

### 1-3 Sondeo geofísico

#### 1-3-1 Exploración por el Método TEM

##### (1) Objeto

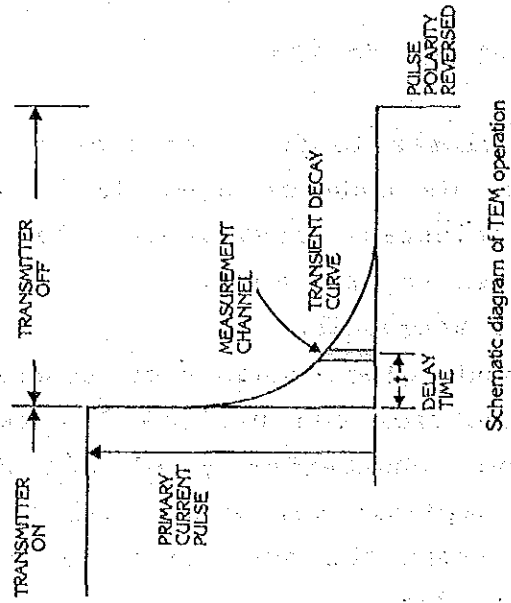
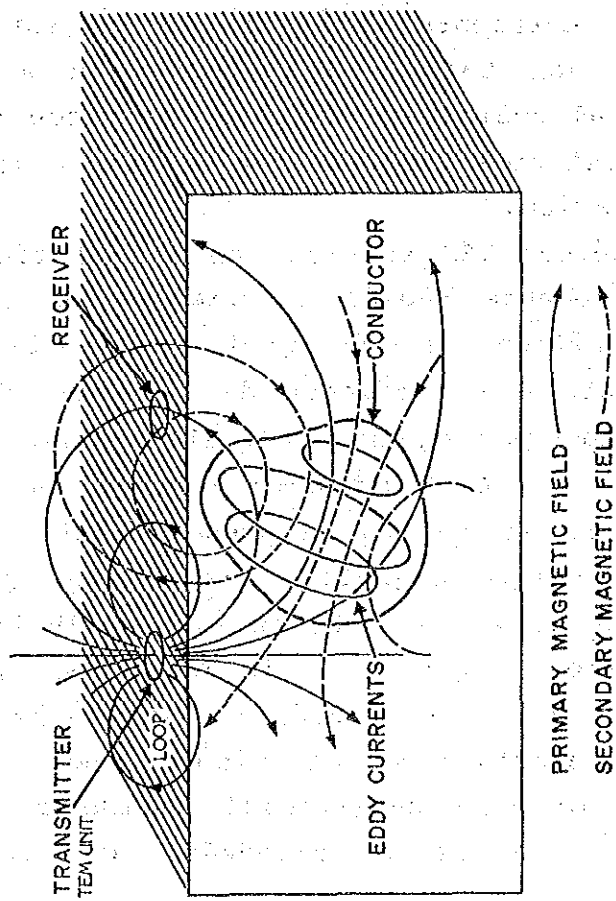
Tiene por objeto aclarar la estructura de la resistividad, mediante el método TEM, de toda el área de la plataforma de Tizapa, así como orientar nuevamente las actividades posteriores de exploración en esta zona.

##### (2) Características del método TEM

El método TEM (método electromagnético transitorio) es un tipo de exploración eléctrica que utiliza las resistividades, al igual que el método Schumberger y el método MT (método CSAMT) que se utilizan ampliamente, en el cual se mide como la función del tiempo la respuesta que varía de acuerdo con la estructura de la resistividad.

En principio, la corriente del tipo de impulso circula en el bucle de transmisión, como se muestra en la Figura II-1-11, y luego la corriente se interrumpe, mediante lo cual se produce una corriente inducida (corriente parásita) en la estructura subterránea, provocando una tensión transitoria en el campo magnético secundario, y al medir esta voltaje, se puede suponer la estructura de la resistividad subterránea en base a la forma de la curva de desintegración.

Las ventajas del método TEM estriban en que el tiempo de medición es significativamente rápido en comparación con los demás métodos electromagnéticos de dominio de frecuencia debido a que se limita solamente a la medición de la señal de unos cientos ms solamente (como por ejemplo, en el sistema SIROTEM utilizado esta vez, era de 161.3 ms como máximo) Ya que la sensibilidad con respecto al cuerpo de baja resistividad es alta porque se mide el campo magnético secundario, pues no existe el campo magnético primario, gracias a la posibilidad de medir el fenómeno transitorio después de la interrupción de la corriente de transmisión, así como también la ventaja reside en que la medición no se ve afectada por el ruido geológico que se encuentra alrededor de la capa superficial debido a que la corriente parásita que se halla alrededor de la capa



Schematic diagram of TEM operation

Fig. II-1-11 Principio de Medición de por el Método TEM, Area Tizapa

superficial se desvanece primero junto con el transcurso del tiempo.

En cuanto a la configuración de la medición, se han planeado unos tipos, tal como se muestra en la Figura II-1-12, dentro de los cuales se ha adoptado el método del bucle de coincidencia. Este sistema posee ciertos problemas pues los bucles se deben instalar para cada punto de estación, lo cual presenta problemas en la operabilidad, pero se dice que el resultado del análisis por este sistema tiene la más alta confiabilidad debido a que la transmisión y la recepción se pueden efectuar en el mismo punto del sitio.

### (3) Especificaciones de los equipos de medición

La investigación de esta vez empleó la configuración del bucle de coincidencia, por lo tanto el equipo utilizado en ésta es SIROTEM II SE solamente. A continuación se muestran sus especificaciones.

#### . Transmisor

On time = Off time

Rechazo de 50 Hz 10 msec. - 180 msec.

Rechazo de 60 Hz 8.3 msec. - 183.3 msec.

Corriente máxima 10 A (24 V)

#### . Receptor

No. de canales 10 - 64

Tiempo de muestreo  $49\mu$  seg. - 161.3 msec.

Ruido del instrumento Menor que 20 nV

Rechazo atmosférico: 25, 50, 100, 200, 400,

800% seleccionable

Impresor incorporado

#### . Dimensiones y peso

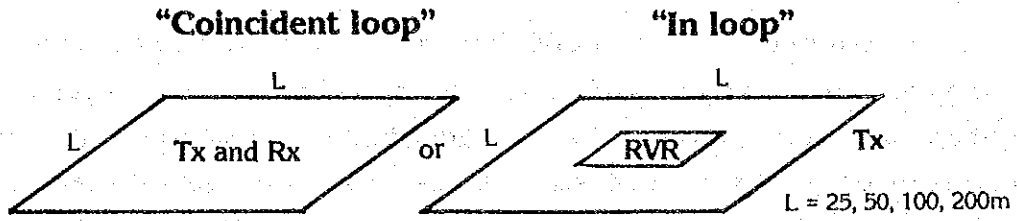
46 x 34 x 27 cm, 12.5 kg

### (4) Método de investigación

La Figura II-1-13 muestra el diagrama de las posiciones de medición. El número total de puntos de estaciones es de 202, cada uno de los mismo se ha colocado en forma de rejilla a una distancia de 100 m y 200m dentro de un área de 4 km<sup>2</sup> por toda la plataforma de Tizapa y su parte norte.

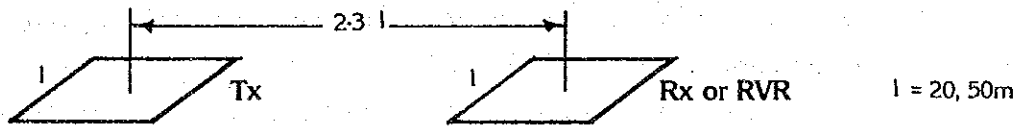
**Some of the common configurations**

**COAXIAL LOOP GEOMETRY**



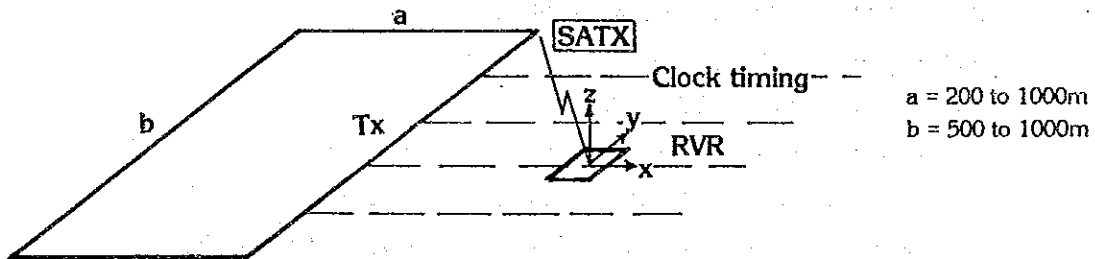
Advantages: Convenient, strong signals, no blind zones  
 Disadvantages: Complex anomaly shape

**SEPARATED MOVING LOOPS**



Advantages: Less confusing anomaly shape  
 Disadvantages: Weaker signals. Less convenient.

**LARGE FIXED LOOP GEOMETRY**



Advantages: Reduced rate of fall-off. Constant source field.  
 Disadvantages: Blind zones. Dependant on location of Tx.

**DOWNHOLE**

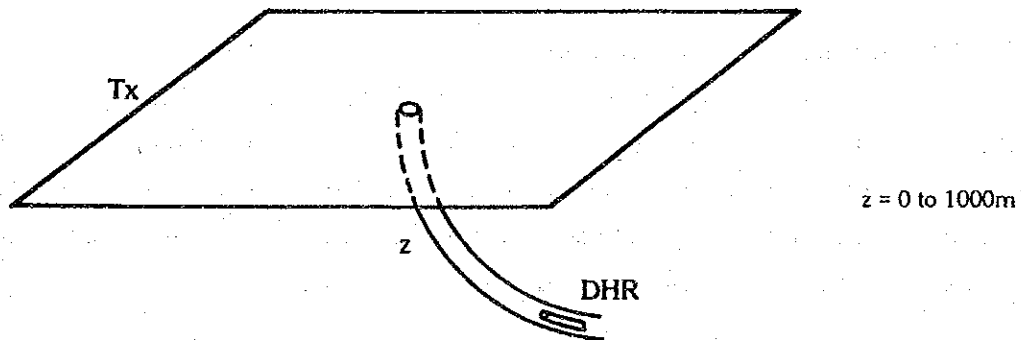


Fig. 11-1-12 Configuración de Medición por el Método TEM, Area Tizapa



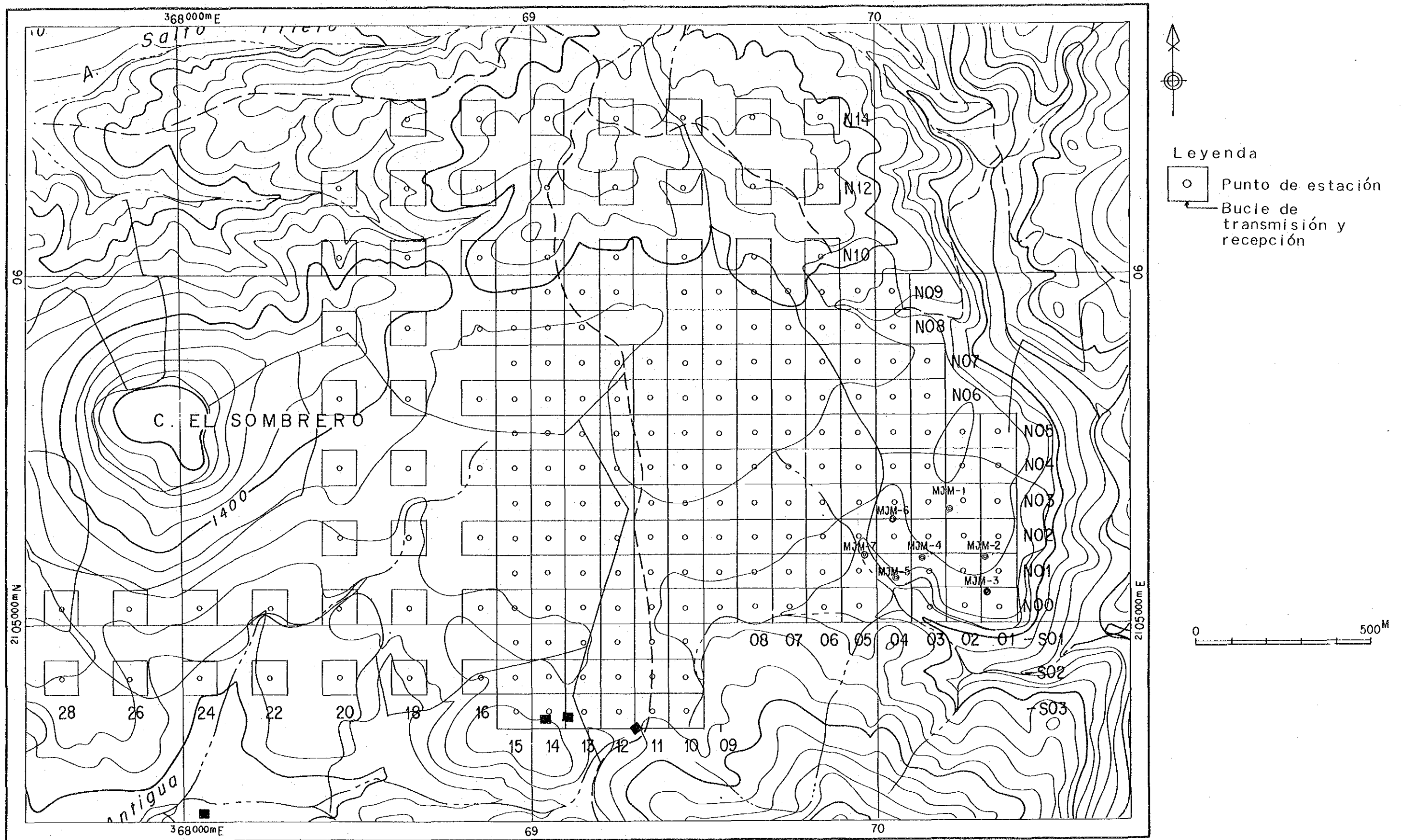


Fig. II-1-13 Diagrama de las Posiciones Medidas por el Método TEM, Area Tizapa



En cuanto al sistema de medición se ha empleado la configuración de bucle de coincidencia mediante la cual la transmisión y la recepción se realizan por un cable idéntico. Con respecto al tamaño del bucle de transmisión, se ha empleado el de 100 metros de diámetro, de acuerdo con el hecho de que la profundidad de la investigación objetiva de esta exploración se ha fijado igual a 300 metros. Se ha utilizado una corriente de 5.0 a 5.5 A (24 V) con un ciclo de trabajo del 50% de onda rectangular (turn off time = tiempo de puesta en OFF 133  $\mu$  s). Esta corriente ha circulado de acuerdo con el tiempo de muestreo que se indica en la Tabla II-1-19 y hemos medido el voltaje de desintegración después de la interrupción de la corriente. El sistema SIROTEM que hemos utilizado esta vez puede seleccionar dos tipos de tiempo de muestreo, es decir el tiempo estándar y el tiempo anticipado (early time), pero básicamente la medición se ha realizado mediante el tiempo estándar, en base a la profundidad de esta investigación, y los datos del tiempo anticipado también se han logrado como referencia. El número de apilamiento era igual a 256 ó 512.

Para la realización de la medición se formaron dos equipos, es decir el equipo de apeo y el de medición, adelantándose el apeo a la medición. El equipo de medición elaboró con anticipación 4 cables de 100m de longitud y los instaló en las direcciones sur, norte, este y oeste utilizando un compás de bolsillo y luego comenzó la medición colocando los equipos de la medición adecuadamente en cada punto. La duración de medición era de unos 10 minutos para cada punto y el tiempo de traslado y el tiempo de instalación eran de unos 10 minutos en los lugares en buenas condiciones, pero en algunos puntos de estación se tardó aproximadamente una hora en las zonas con muchos árboles o con una pendiente empinada. Por consiguiente la eficiencia de la medición era aproximadamente igual a 12 ó 13 estaciones por día.

En cuanto al ruido, no había ningún sitio que fuera fuente de ruido, además de la estabilidad del clima, el ruido no afectó casi nada la medición, por lo tanto pudimos conseguir datos con una alta confiabilidad y reproductividad.



Tabla 11-1-19 Tiempo de Muestreo de SIROTEM (mS), Area Tizapa

CHANNEL	START	MIDDLE	END	CHANNEL	START	MIDDLE	END
1	0.315	0.487	0.659	1	0.825	0.849	0.874
2	0.787	0.879	1.051	2	0.874	0.898	0.123
3	1.099	1.271	1.443	3	0.123	0.147	0.172
4	1.451	1.663	1.835	4	0.172	0.196	0.221
5	1.883	2.055	2.227	5	0.221	0.245	0.270
6	2.279	2.643	3.011	6	0.270	0.319	0.368
7	3.059	3.427	3.795	7	0.368	0.417	0.465
8	3.843	4.211	4.579	8	0.465	0.515	0.564
9	4.627	4.995	5.363	9	0.564	0.613	0.652
10	5.411	5.779	6.147	10	0.652	0.711	0.760
11	6.195	6.955	7.715	11	0.760	0.858	0.955
12	7.763	8.523	9.283	12	0.955	1.054	1.152
13	9.331	10.091	10.851	13	1.152	1.250	1.348
14	10.899	11.659	12.419	14	1.348	1.446	1.544
15	12.467	13.227	13.987	15	1.544	1.642	1.740
16	14.035	15.579	17.123	16	1.740	1.936	2.132
17	17.171	18.715	20.259	17	2.132	2.328	2.524
18	20.307	21.851	23.395	18	2.524	2.720	2.916
19	23.443	24.987	26.531	19	2.916	3.112	3.308
20	26.579	28.123	29.667	20	3.308	3.504	3.700
21	29.715	32.827	35.939	21	3.700	4.092	4.484
22	35.987	39.099	42.211	22	4.484	4.876	5.268
23	42.259	45.371	48.483	23	5.268	5.660	6.052
24	48.531	51.643	54.755	24	6.052	6.444	6.836
25	54.803	57.915	61.027	25	6.836	7.228	7.620
26	61.075	67.323	73.571	26	7.620	8.494	9.188
27	73.619	79.867	86.115	27	9.188	9.972	10.755
28	86.163	92.411	98.659	28	10.755	11.540	12.324
29	98.707	104.955	111.203	29	12.324	13.108	13.892
30	111.251	117.499	123.747	30	13.892	14.676	15.460
31	123.795	136.315	148.835	31	15.460	17.028	18.595
32	148.883	161.403	173.923	32	18.595	20.164	21.732

(5) Método de análisis

(a) Proceso de datos

Las señales obtenidas mediante el SIROTEM II SE se procesan a dentro del equipo de medición y el valor de voltaje en cada momento normalizado por el valor de la corriente, así como el valor de la resistividad aparente obtenido por la fórmula de cálculo siguiente (Kaufman, A.A y Keller, G.V. 1983) se entregan por el impresor incorporado.

$$\rho_a = 6.32 \times 10^{-12} \times b^{8/3} \times (V/I)^{-2/3} \times t^{-5/3} \quad (1)$$

Donde,  $\rho_a$  representa el valor de la resistividad aparente (ohmios·m), y 'b' el diámetro del bucle (m), V/I el voltaje recibido (voltios/amp) y 't' señala el tiempo (segundos).

