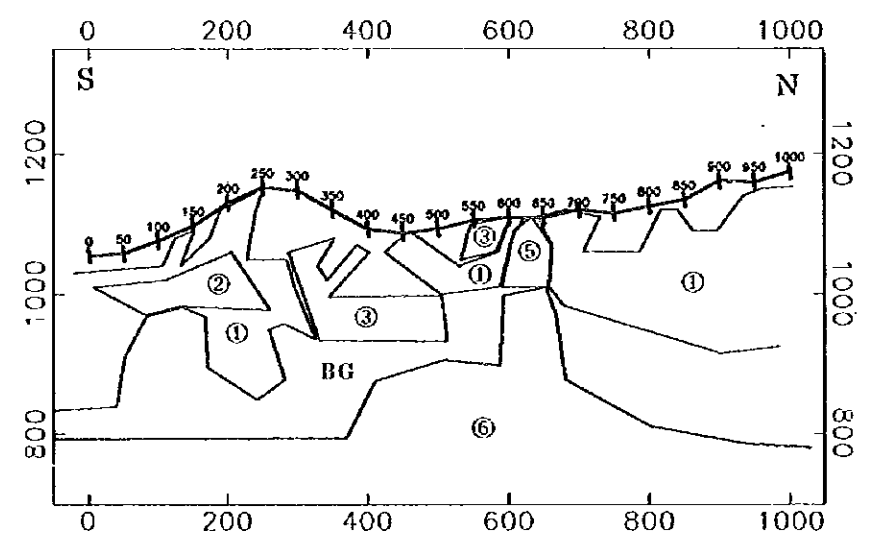
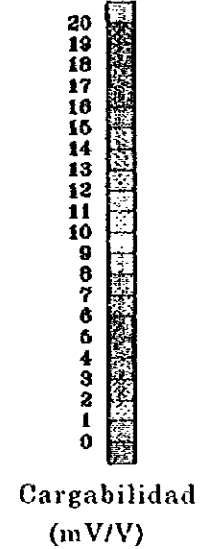
Valor de Datos Practicos