Sin embargo ésta es una fórmula que representa la etapa denominada 'etapa tardía' = late stage, en la cual la corriente parásita se va disipando y disminuyendo en forma casi uniforme, y debe satisfacer las siguientes condiciones.

$$t > 1,19 \times 10^{-3} \times b^2 \times r^{-1} \text{ milisegundos} \quad (2)$$

El tiempo estándar establecido en el SIROTEM II SE satisface casi completamente esta condición. En esta fórmula, 'r' representa la resistividad del medio (ohmiosim).

Se hace la salvedad de que la fórmula antes mencionada se basa en la premisa de que la corriente de transmisión tiene una forma de impulso ideal. En la realidad, debido a la resistencia propia del cable o a la inductancia del mismo, tarda un poco de tiempo en poder interrumpir completamente la corriente (tiempo de puesta en OFF = turn off time). Por consiguiente, con el fin de poder eliminar la influencia del tiempo de puesta en OFF, se realizó una compensación del valor de resistividad aparente (Fitterman, D.V. y Anderson, W.L., 1987).

$$\rho_a \text{ (compensado)} = \rho_a \times ((2t/3t_0) [(1-t_0/t)^{-2/3} - 1])^{2/3}$$

En donde ' $t_0$ ' representa el tiempo de puesta en OFF.

Utilizando este valor de resistividad aparente, se deduce primero el valor de resistividad aparente para cada tiempo (canal 1, canal 5, canal 10 y canal 15) sobre el diagrama topográfico, para elaborar el plan de la resistividad aparente en el cual se dibujan las curvas de resistividad aparente equivalente. En el método TEM se mide el fenómeno en el que la corriente parásita generada alrededor de la capa superficial, cuando se interrumpe la corriente en el bucle, penetra hacia la parte profunda, pero como la corriente parásita que se encuentra alrededor de la capa superficial se atenúa primero, es de suponer que el registro del tiempo tardío refleja más la información de la parte profunda. Por lo tanto mediante este plan de resistividad aparente, se puede comprender cualitativamente la distribución planeal de la resistividad del conjunto de la zona investigada a una cierta profundidad.

En segundo lugar, se elaboró la sección de resistividad aparente, en la que se dibujó la curva de resistividad aparente equivalente, escribiendo se los valores de la resistividad aparente en los puntos de estación a lo largo de la línea de sección en el orden en que el tiempo sea más prematuro.

Esto es un tipo de pseudo-sección por la razón antes mencionada, que puede presentar una información cualitativa de profundidad.

#### (b) Análisis cuantitativo

Con respecto al análisis, se ha utilizado un programa denominado "NLSTCI" que se desarrolló en USGS en el cual se utiliza el método analítico inverso en el que se supone que la estructura subterránea es una de las capas multihorizontales y se comparan los datos calculados con los realmente medidos en el sitio y se repite el cálculo hasta que estos datos coinciden con los otros y la estructura de capas multihorizontales que tenga más coincidencia se considera como el modelo óptimo de la estructura subterránea del sitio de medición. Los datos utilizados en el análisis inverso son los datos de tiempo estándar y los canales 5, 7, 8 y 10 de tiempo anticipado.

En base al resultado obtenido en el análisis inverso, se representan gráficamente los valores de la resistividad para cada profundidad de 0 m, 100 m, 200 m y de 300 m desde la superficie de la tierra y se dibuja la curva de la resistividad equivalente para elaborar el plan de la estructura de resistividad. Luego se elabora la sección de la estructura de resistividad en la misma sección que la sección de la resistividad aparente. Este es un diagrama que representa la estructura de la resistividad subterránea, en el que los modelos de la estructura de capas multihorizontales obtenidos en el análisis inverso se colocan gráficamente a una profundidad calculada desde la superficie de la tierra, conectados los modelos multihorizontales que tengan aproximadamente los mismos valores de resistividad. Además, como la configuración de distribución de las capas de baja resistividad sirve como información útil para las actividades de exploración en esta zona, las profundidades superficiales y las inferiores se han dibujado gráficamente sobre el plan para elaborar los diagramas de distribución de la profundidad superficial de baja resistividad, así como de la profundidad inferior de baja resistividad, los cuales se han destinado a la consideración de la investigación.

#### (6) Análisis de la investigación

##### (a) Plan de resistividad aparente

En las Figuras II-1-14 a II-1-17, se muestran los planes de resistividad aparente a  $t = 0.515, 2.055, 5.779$  y  $13.227$  ms. A continuación se aclaran las características de cada uno de ellos.

( $t = 0.515$  ms)

Se muestra la resistividad aparente a 30 - 100 ohmios·m. En contraste con que en la parte central de la plataforma de Tizapa están distribuidas las zonas de alta resistividad aparente de 80 a 100 ohmios·m, en las partes noroeste y sur de la zona investigada, están distribuidas las zonas de mediana resistividad aparente de un poco menos de 50 ohmios·m. Por lo tanto es de suponer que la resistividad aparente de 30 a 100 ohmios·m que se encuentra en la parte más al sur que el punto

No. 8 refleja los basaltos existentes comúnmente en la plataforma de Tizapa. Por otra parte, la zona del esquisto que se encuentra en la parte más al norte de la plataforma de Tizapa muestra también más o menos los mismos valores.  
( $t = 2.005$  ms)

Al comparar con el plan de resistividad aparente antes mencionado, no se reconoce casi nada el cambio de los valores de resistividad aparente en la parte norte de la zona investigada, siendo los mismos de 30 m a 70 ohmios·m. Por otra parte, en la plataforma de Tizapa, el valor de resistividad aparente es bajo, estando distribuidos ampliamente los valores de 30 ohmios·m y especialmente en la parte sur de la zona investigada, se encuentran distribuidas las zonas que tienen una baja resistividad aparente de menos de 20 ohmios·m. Las zonas de resistividad aparente de más de 50 ohmios·m se observan en la parte sudoeste. En cuanto al primero, es de suponer que el estrato de grafito existe latente y ampliamente en la zona investigada y con respecto al segundo, es de suponer que el mismo corresponde al esquisto de sericita o el esquisto clorítico que se encuentran en el estrato más bajo.

( $t = 5.779$  ms)

La distribución de la resistividad aparente en la parte norte no presenta mucho cambio, siendo el valor de 30 a 60 ohmios·m. En la plataforma de Tizapa, el valor de resistividad aparente disminuye aún más. Especialmente en la parte más al sur que la línea de medición No.5, se encuentran muchas zonas con una resistividad aparente de menos de 20 ohmios·m, mostrando una tendencia a alargarse en la dirección del oeste-sudoeste. También las zonas de menos de 10 ohmios·m se observan localmente en una parte del lado sur de la zona investigada. La distribución de la alta resistividad aparente en los extremos sudoestes muestra una tendencia a ampliarse.

( $t = 13.227$  ms)

La zona de 20 ohmios·m presenta una tendencia a ensancharse más hacia el lado nordeste, estando distribuidas las zonas de baja resistividad aparente de menos de 10



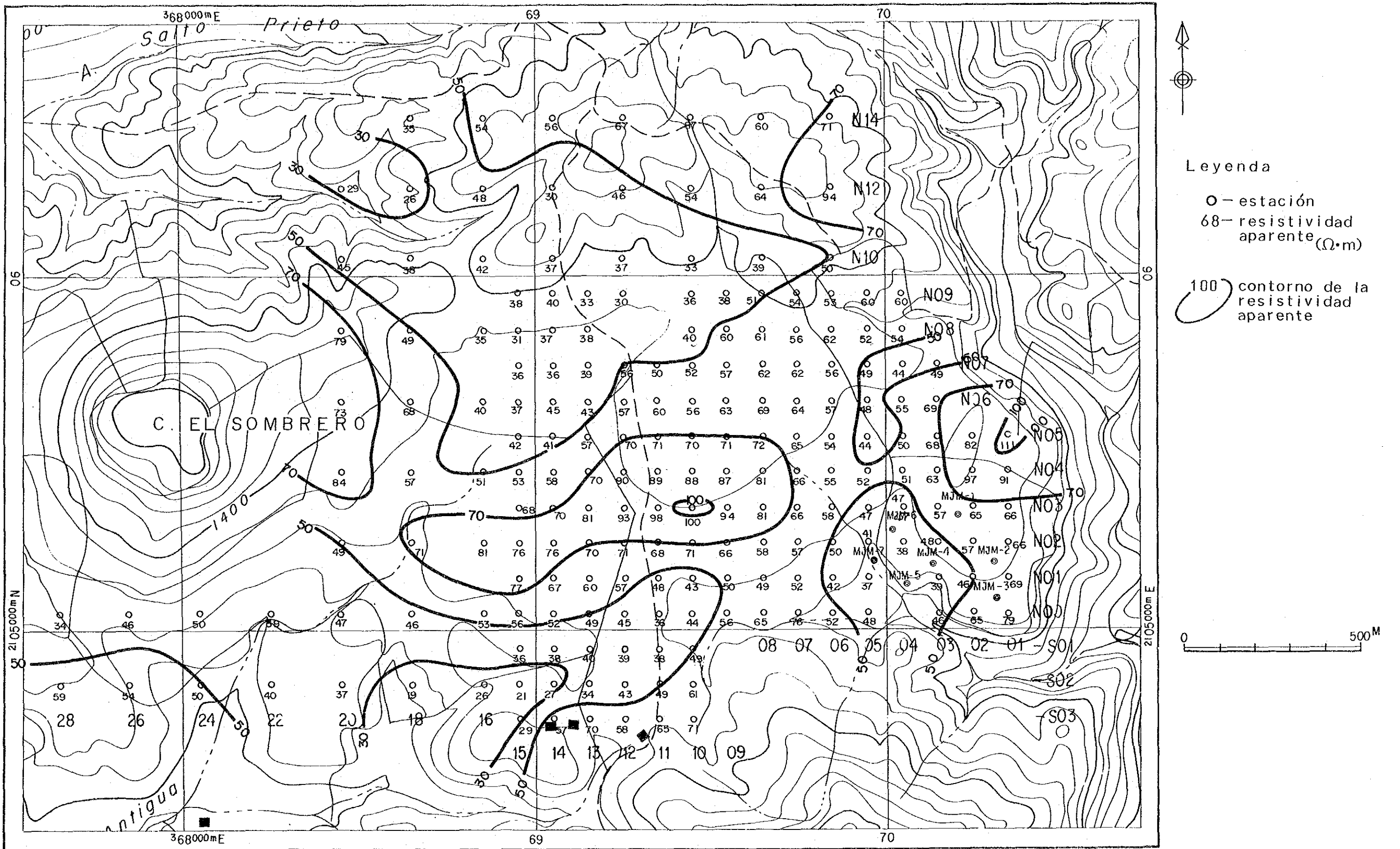


Fig. II-1-14 Plan de la Resistividad Aparente( $t=0.515mS$ ), Area Tizapa

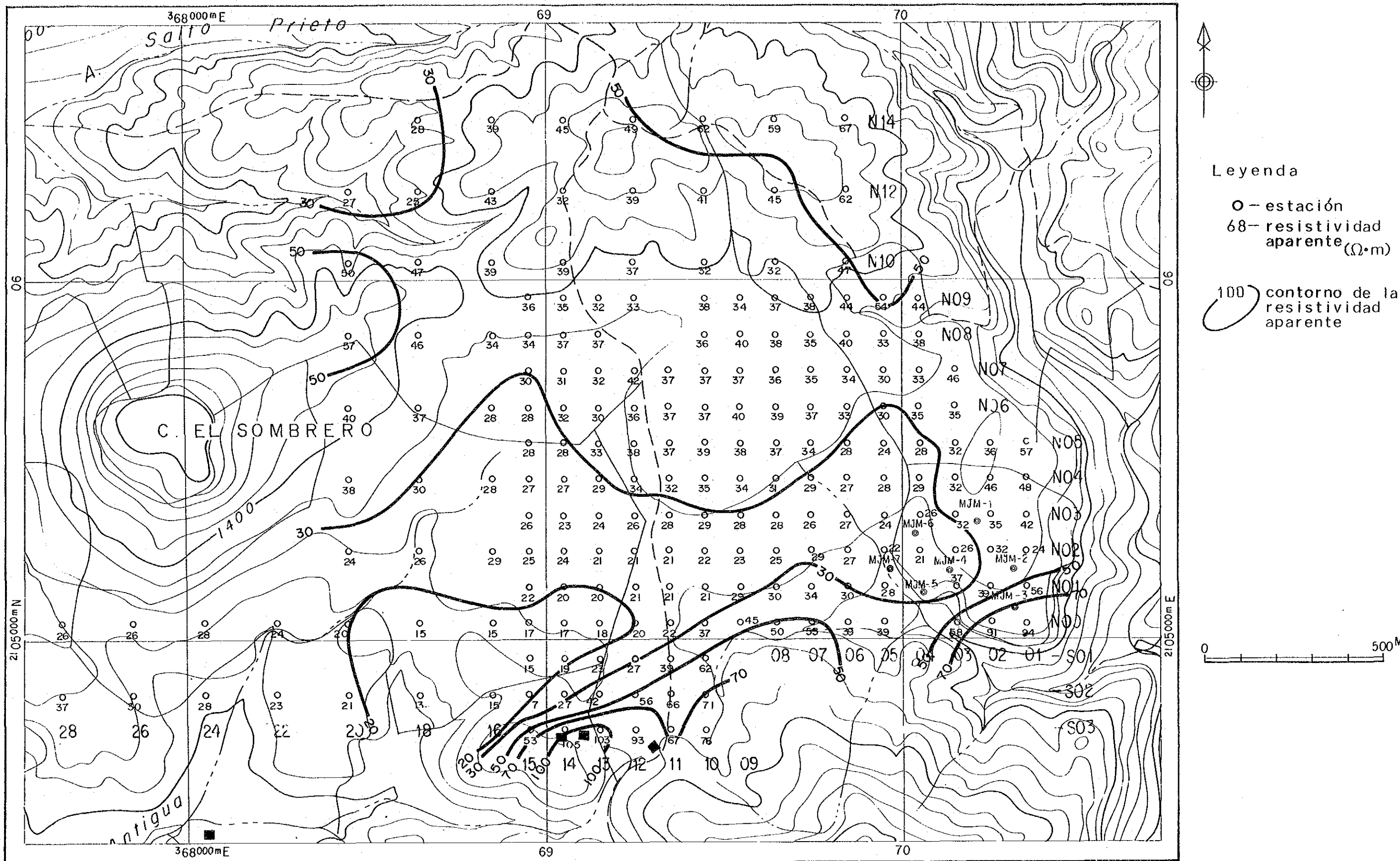


Fig. II-1-15 Plan de la Resistividad Aparente( $t=2.055mS$ ), Area Tizapa



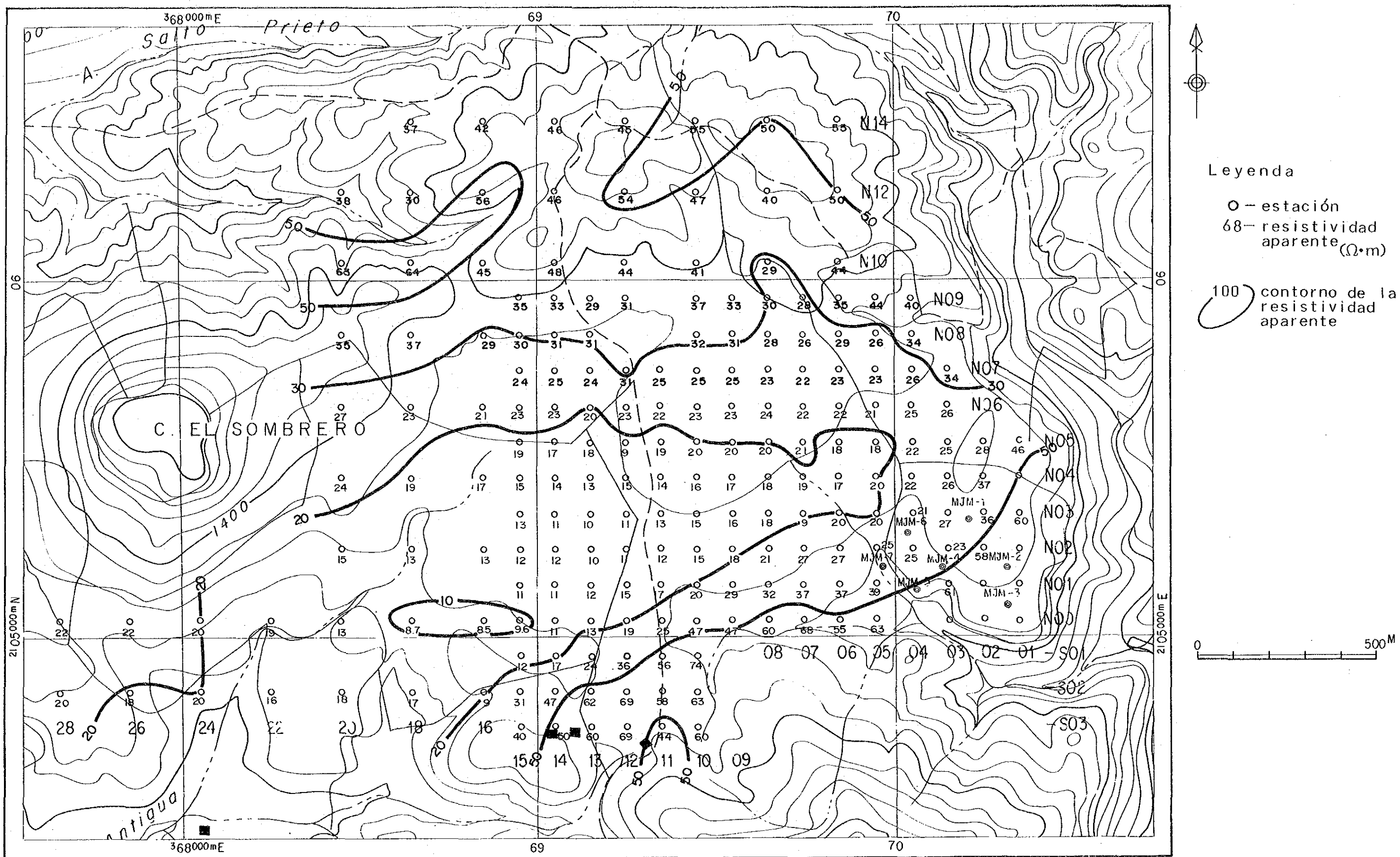


Fig. II-1-16 Plan de la Resistividad Aparente(t=5.779mS), Area Tizapa

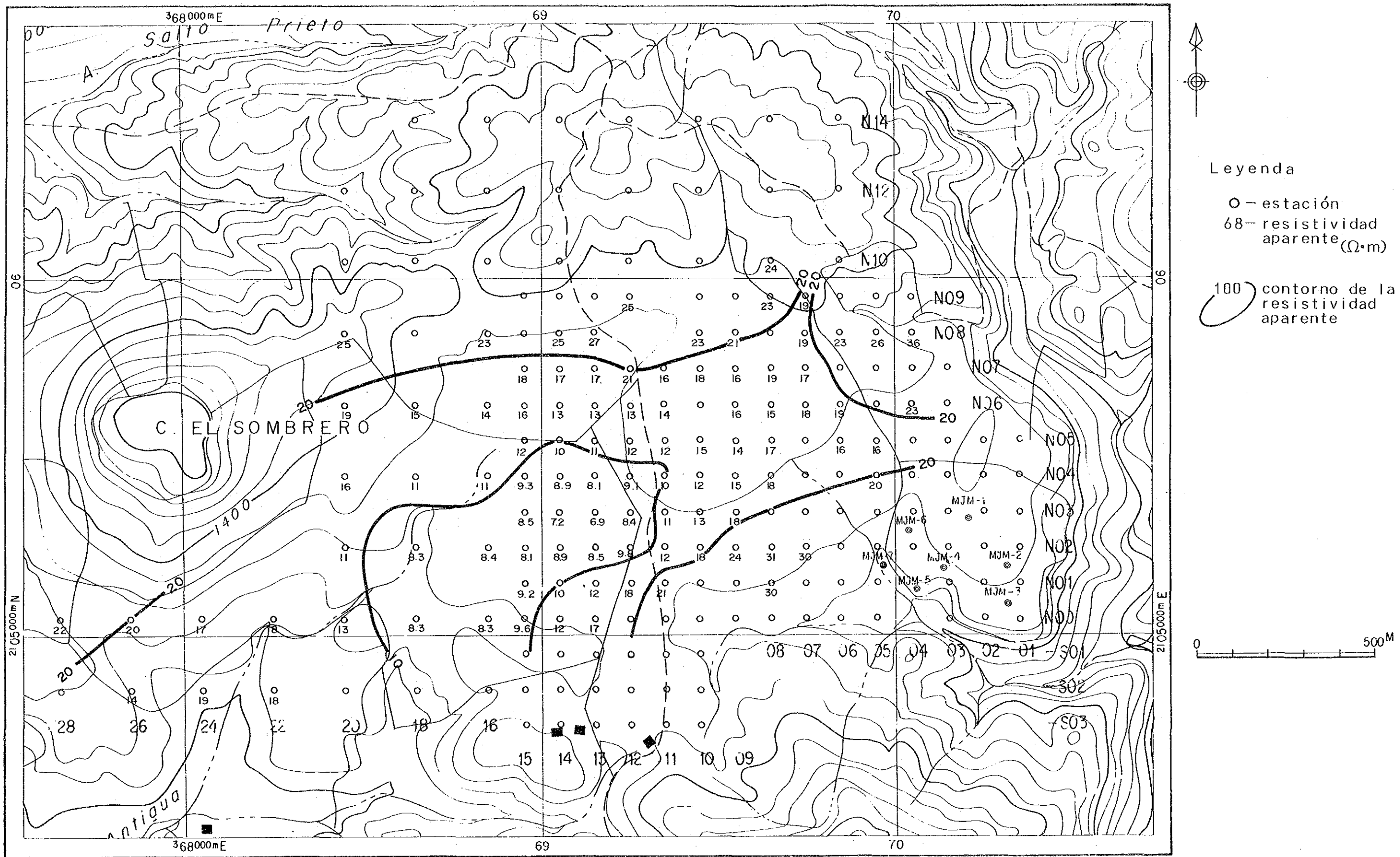


Fig. II-1-17 Plan de la Resistividad Aparente( $t=13.227mS$ ), Area Tizapa



ohmios·m desde la parte central de la zona investigada hacia una parte del lado sur. En las partes norte, y sudeste y en el extremo sur de la zona investigada, los valores no están escritos, esto significa que se ha alcanzado el nivel de ruido en este tiempo debido a que la atenuación de la señal es rápida porque se observan valores de alta resistividad aparente en estos puntos.

(b) Sección de resistividad aparente

Las Figuras II-1-18 y II-1-34 muestran las secciones de resistividad aparente en la sección de este-oeste y en la de sudeste-noroeste. A continuación se explican las características de cada sección.

(Sección de la línea de medición S03)

Se observan las zonas con una resistividad aparente relativamente alta de unos 80 ohmios·m en la zona alrededor de los puntos de estación 10 a 14 y existe una tendencia a que en el lado del tiempo tardío (lado de la parte profunda) de la estación 11, la resistividad disminuya, pero en todo caso muestra una distribución de menor cambio. Por otra parte, en cuanto a la estación 15, se observa un valor un poco bajo de unos 30 ohmios·m en el tiempo anticipado (la parte menos profunda).

(Sección de la línea de medición S02)

Se observa una diferencia en la distribución de resistividad aparente desde la estación 14. Es decir, en el lado este se encuentran las zonas con una resistividad aparente de unos 40 a 60 ohmios·m, en contraste con lo cual en el lado oeste se distribuyen ampliamente las zonas de baja resistividad de menos de 20 ohmios·m, mostrando una tendencia a alargarse en el lado del tiempo tardío hacia el lado oeste. Se muestran los valores de resistividad en la parte del tiempo anticipado, de unos 20 ohmios·m, siendo observados en ambos lados de 30 a 50 ohmios·m.

(Sección de la línea de medición S01)

Esta sección muestra una distribución casi igual a la de S02, mostrando una tendencia a que la zona de baja resistividad se amplíe hacia el lado oeste de la línea de medición.

(Sección de la línea de medición N00)

Desde el lado este hacia la estación 12, se reconoce un cambio paulatino en la distribución de resistividad aparente. Las zonas de baja resistividad de menos de 20 ohmios·m, están distribuidos ampliamente por todo el área salvo la parte del tiempo anticipado que está más oeste que la estación 12, mostrando una tendencia a que dicha zona de baja resistividad desaparezca alrededor de la estación 26. Por otra parte, se puede observar un valor de 30 a 60 ohmios·m en la parte del tiempo anticipado.

(Sección de la línea de medición N01)

La zona de baja resistividad aparente se extiende hacia el tiempo tardío del lado oeste, reconociéndose todavía una gran diferencia en la distribución de resistividad aparente con el lado este.

(Sección de la línea de medición N02)

Existe una tendencia a que la zona de baja resistividad se amplía más, caracterizándose por la distribución amplia de la zona de menos de 10 ohmios·m desde la estación 12 al canal 10 de la estación 18. En la parte del tiempo anticipado, se observa una resistividad de unos 40 a 70 ohmios·m.

(Sección de la línea de medición N03)

Se reconoce una tendencia igual a la sección de la línea de medición N02, pero la zona de 20 ohmios·m se extiende un hacia el lado este.

(Sección de la línea de medición N04)

La zona de baja resistividad aparente de menos de 20 ohmios·m se extiende hacia el lado este, estando distribuidas ampliamente las zonas desde la estación 5 al canal 7. Se reconoce un desplazamiento de la zona de menos de 10 ohmios·m hacia el lado del tiempo tardío en unos 2 canales, al comparar con la línea de medición N03. En todos los puntos de la parte del tiempo anticipado, se observan valores de unos 50 a 80 ohmios·m.

(Sección de la línea de medición N05)

Se muestra una distribución igual a la sección de la línea de medición N04, pero se reconoce un pequeño desplazamiento

hacia el lado del tiempo tardío, de la zona de baja resistividad aparente de menos de 20 ohmios·m. Existe una tendencia a que la zona de menos de 10 ohmios·m se desplace hacia el lado oeste, siendo pequeña su magnitud.

(Sección de la línea de medición N06)

Se observa un deslizamiento tanto de la zona de menos de 10 ohmios·m como de la zona de menos de 20 ohmios·m, de aproximadamente 3 canales al lado del tiempo tardío (canal 11) desde la línea de medición N05. Especialmente la zona de menos de 10 ohmios·m está distribuida solamente a partir del canal 19 de las estaciones 14 a 16. En contraste con el valor de 30 a 40 ohmios·m en las estaciones 13 a 16 en la parte del tiempo anticipado, se destacan los valores de resistividad de aproximadamente 50 a 60 ohmios·m en las demás estaciones.

(Sección de la línea de medición N07)

Desaparecen las zonas de menos de 10 ohmios·m y a partir del canal 13 se observan las zonas de 20 ohmios·m en la parte más al oeste que la estación 5 salvo la estación 12.

(Sección de la línea de medición N08)

La zona de menos de 20 ohmios·m se encuentra sólo en la parte del tiempo tardío de la estación 9, y en todas las estaciones las zonas de resistividad aparente de unos 30 a 40 ohmios·m son dominantes desde el tiempo anticipado al tiempo tardío.

(Sección de la línea de medición N09)

Se observa una simple distribución de 30 a 40 ohmios·m en toda el área salvo la estación 7. Se reconoce una zona de menos de 20 ohmios·m en la parte del tiempo tardío de la estación 7.

(Sección de la línea de medición N10)

Aumenta más la tendencia a la alta resistividad aparente, destacando se la distribución de 40 a 60 ohmios·m salvo la estación 8. Se observa un valor aproximado de 30 ohmios·m en el lado del tiempo anticipado.

(Sección de la línea de medición N12)

Se observa una distribución igual a la de la línea de medición N10, estando distribuidas ampliamente las zonas de 40

a 60 ohmios·m, pero en la parte del tiempo anticipado del lado este se observan los valores de 50 a 80 ohmios·m y en el tiempo anticipado del lado oeste, se observan valores de 20 a 30 ohmios·m.

(Sección de la línea de medición N14)

En general se destacan las zonas de 50 a 60 ohmios·m, pero existe una tendencia a disminuir en dirección al oeste, observándose en la estación 18 valores de unos 30 ohmios·m desde la parte del tiempo anticipado al tiempo tardío.

(Sección noroeste - sudeste)

Se reconoce un gran cambio en la distribución de la resistividad aparente desde el punto N0810. Es decir, en el lado sudeste se destacan las zonas de baja resistividad aparente de unos 20 a 30 ohmios·m, en contraste con la observación de una alta resistividad aparente en la parte sudeste extrema, estando distribuidas continuamente hacia el lado del tiempo tardío, sin embargo en el lado noroeste se observa una distribución casi uniforme de unos 30 a 50 ohmios·m.

(c) Plan de la estructura de resistividad

En las Figuras II-1-35 a II-1-38 se muestran los planes de la estructura de resistividad a una profundidad de 100, 200 y 300 metros elaborados en base al resultado del análisis inverso. A continuación se explican las características de cada plan.

(Capa superficial)

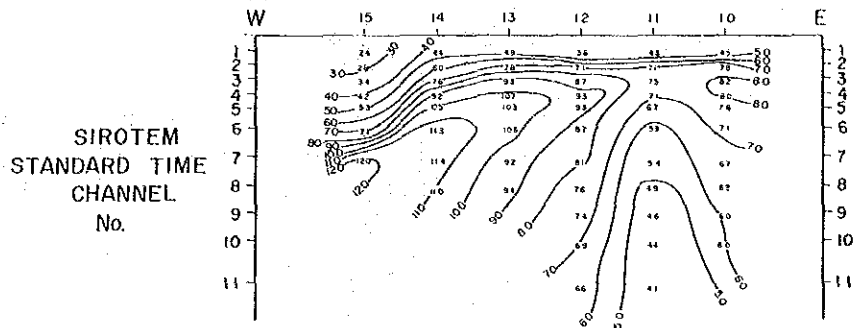
De acuerdo con el plan de resistividad aparente a 0.515 ms antes mencionado, se observa un valor de resistividad de 50 a unos mil ohmios·m.

Esto se debe al basalto que cubre uniformemente la plataforma de Tizapa o a los esquistos que están distribuidos en la parte norte de la plataforma.

(100 m de profundidad)

Junto con una tendencia a que se destacan las zonas de alta y mediana resistividad, están distribuidas las zonas de baja resistividad de menos de 20 ohmios·m en el lado sur de la plataforma, así como en el lado oeste de la misma.

(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

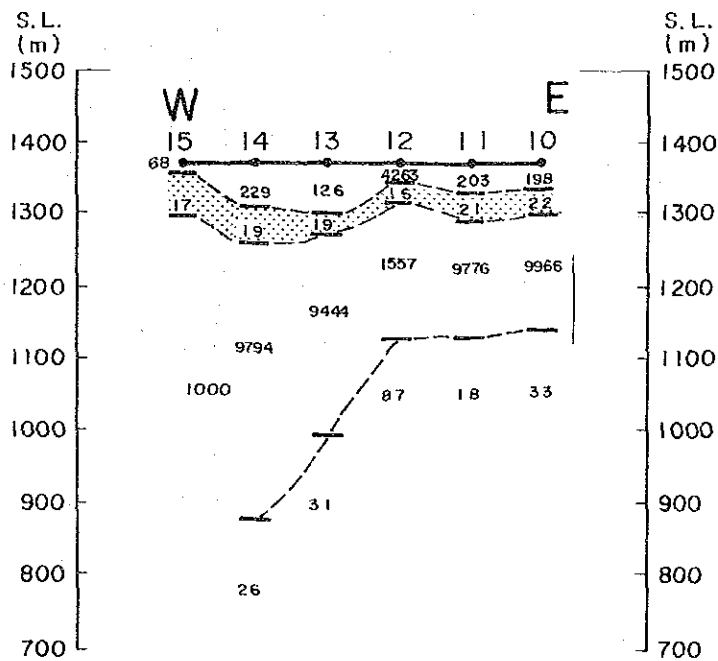


Fig. 11-1-18 Sección de la Línea de Estación S03, Area Tizapa



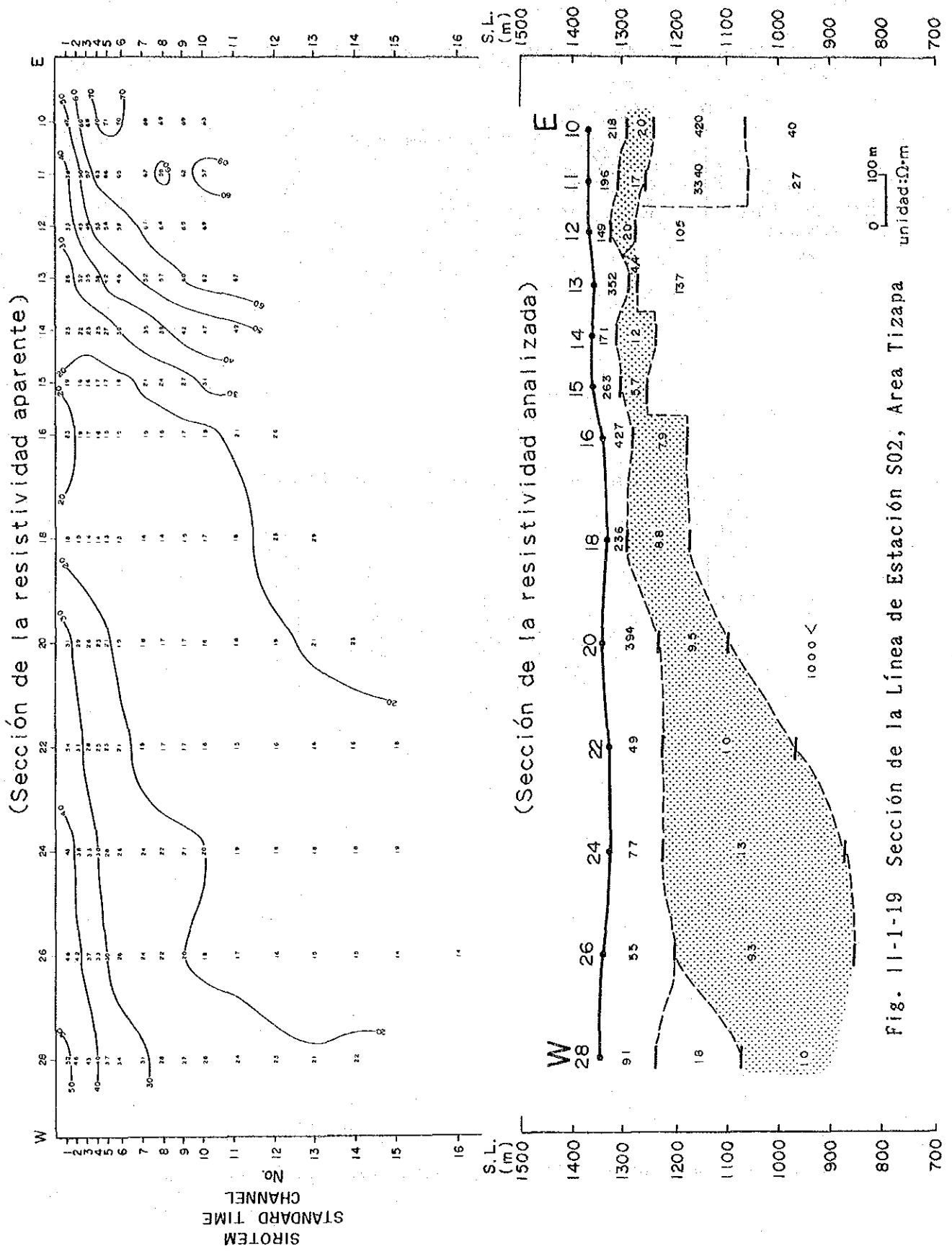
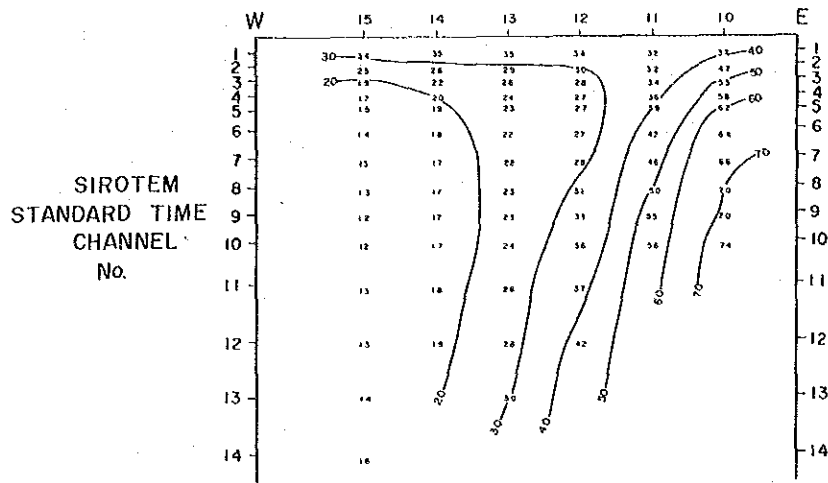