Resultado de Modelo Cálculo



Resultado de Modelo Cálculo



Linia-C IP Modelo

	(ohm-m)	(mV/V)
B G	100	2
①	20	2
②	20	15
③	10	30
④	200	2
⑤	10	50
⑥	200	2

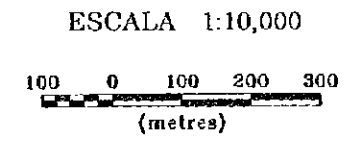


Figura II-2-5-2 Sección del análisis de la simulación bidimensional

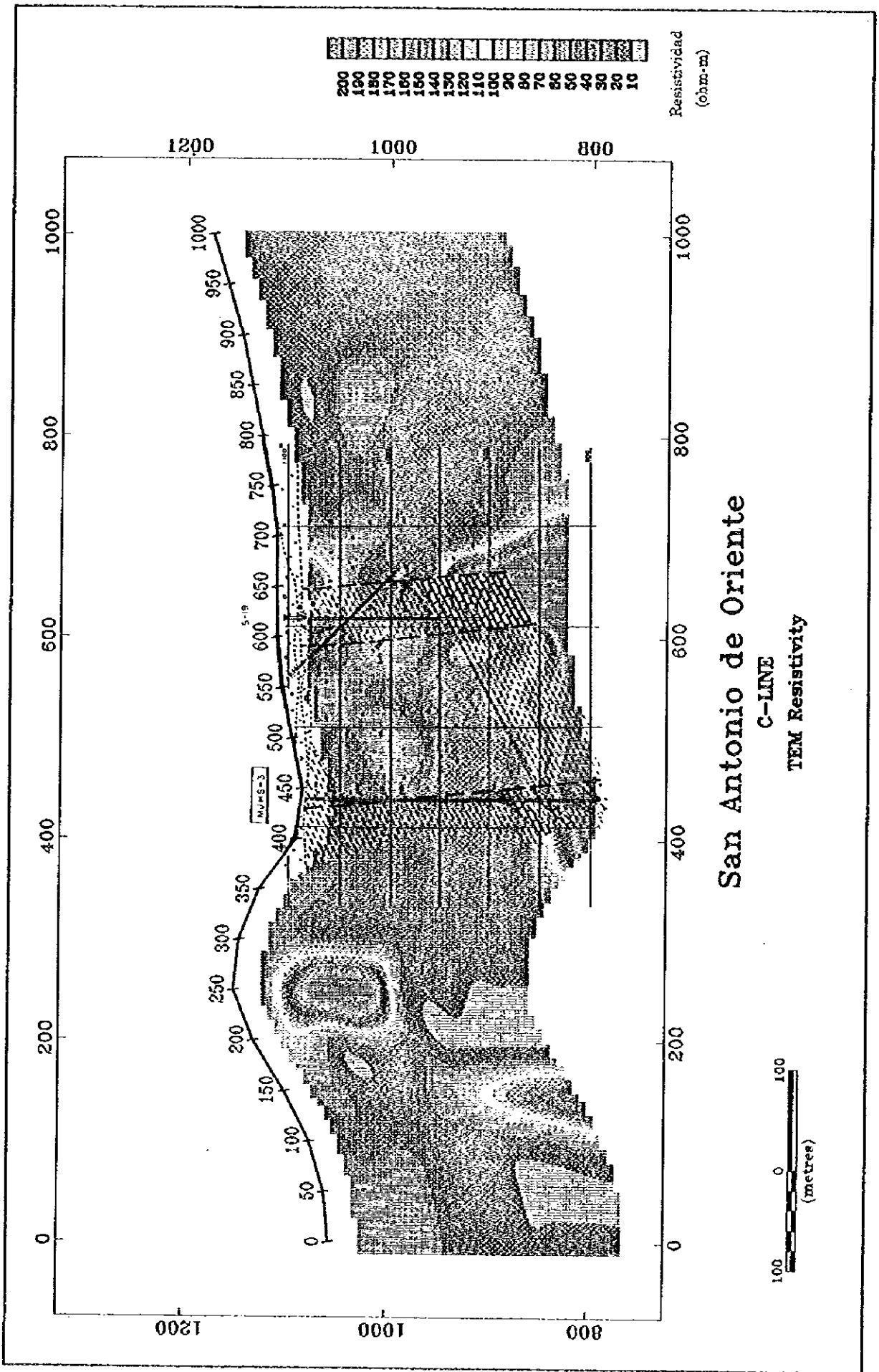
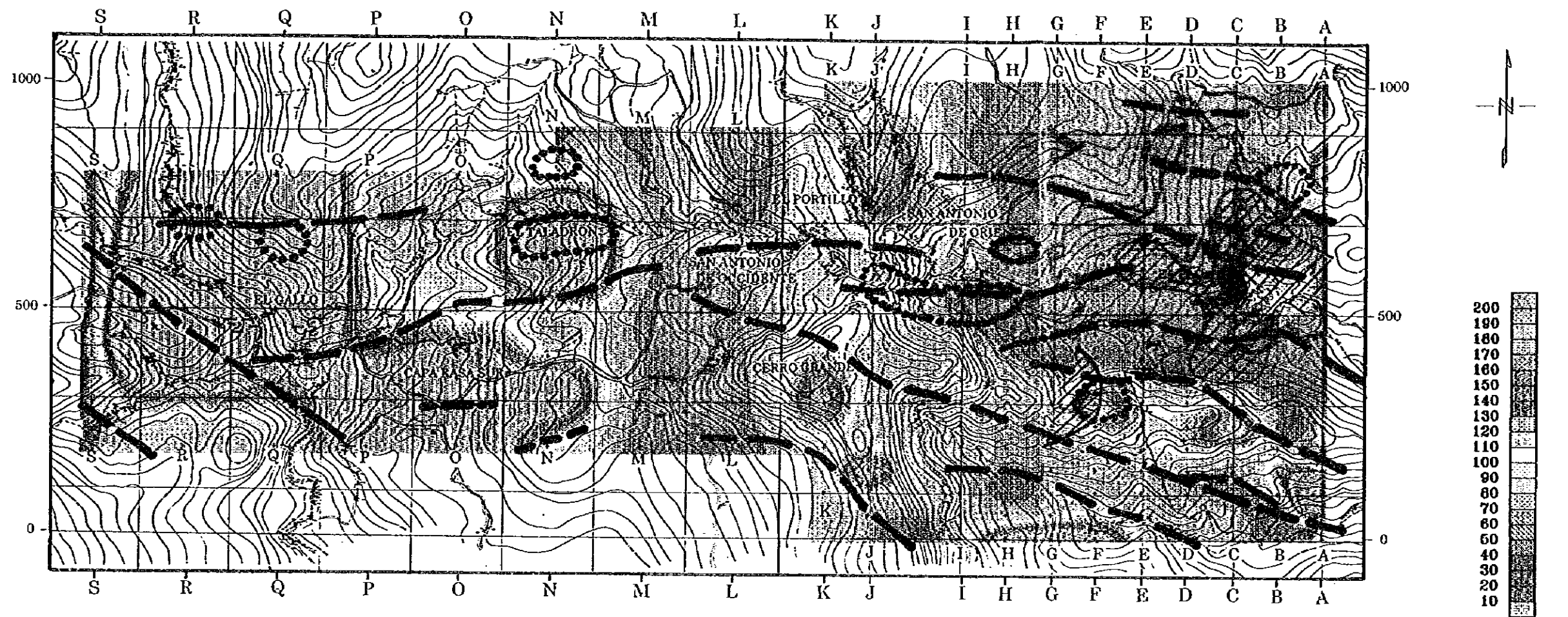


Figura II-2-6-1 Sección del análisis general (1)



REFERENCIA

- + PUNTO DE SONDEO ELECTRO-MAGNETICO
- A A LINIA DE PERFIL
- LINIA DE DISCORDANCIA MOSTRADA EL PERFIL ESTRUCTURA DE RESISTIVIDAD
- ⊙ ANOMALIA DE TEM DE TIPO DE LA MINA DE LA PLOMOSA
- ⊗ ANOMARIA DE CARGABILIDAD

ESCALA 1:10,000
 100 0 100 200 300
 (metres)

Resistividad
 (ohm-m)
 Metodo de Tem
 (Superficie -100m)

Figura II-2-6-2 Plano del análisis general (2)