Fig. 11-1-19 Sección de la Línea de Estación S02, Area Tizapa

(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

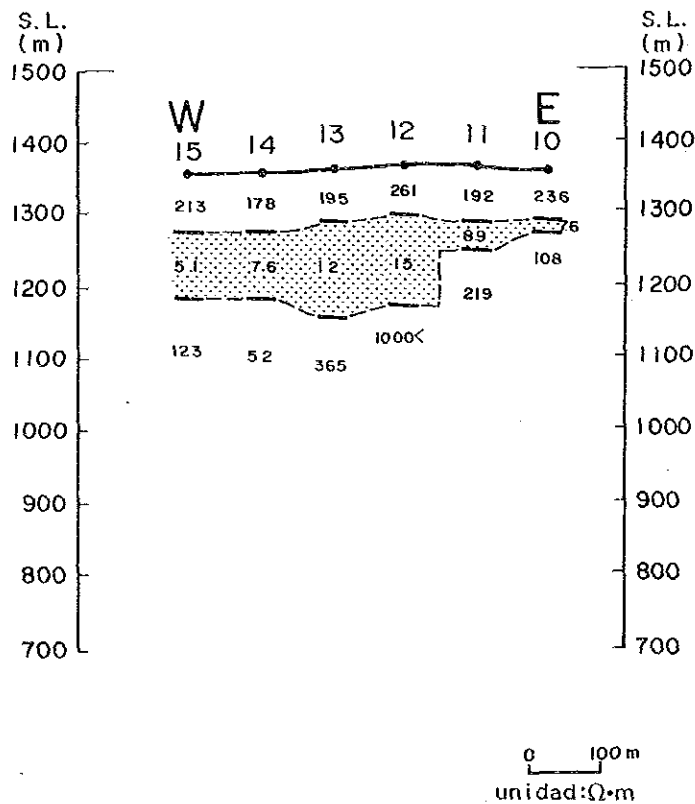
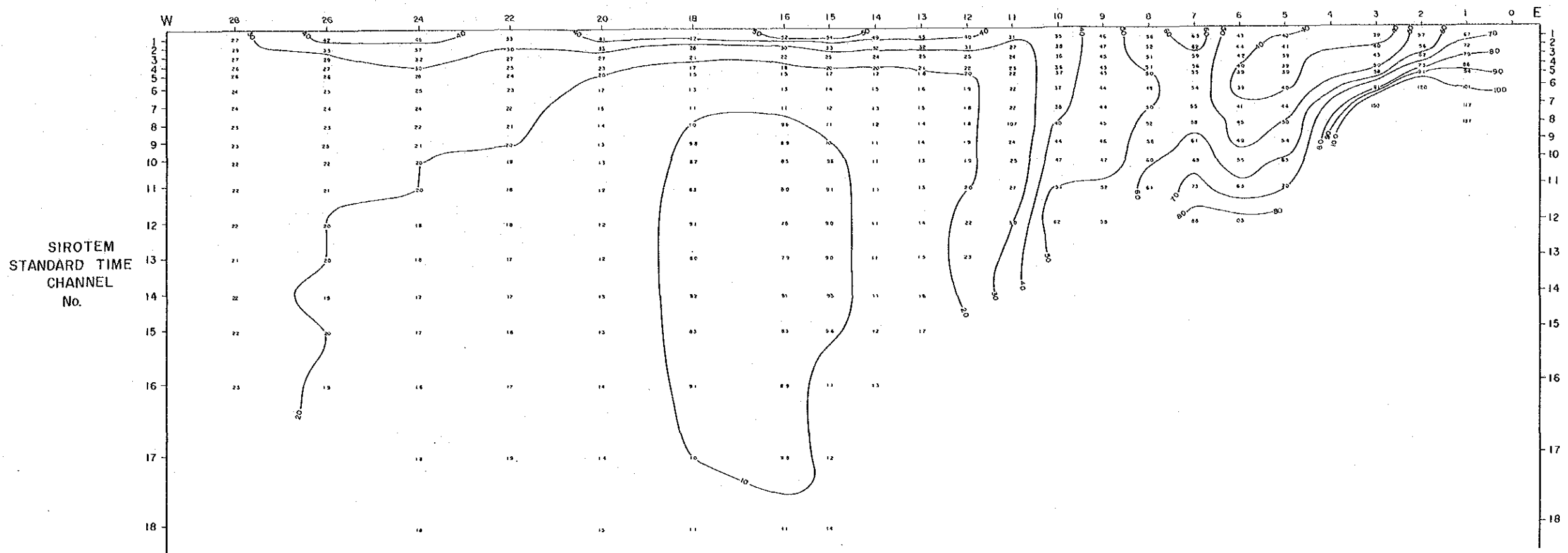


Fig. II-1-20 Sección de la Línea de Estación S01, Area Tizapa





(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

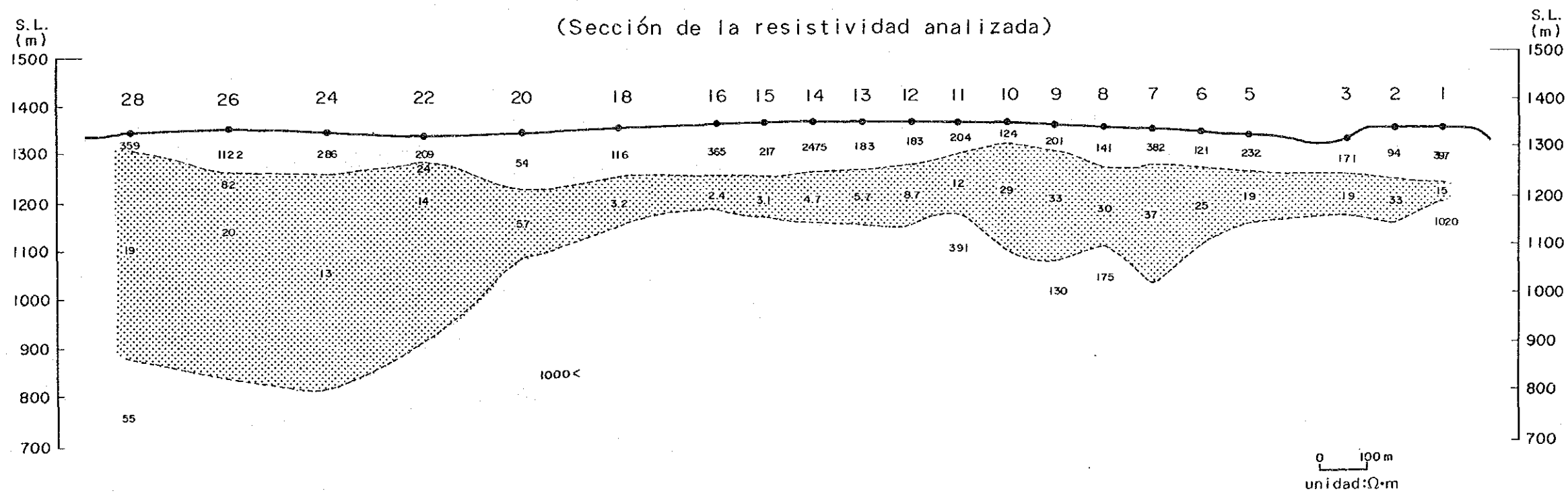
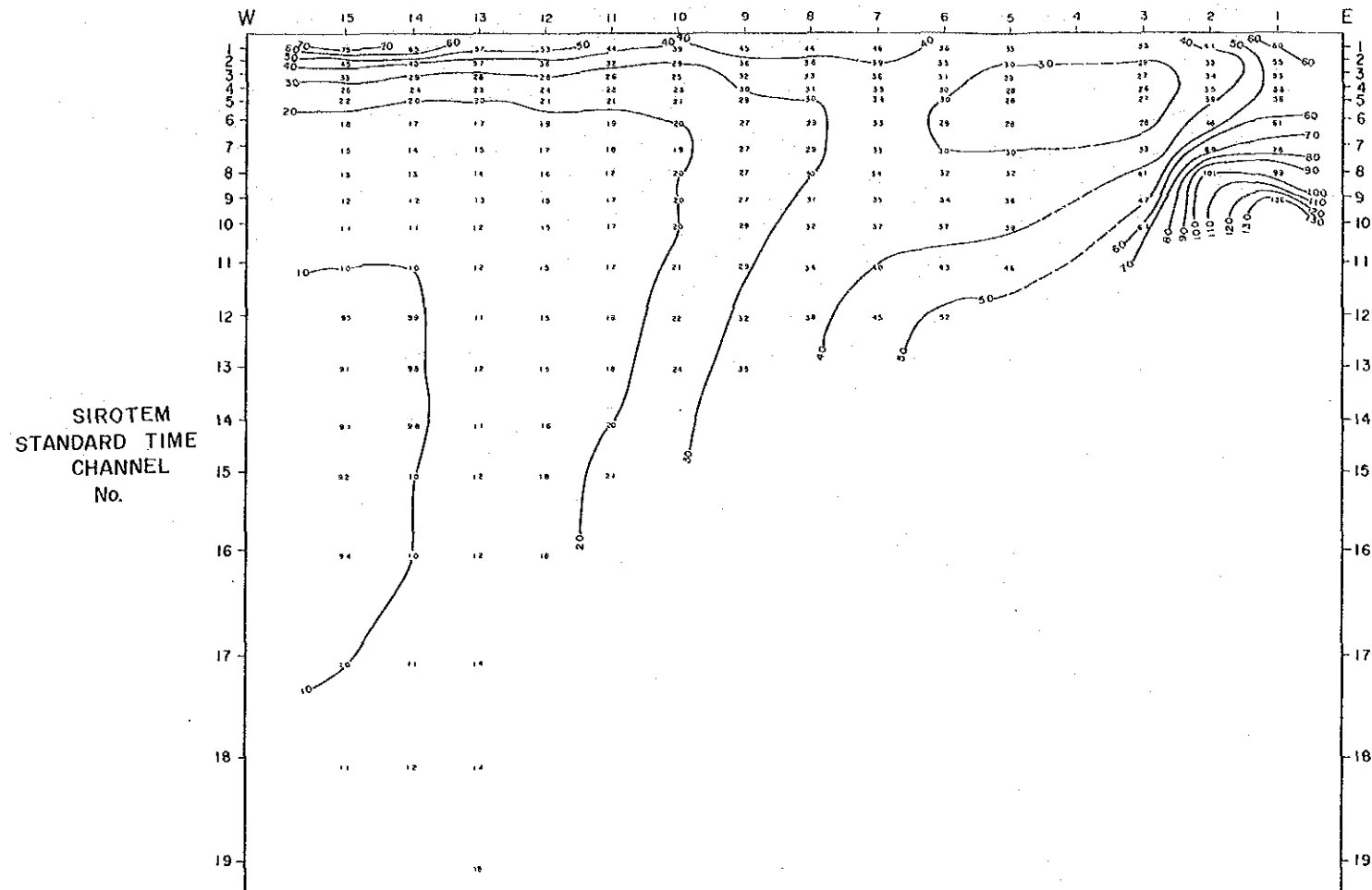


Fig. II-1-21 Sección de la Línea de Estación N00, Area Tizapa

(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

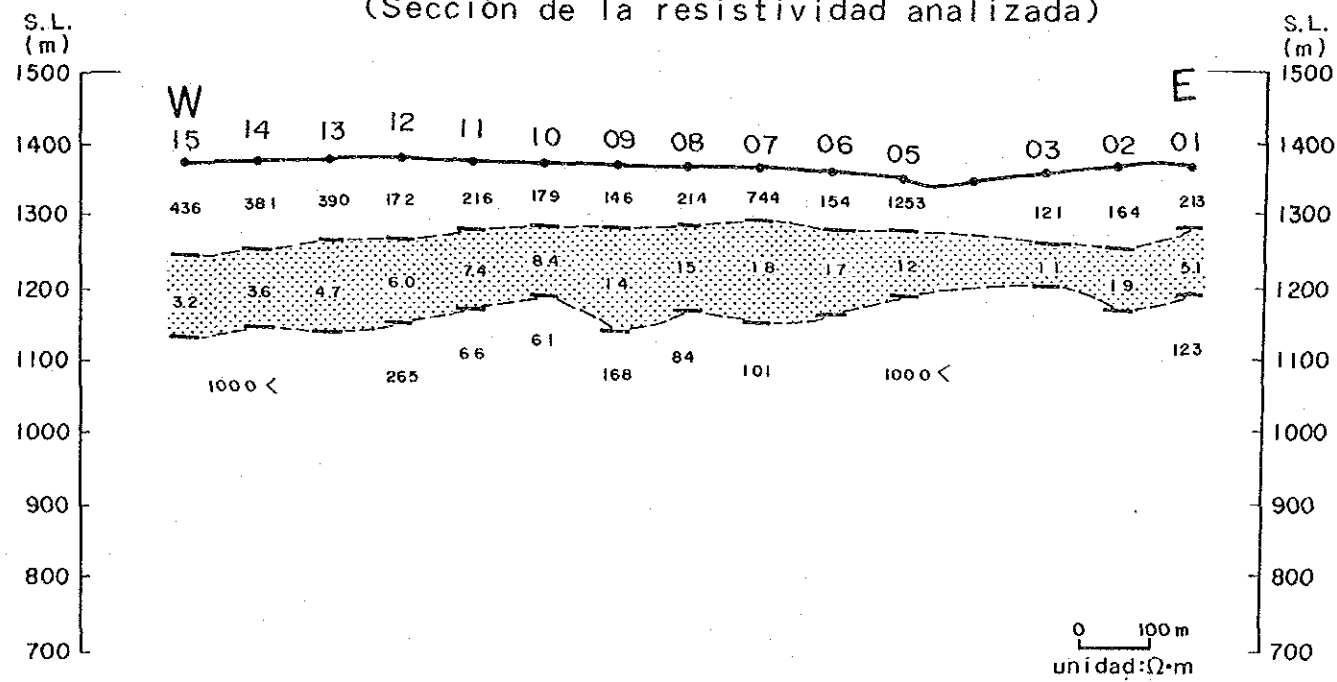
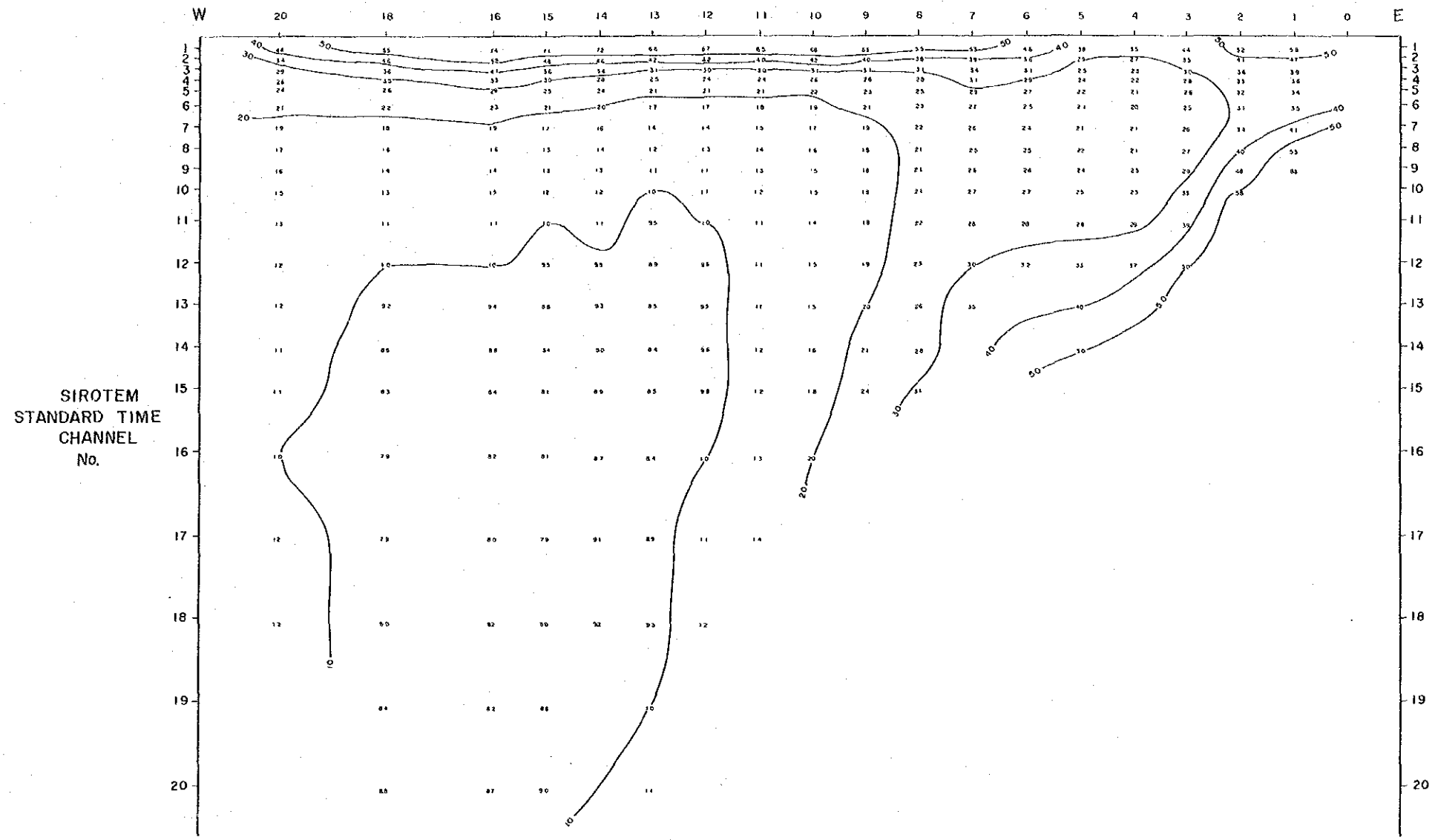


Fig. 11-1-22 Sección de la Línea de Estación N01, Area Tizapa

(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

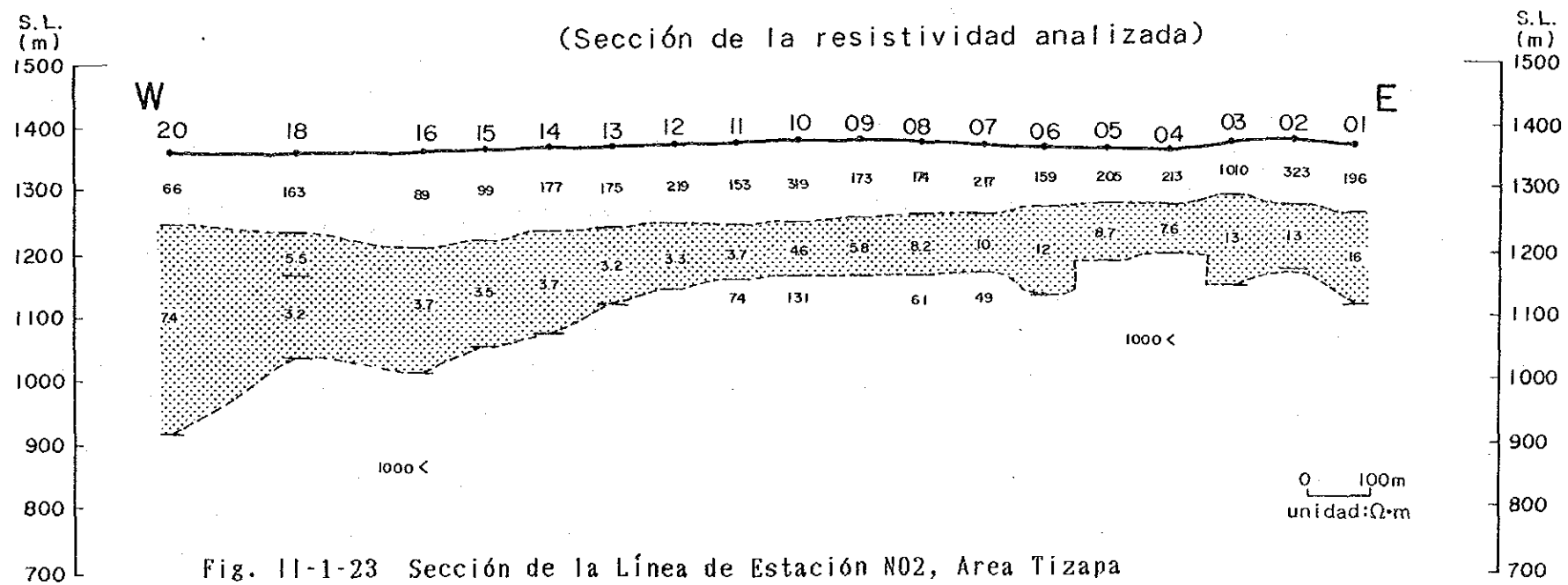


Fig. II-1-23 Sección de la Línea de Estación N02, Area Tizapa

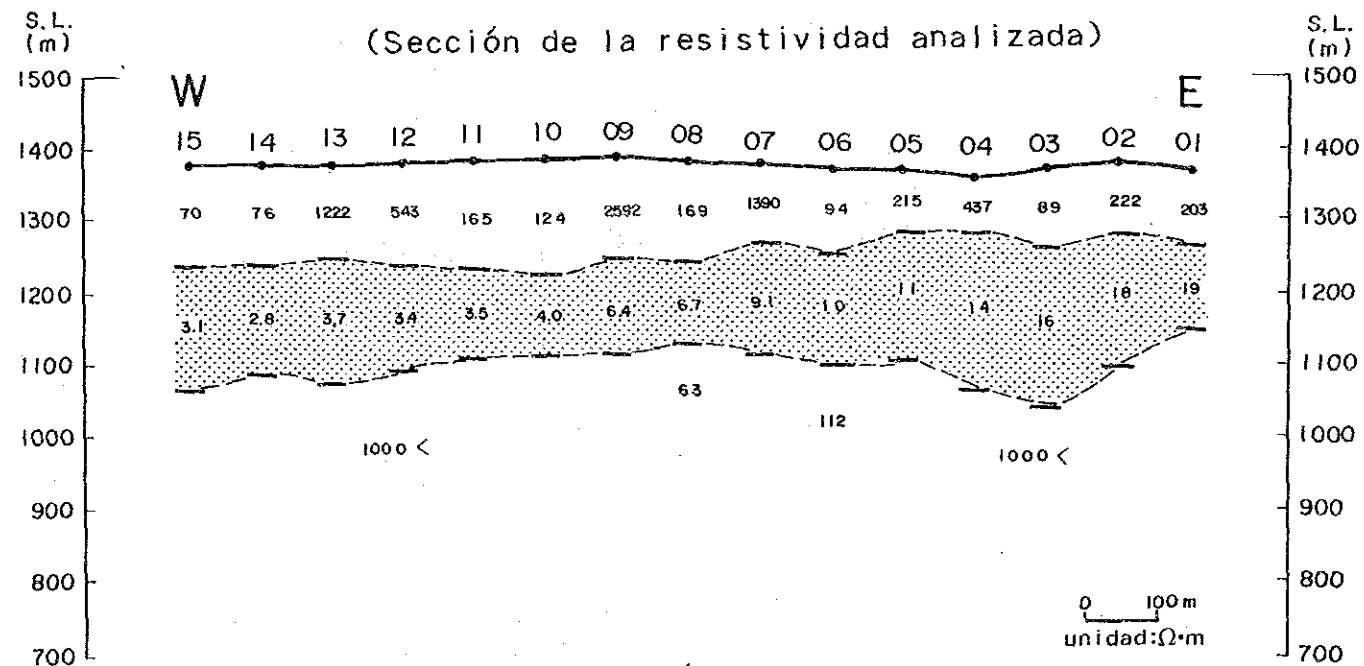
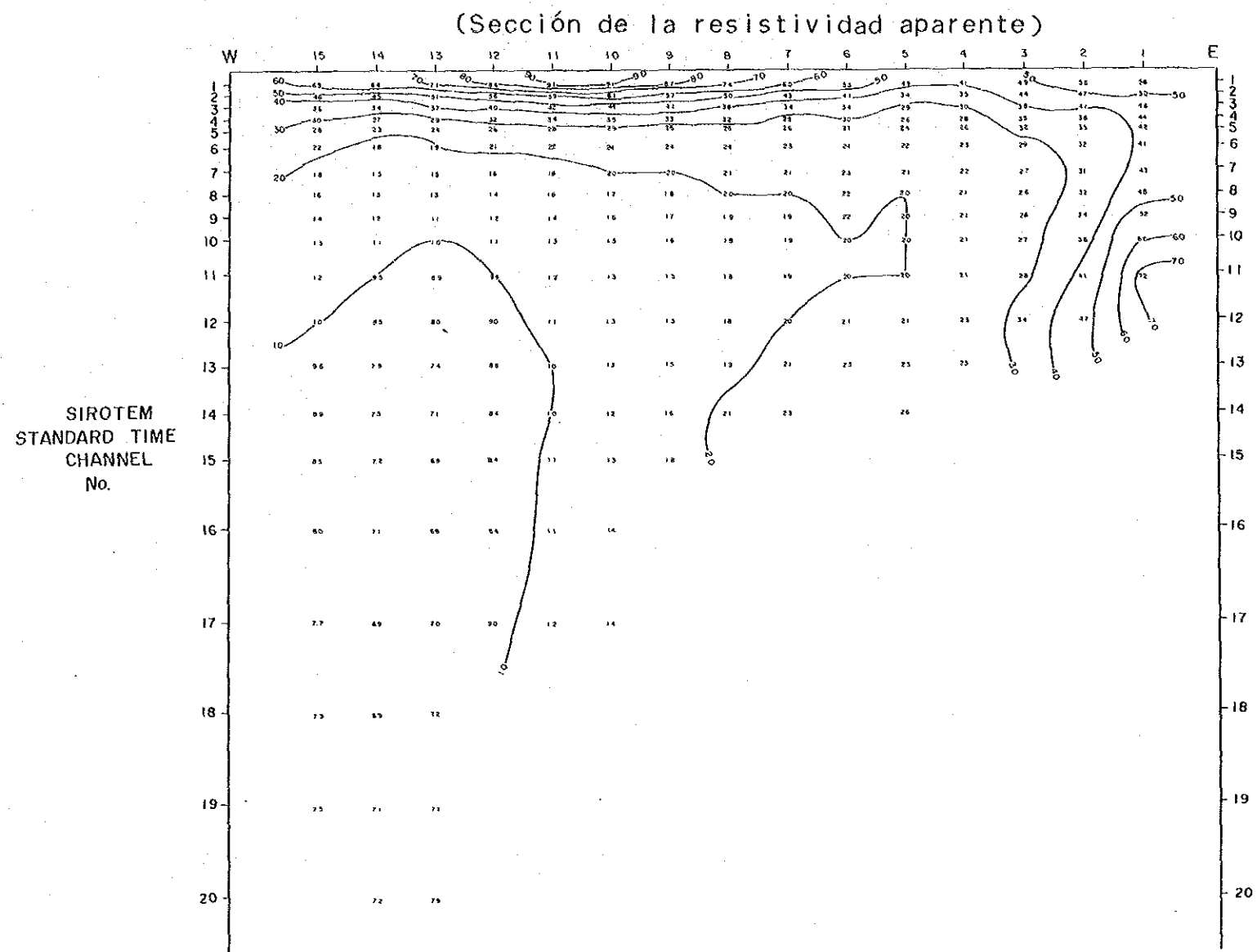


Fig. 11-1-24 Sección de la Línea de Estación N03, Área Tizapa



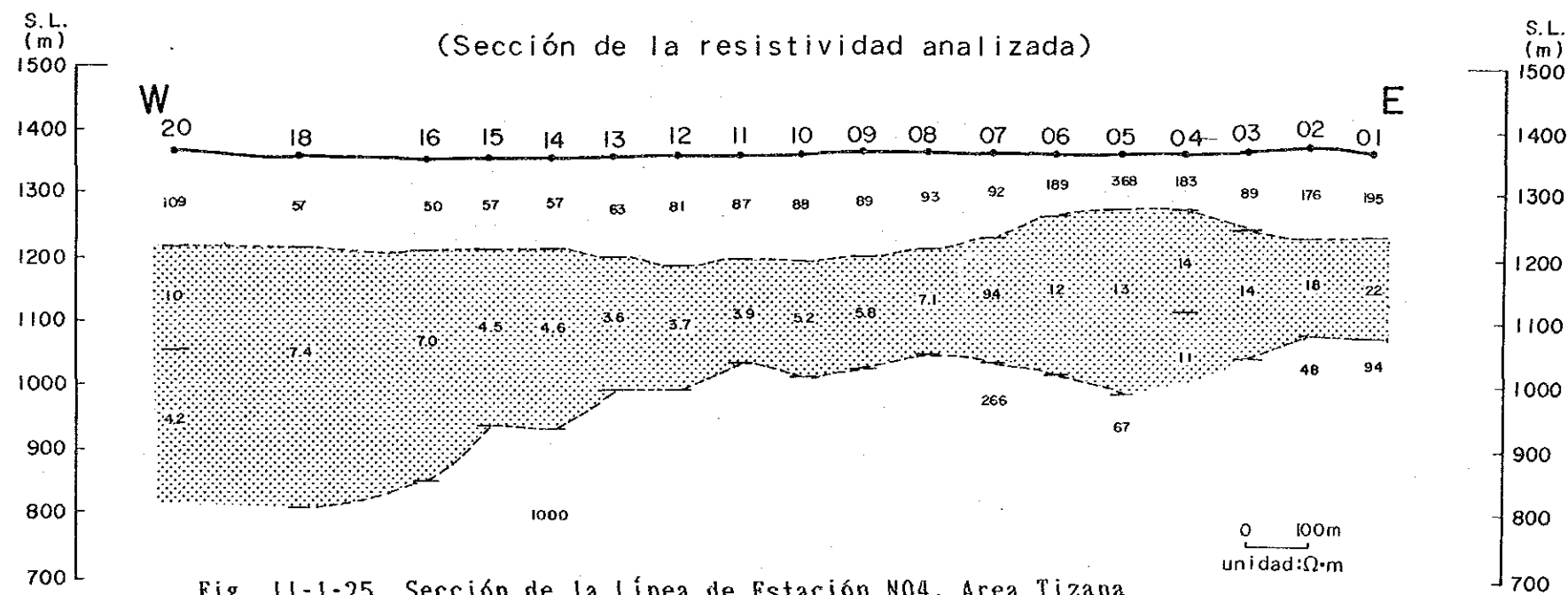
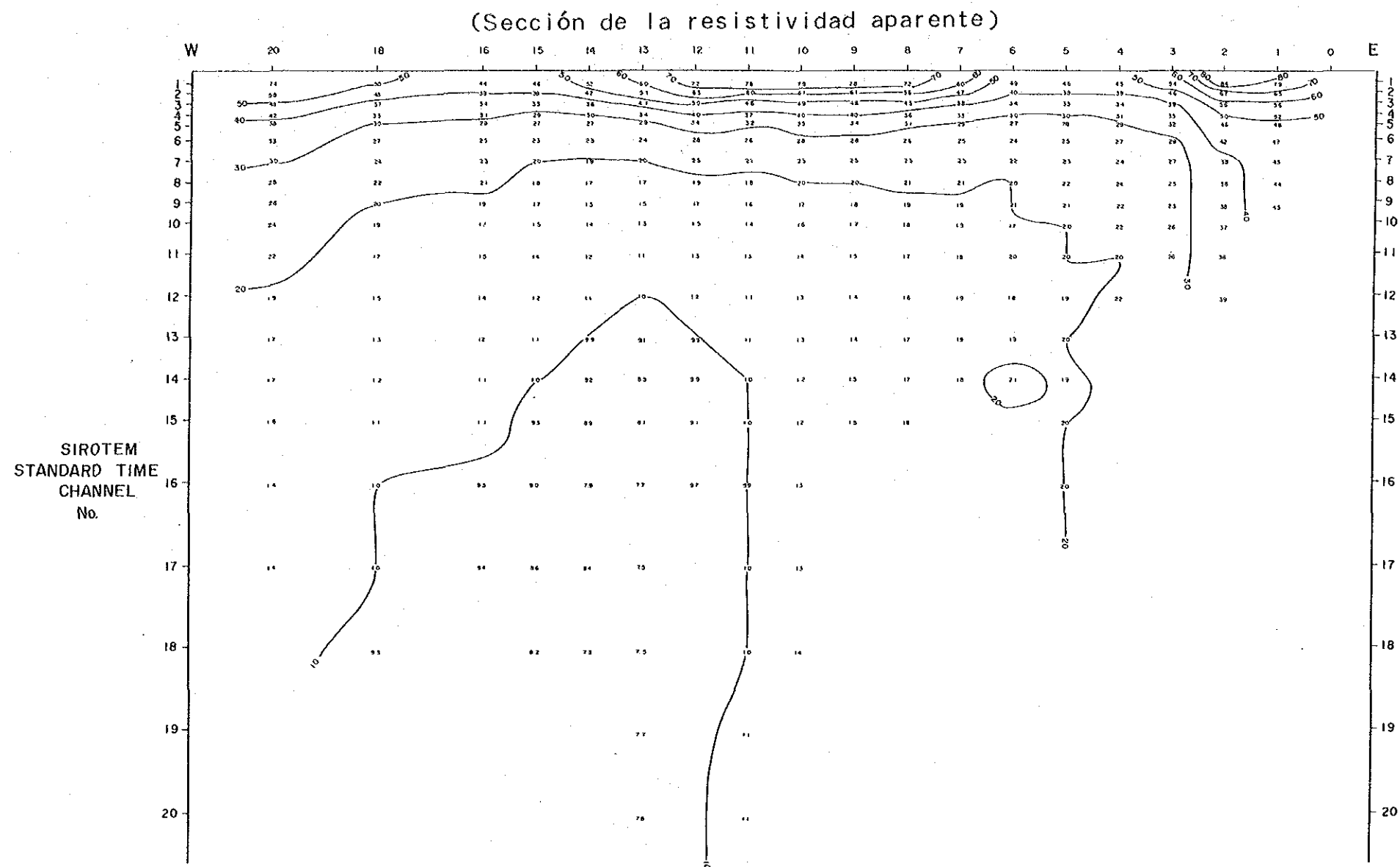


Fig. 11-1-25 Sección de la Línea de Estación N04, Area Tizapa

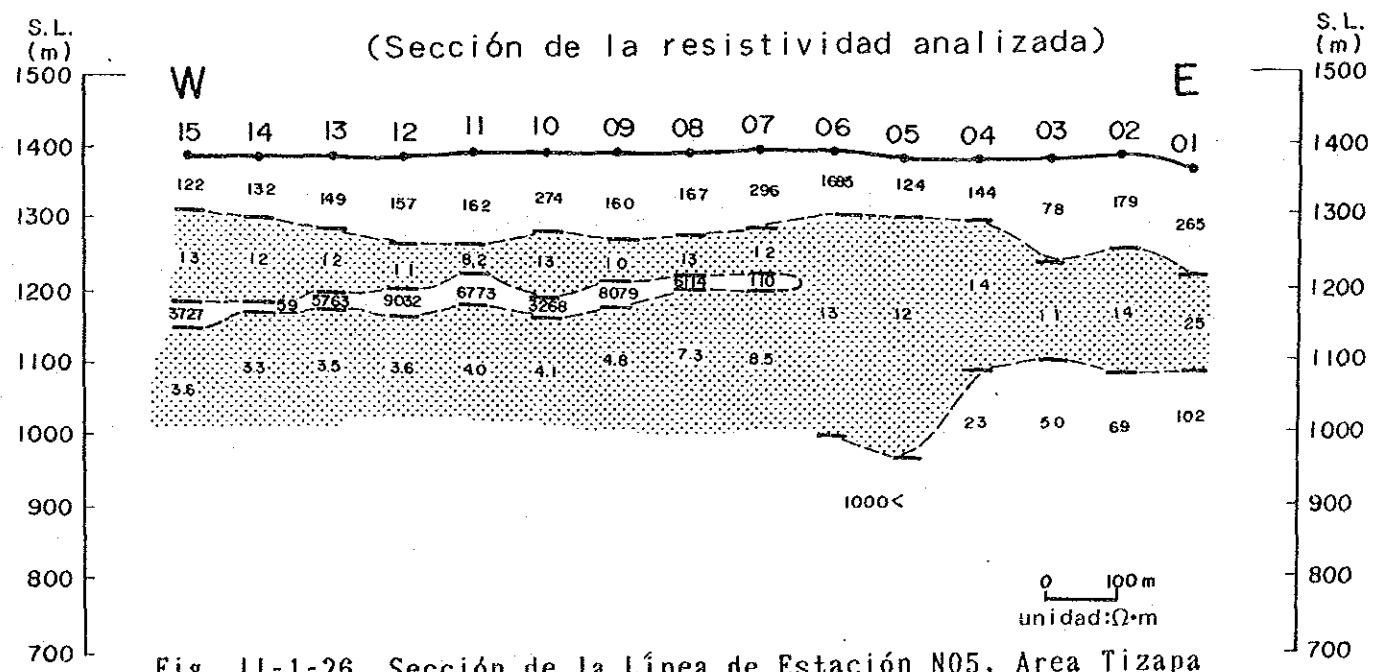
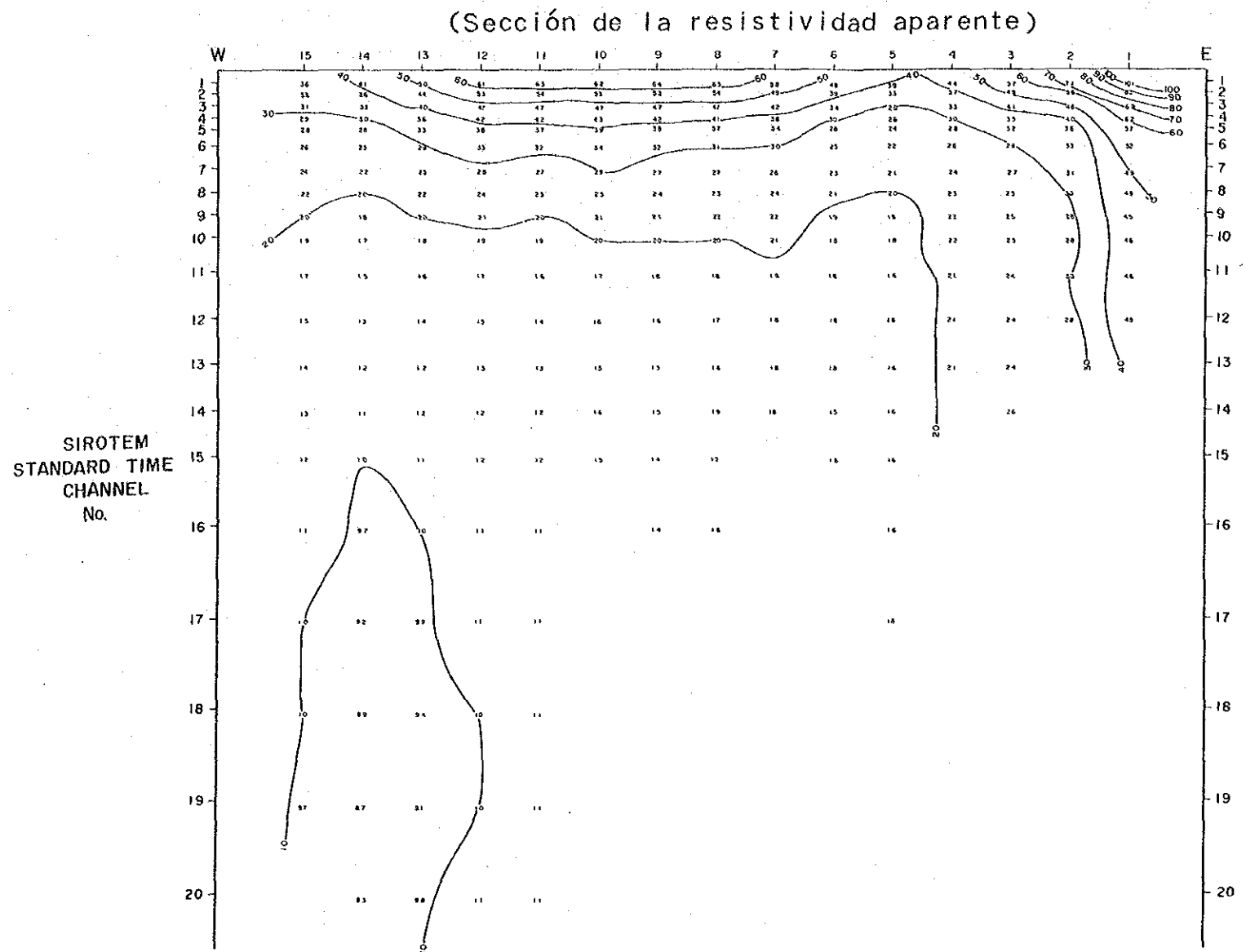


Fig. II-1-26 Sección de la Línea de Estación N05, Area Tizapa

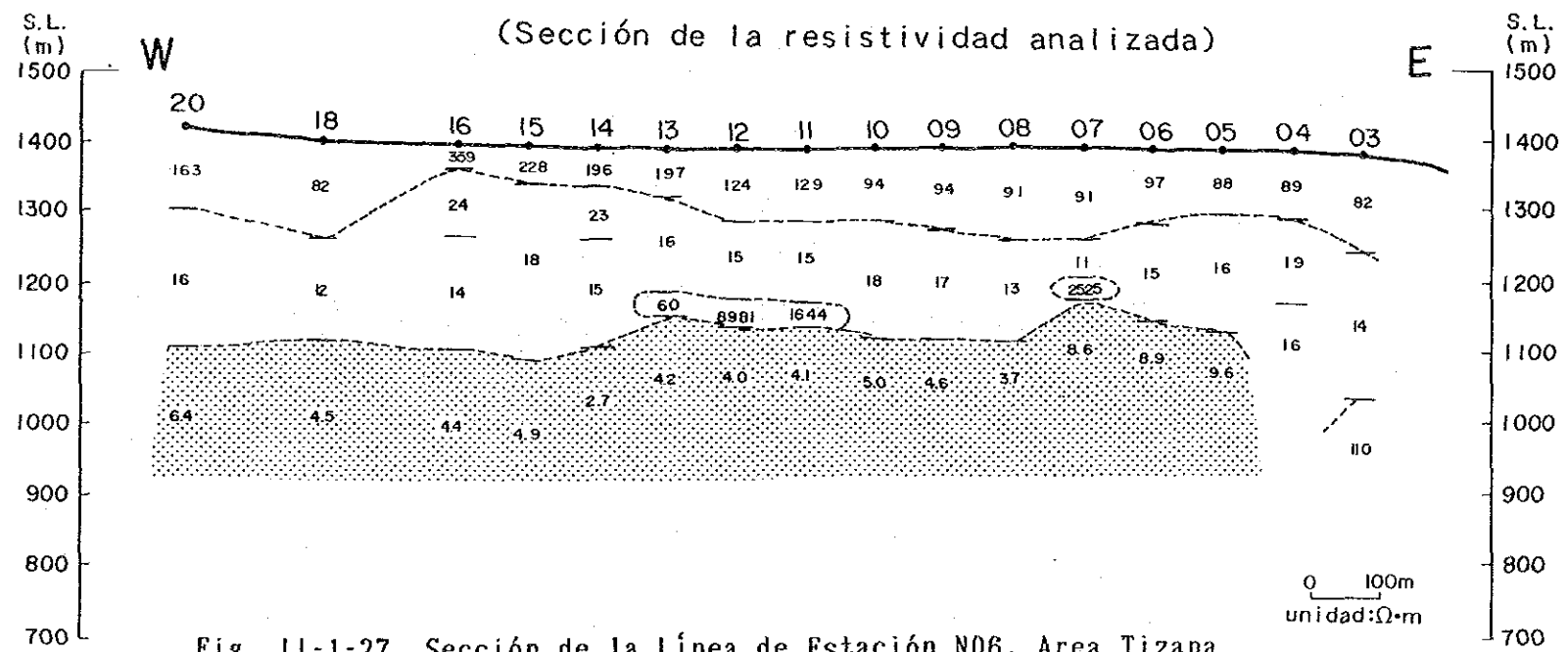
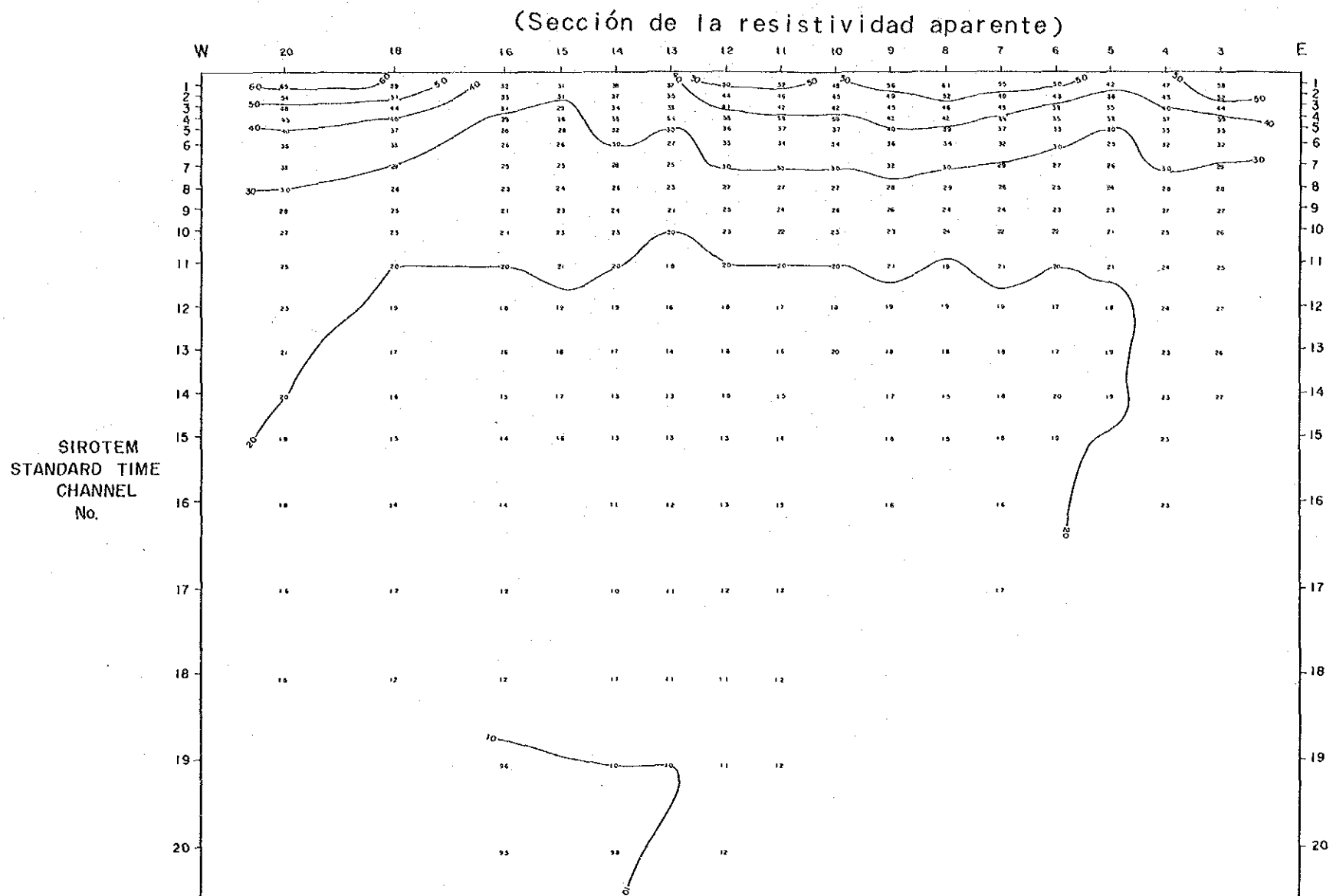
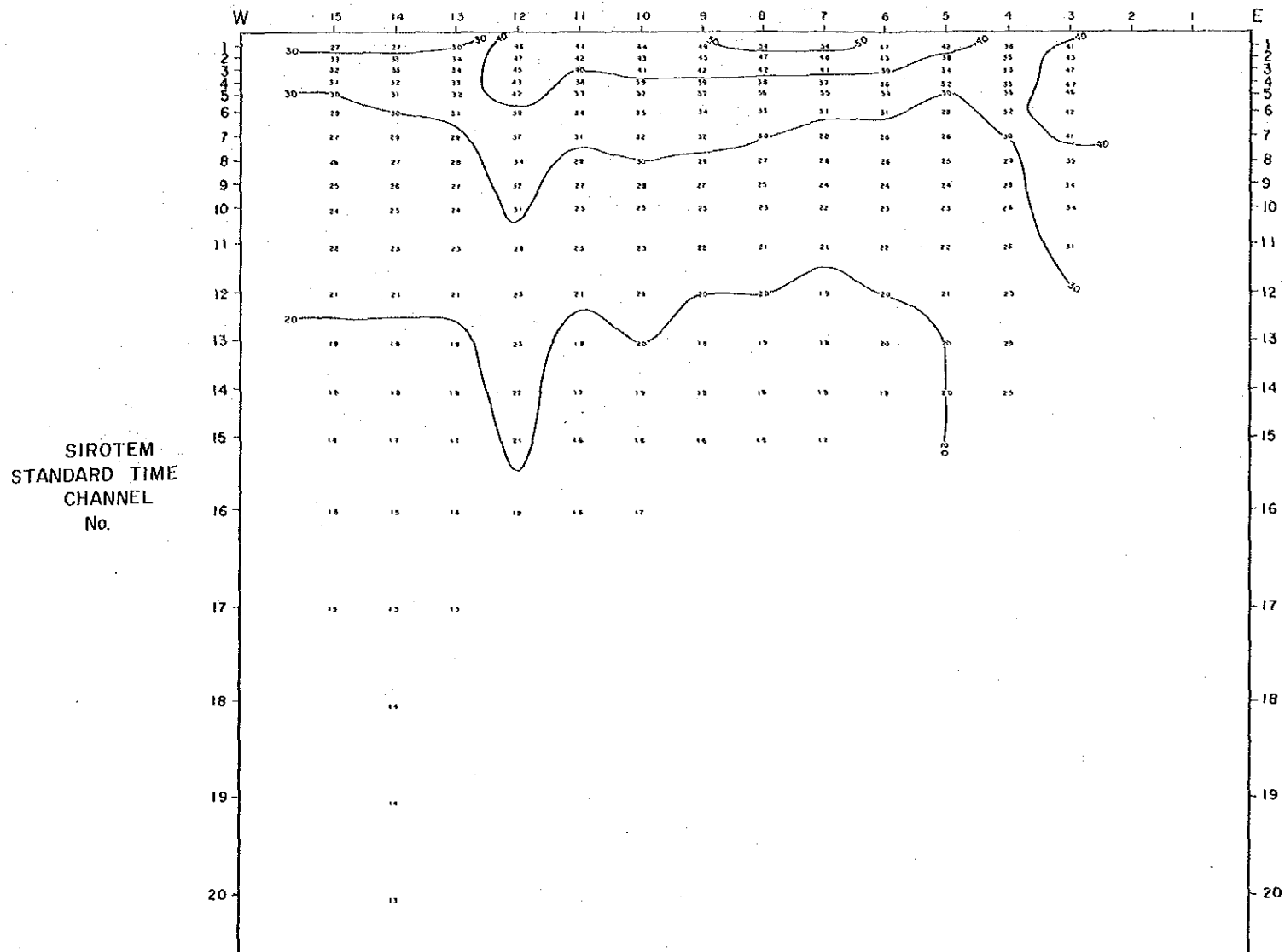


Fig. II-1-27 Sección de la Línea de Estación N06, Area Tizapa

(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

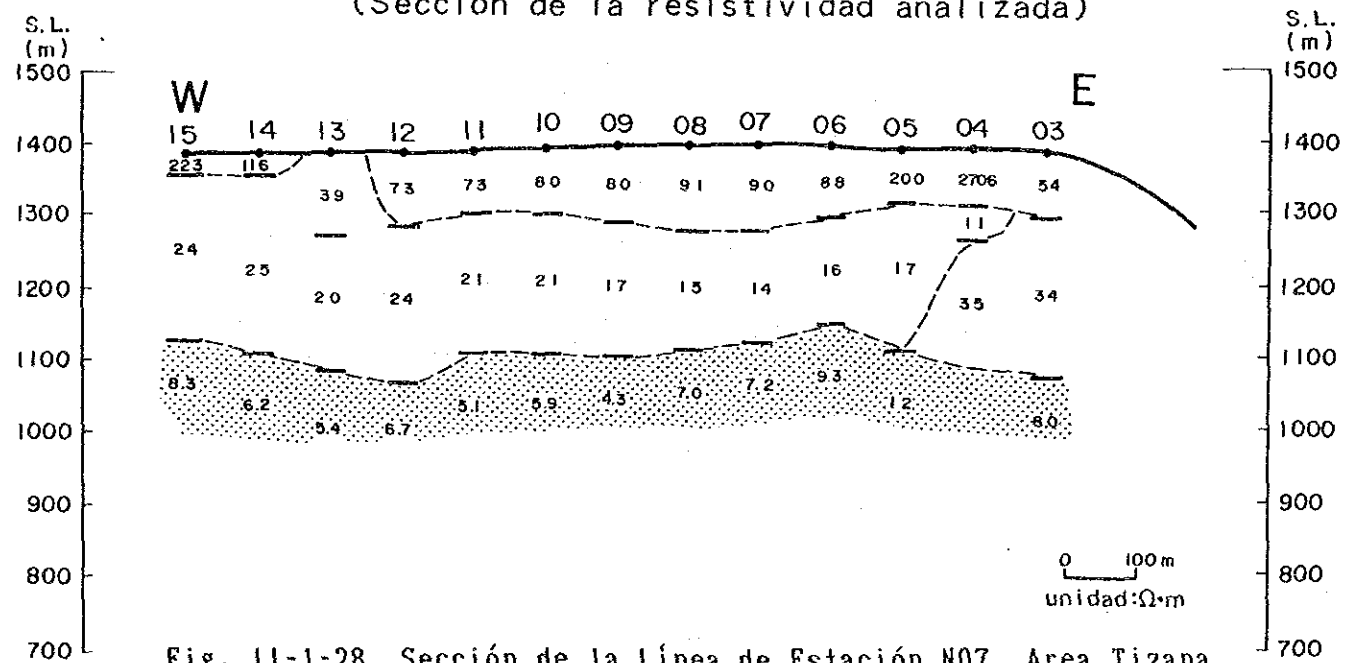


Fig. 11-1-28 Sección de la Línea de Estación N07, Area Tizapa

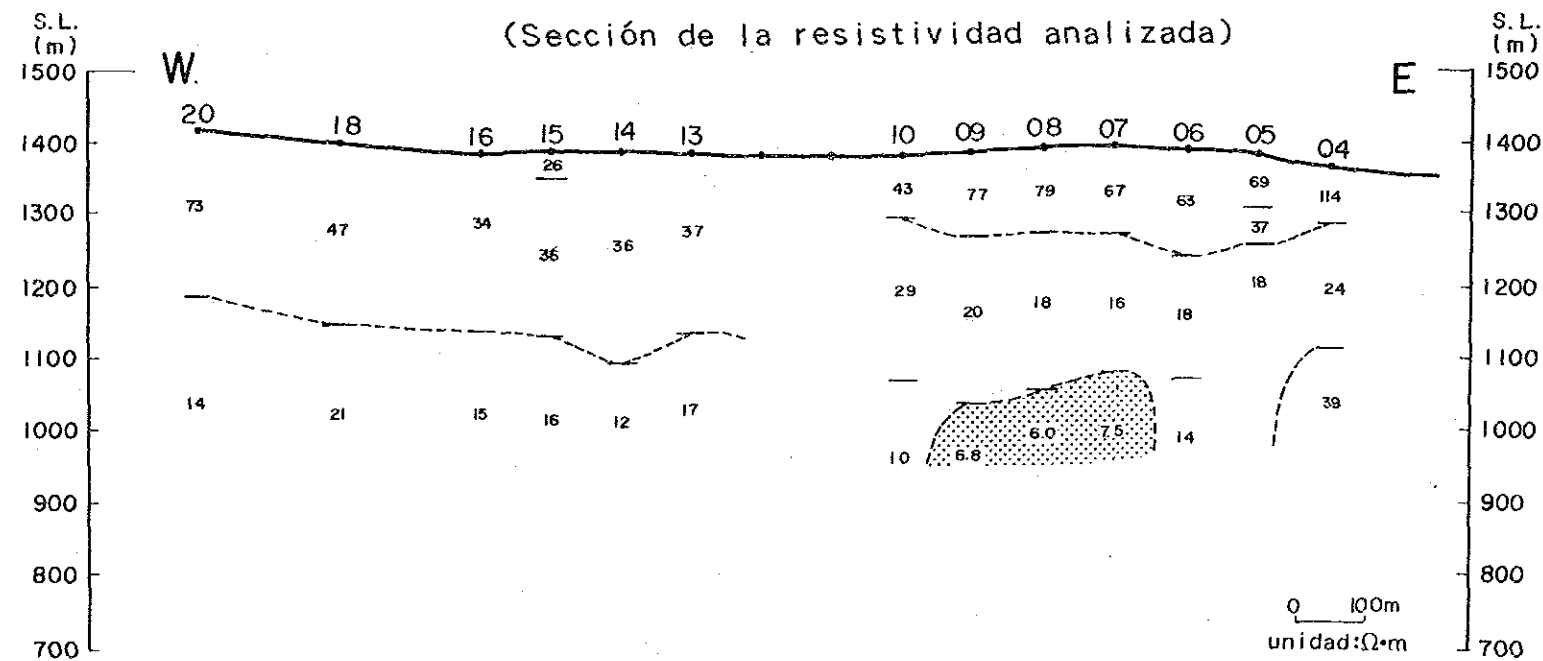
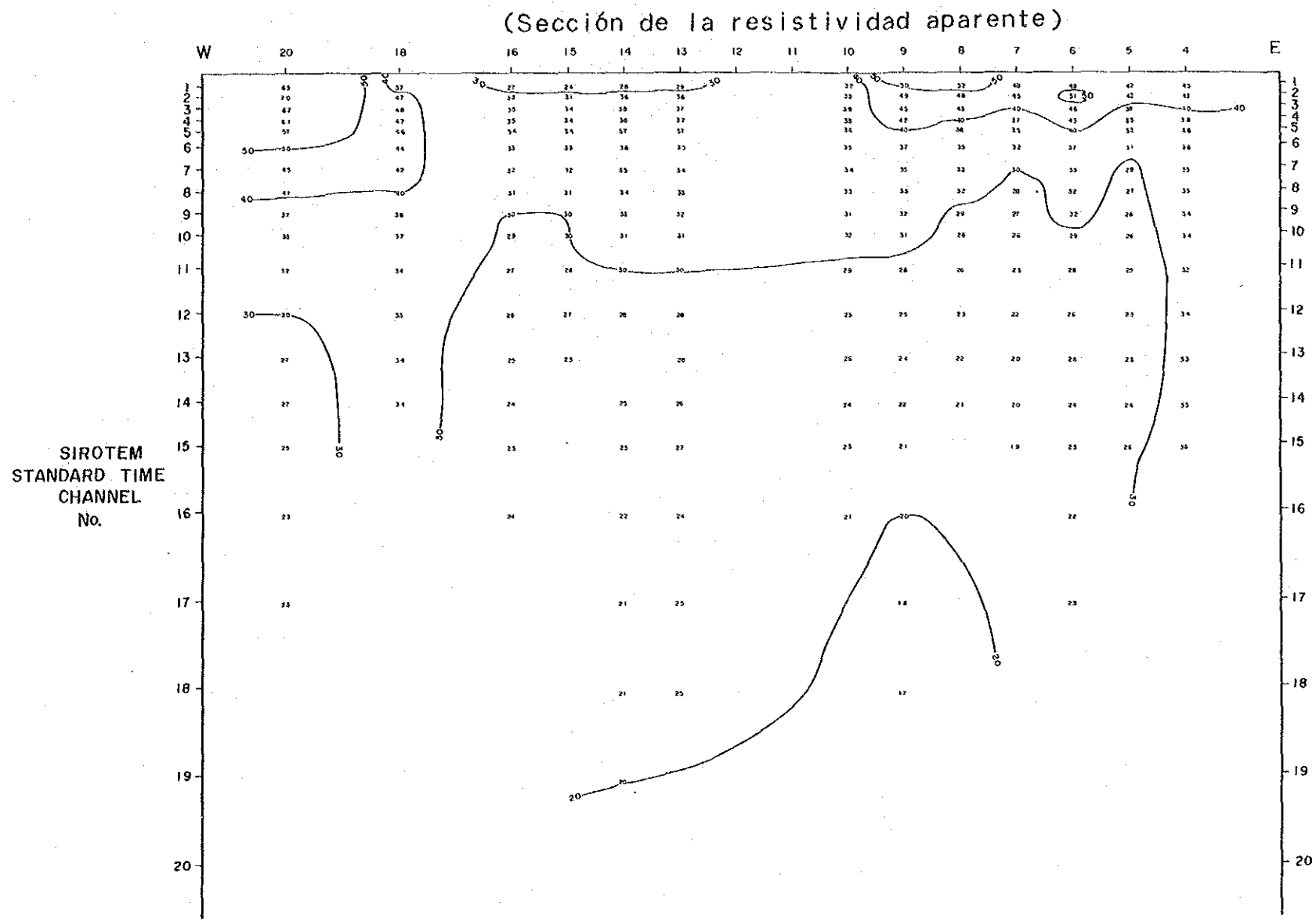
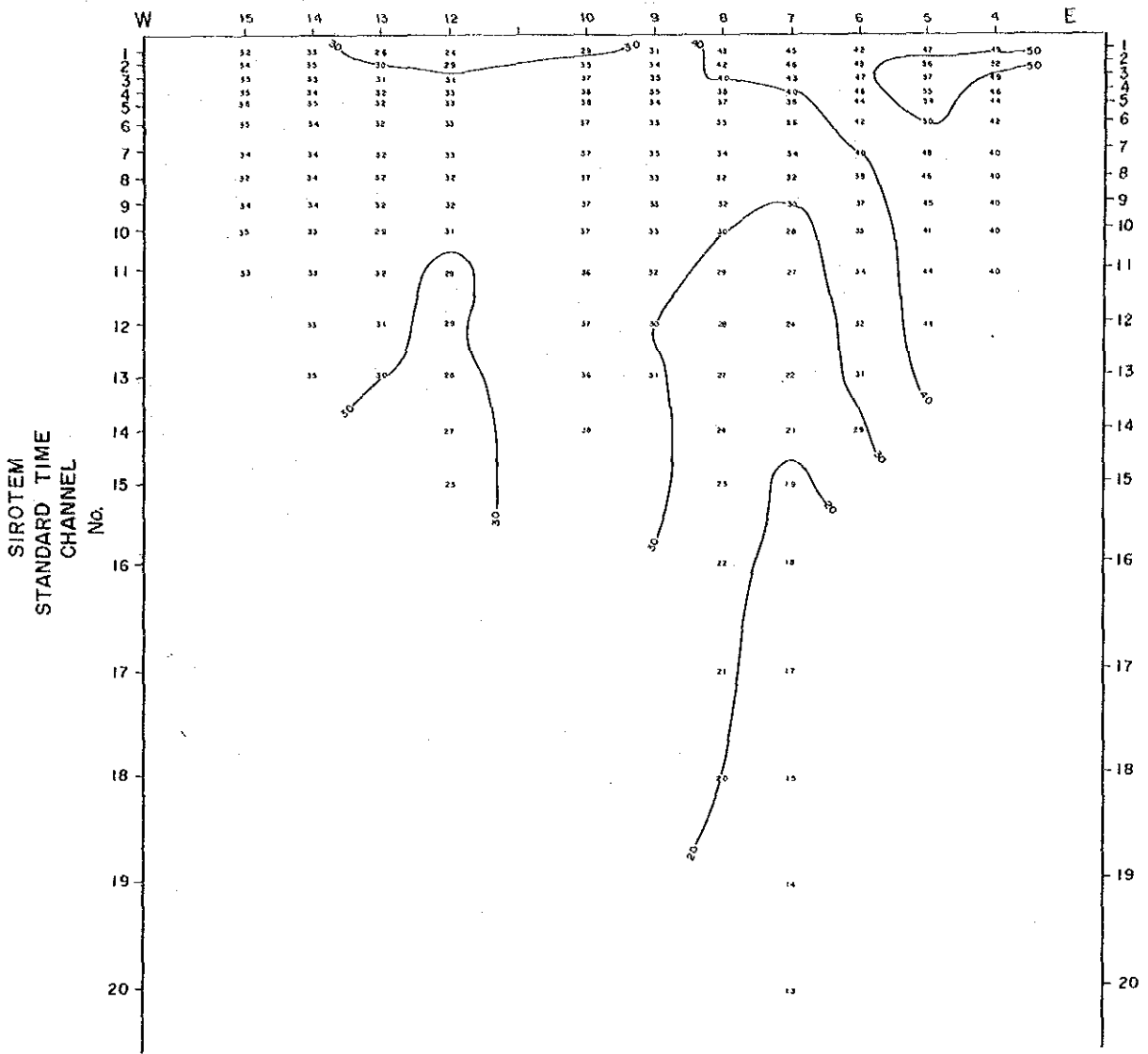


Fig. II-1-29 Sección de la Línea de Estación N08, Area Tizapa



(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

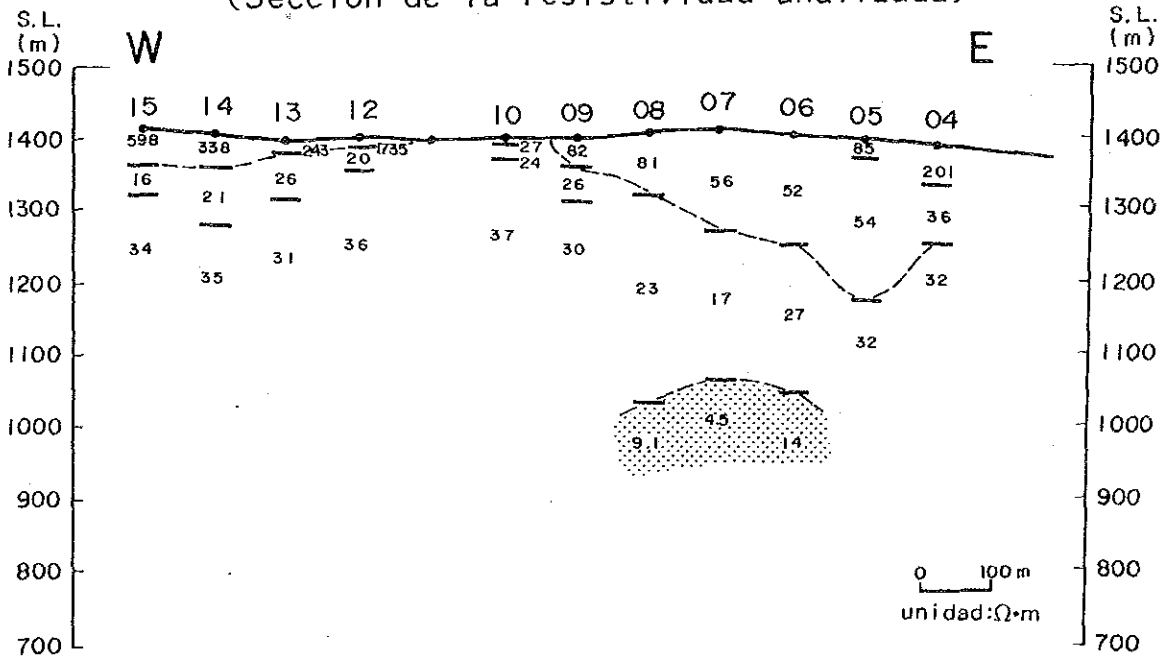


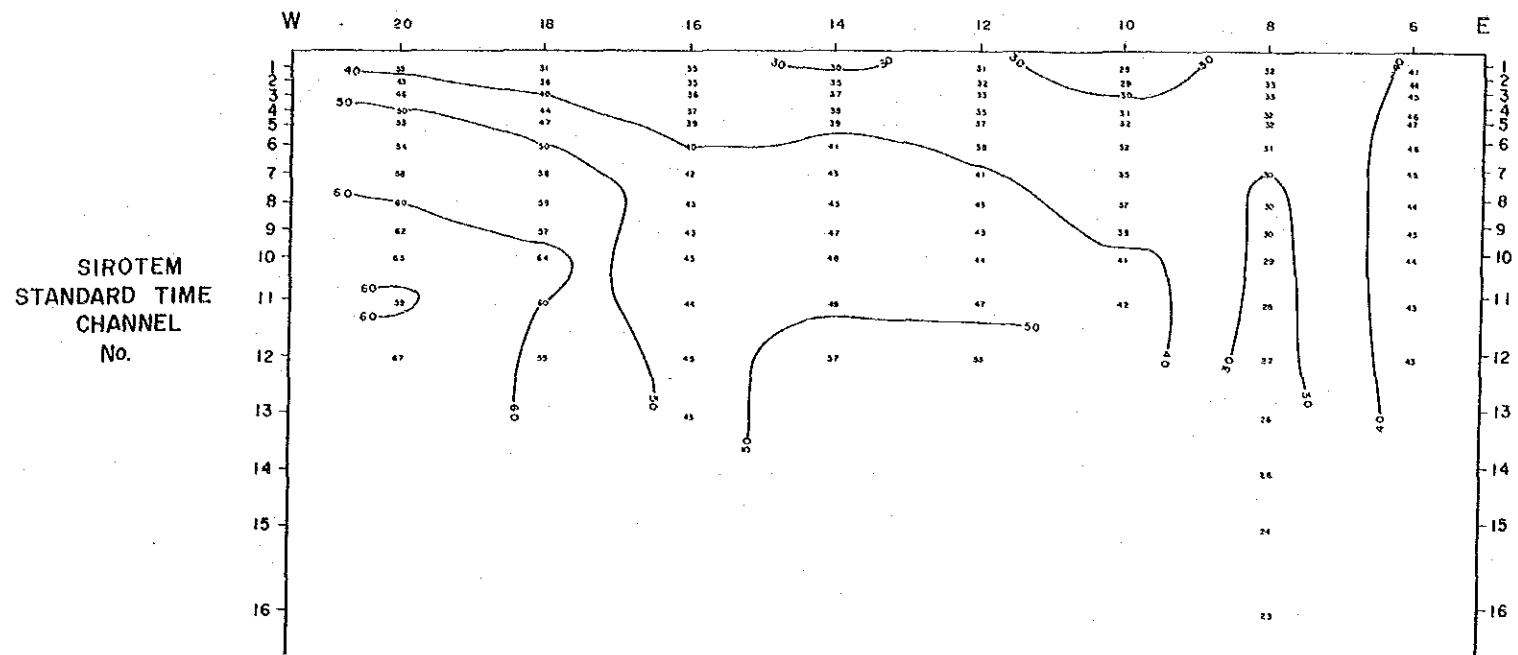
Fig. 11-1-30 Sección de la Línea de Estación N09, Area Tizapa







(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

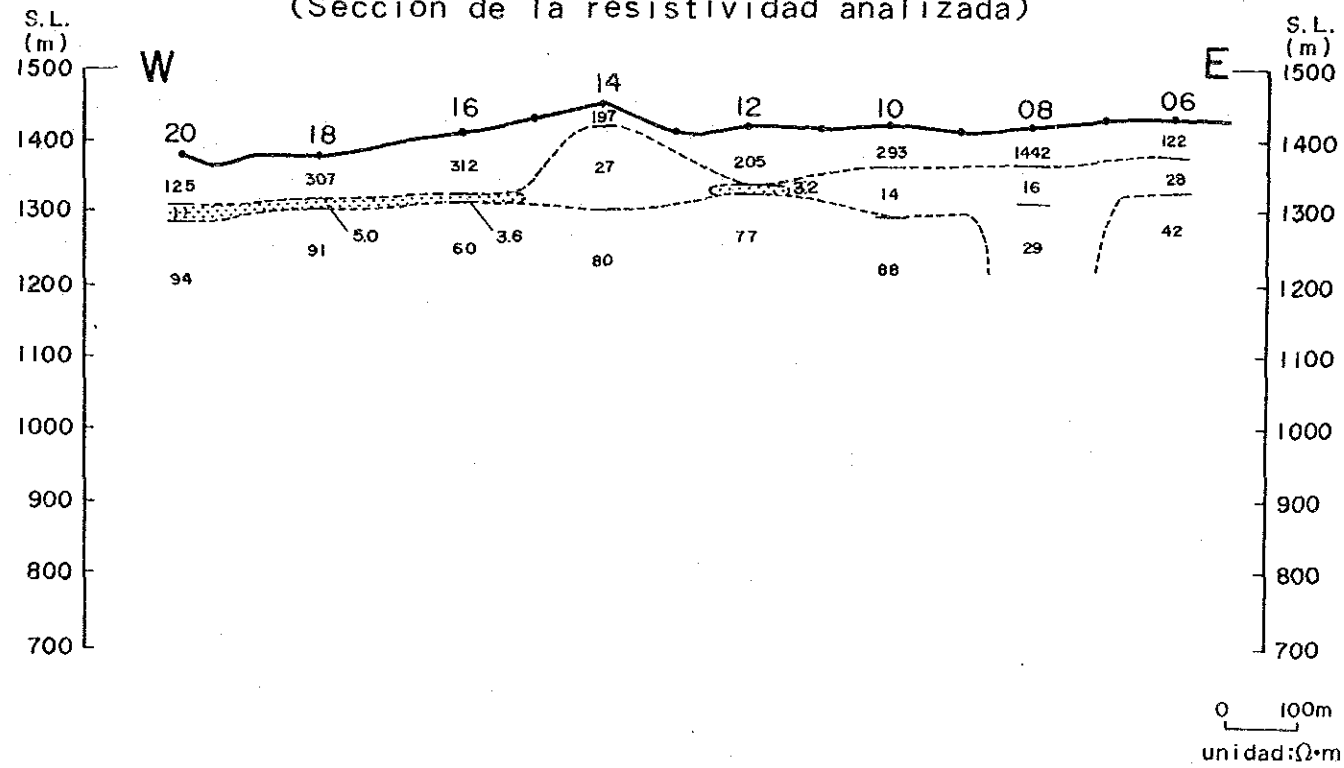
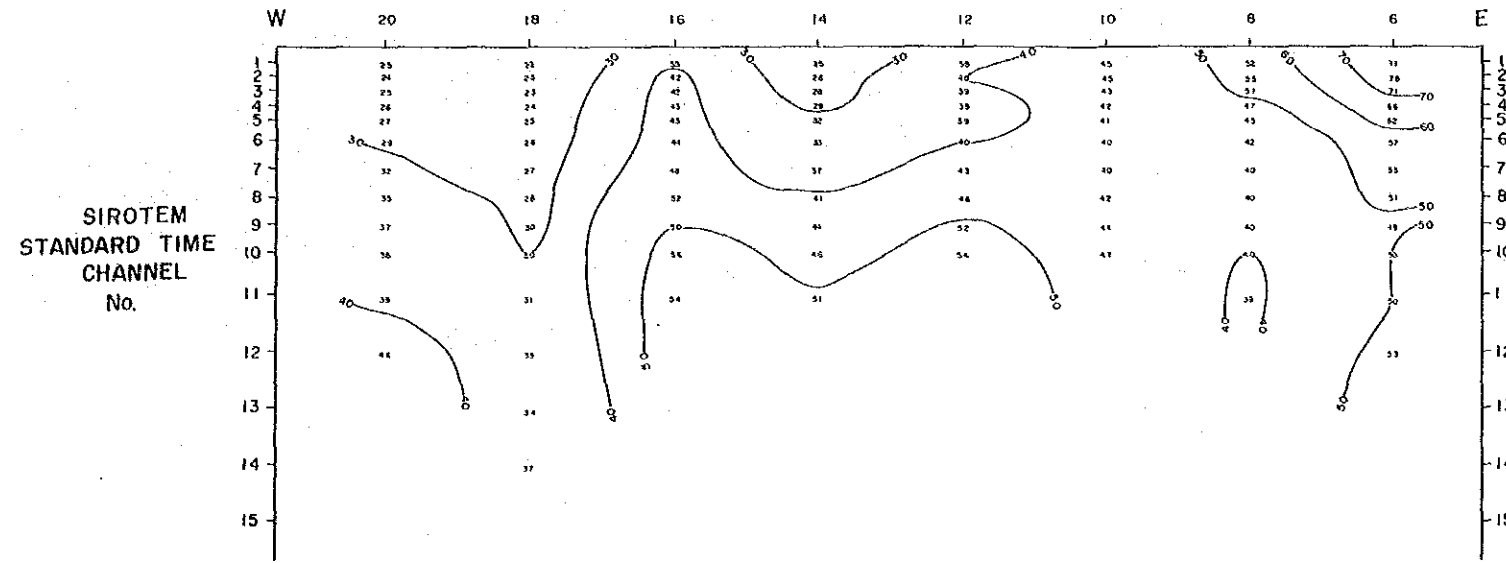


Fig. II-1-31 Sección de la Línea de Estación N10, Area Tizapa

(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

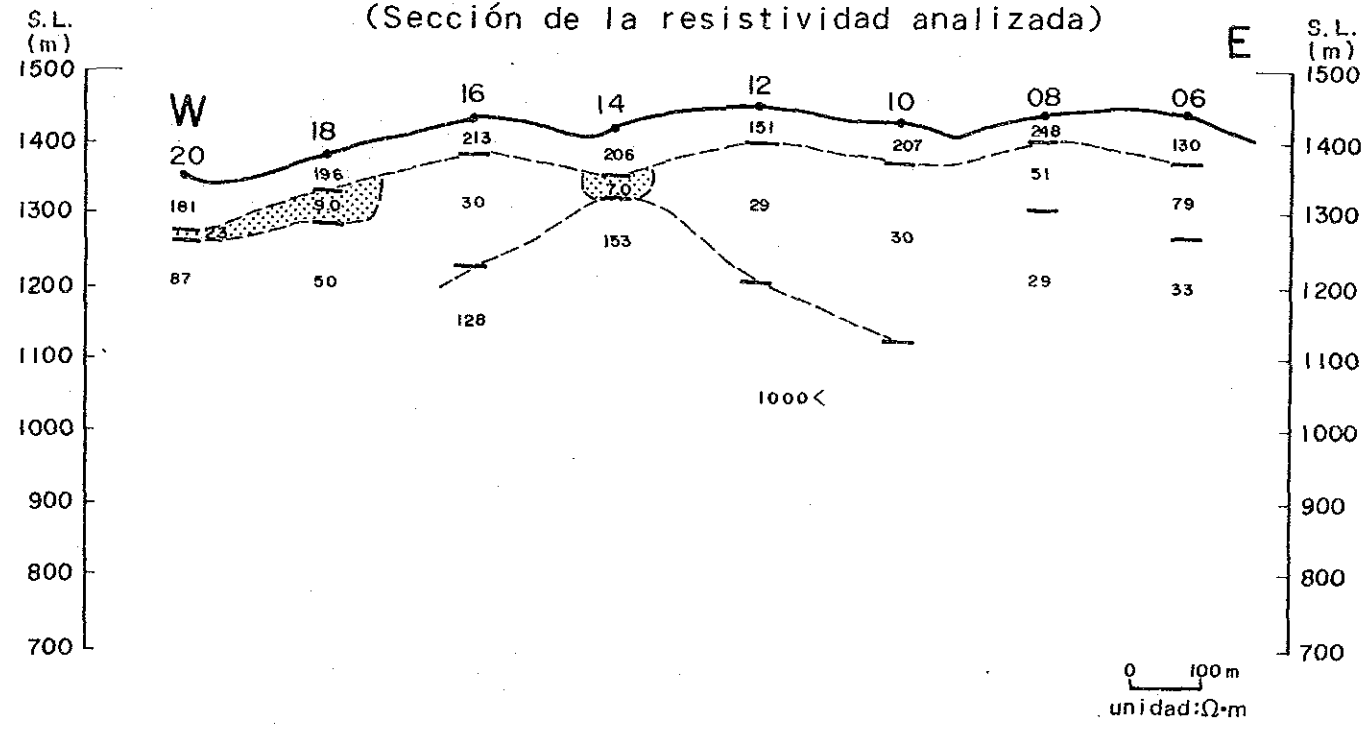


Fig. II-1-32 Sección de la Línea de Estación N12, Area Tizapa



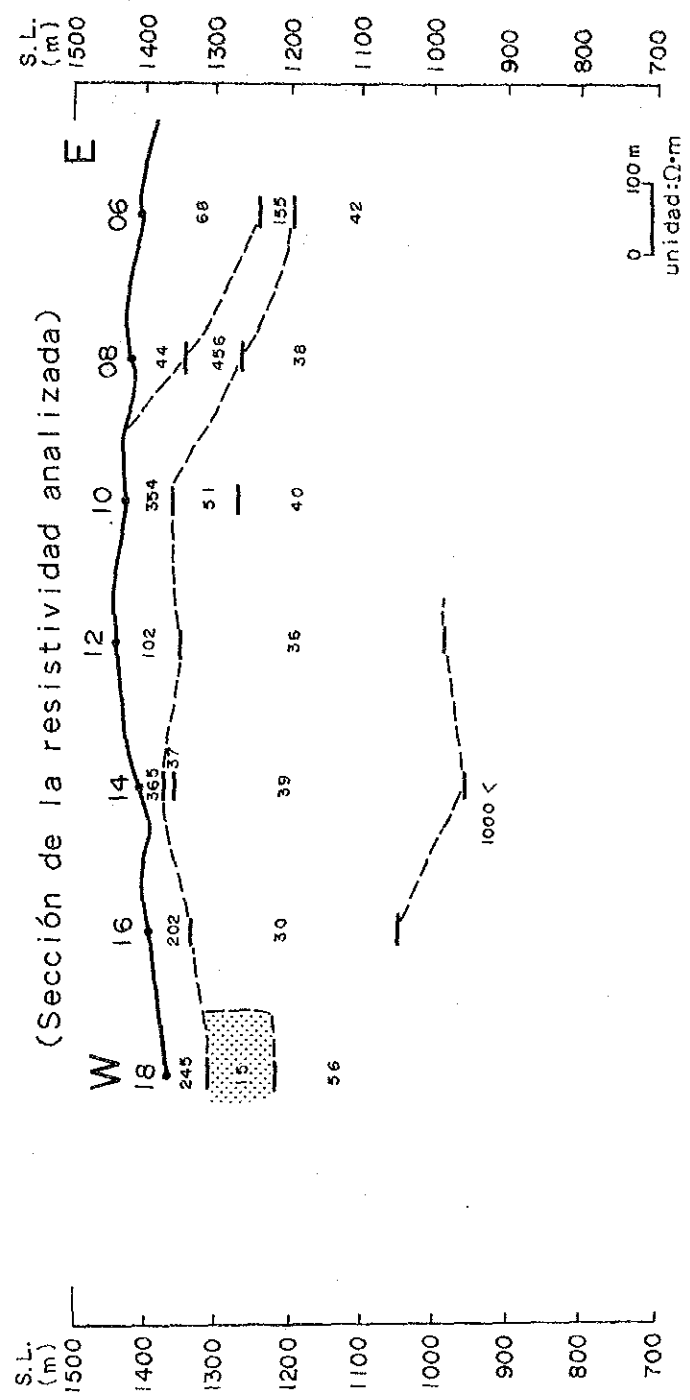
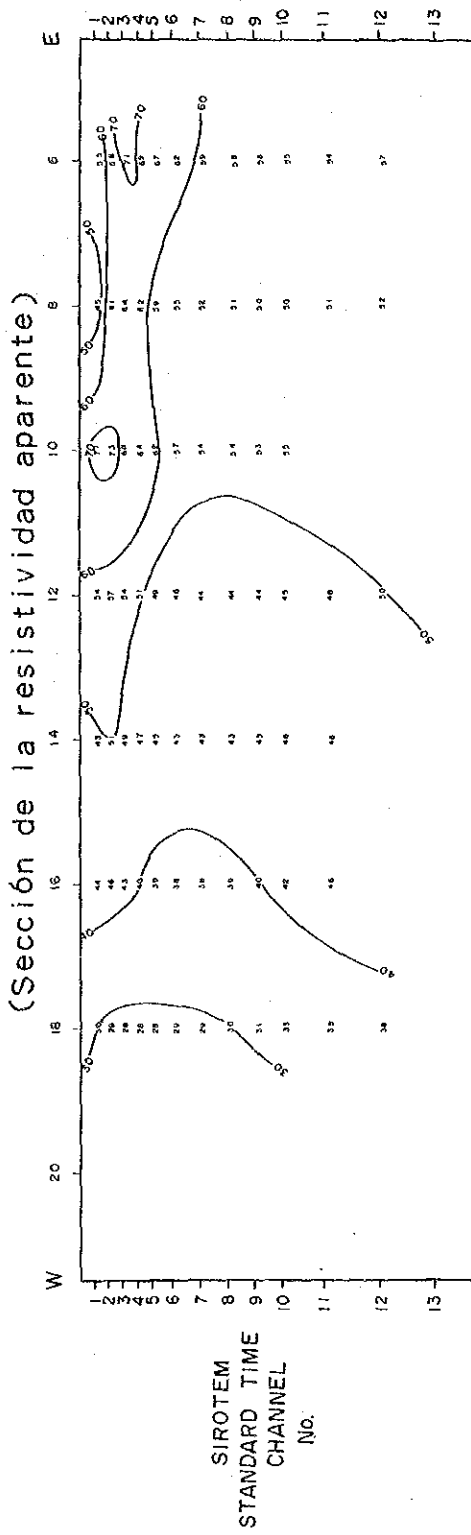
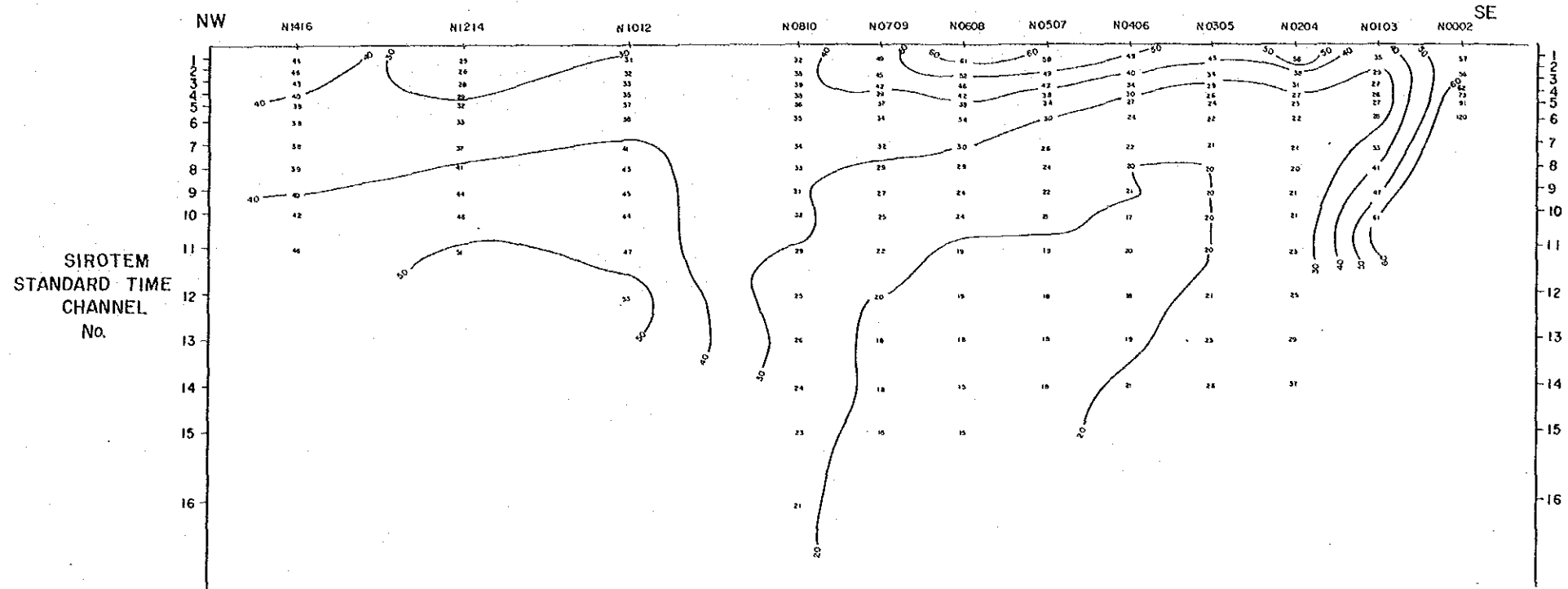


Fig. 11-1-33 Sección de la Línea de Estación N14, Area Tizapa





(Sección de la resistividad aparente)



(Sección de la resistividad analizada)

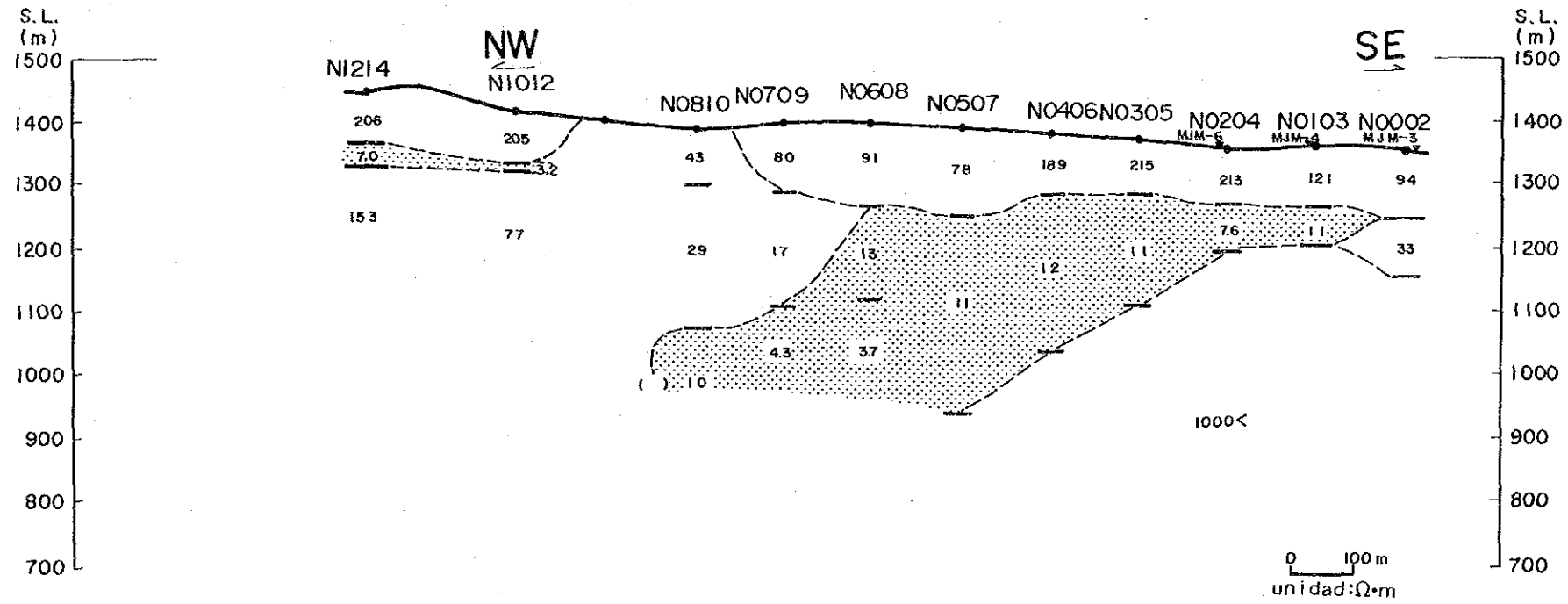


Fig. II-1-34 Sección NW-SE, Area Tizapa





Es de suponer que esto se debe al estrato de grafito que se encuentra latente en la parte inferior del basalto.

(200 m de profundidad)

Se destacan las zonas de menos de 20 ohmios·m salvo la parte sudeste extrema de la plataforma, una parte del lado sur de la misma y una parte de la zona central de la plataforma, siendo posible suponer que están distribuidos ampliamente los estratos de grafito. En cuanto a la alta resistividad del lado sur, es de suponer en base a los datos de perforación que se debe al esquisto de sericita que se encuentra en la capa subbase del yacimiento, pero con respecto a la zona de alta resistividad existente en la parte central, la razón no se conoce. La resistividad de la parte norte muestra valores medianos y altos.

(300 m de profundidad)

En el lado sur de la plataforma, se extiende la zona de alta resistividad, lo cual nos indica que ya está llegando a la zona distribuida de los esquistos. Se observa una distribución de las zonas de baja resistividad desde la parte central de la plataforma hacia la parte norte, siendo posible suponer la existencia latente, en un espesor grueso, del estrato de grafito. La parte norte muestra valores medianos y altos de resistividad.

(d) Sección de la estructura de resistividad

El resultado obtenido en el análisis inverso llevado a cabo para una sección igual a la de la resistividad aparente se muestra en las Figuras II-1-18 a II-1-34 en la forma de la sección de la estructura de resistividad. A continuación se explican las características de cada sección.

(Sección de la línea de medición S03)

Se puede suponer la existencia de un estrato de alta resistividad de unos 50 a 100 m de espesor alrededor de la superficie de la tierra, y al suponerlo esto se debe al basalto distribuido ampliamente por toda la plataforma de Tizapa. Debajo de lo cual, se encuentre distribuido un estrato de unos 20 ohmios·m por toda el área, además por debajo de dicho estrato, existe latente un estrato de alta resistividad,

que muestra una tendencia a extenderse hacia el lado oeste. En la parte profunda, es de suponer que existe un estrato de mediana resistividad. La explicación geológica de estos fenómenos está supeditada un estudio posterior.

(Sección de la línea de medición S02)

El valor de resistividad del primer estrato muestra un desequilibrio de unos 50 a 100 ohmios·m debido a la existencia del basalto, mostrando una tendencia a que el espesor del estrato aumente hacia el lado oeste. Asimismo se puede suponer la existencia latente de un estrato de baja resistividad de menos de 20 ohmios·m a una profundidad aproximada de 100 m por debajo de la superficie de la tierra.

El espesor del estrato es de 50 m en el lado este y de más de 100 m en el lado oeste, mostrando una tendencia a aumentar hacia el lado oeste. Desde el punto de vista geológico, es difícil pensar que la totalidad de este estrato de baja resistividad se debe al yacimiento o a la zona mineralizada, siendo posible suponer que la mayoría se debe al estrato de grafito. Aunque se puede suponer la existencia latente del estrato de alta resistividad, correspondiente al esquisto de sericita que se encuentra por debajo de la capa subbase del yacimiento, con respecto a las estaciones 10 y 11 ya está analizado un estrato de mediana resistividad igual que el extraído mediante la línea de medición S03 a una profundidad de unos 300 metros.

(Sección de la línea de medición S01)

Al observar la distribución del segundo estrato, el espesor del estrato aumenta drásticamente entre la estación 11 y la 12 y más hacia el oeste que la estación 12 no se observa un cambio significativo en del espesor del estrato, indicándose más distribución de la resistividad en el lado oeste. En el lado este, se ha analizado como un estrato de baja resistividad. El valor de la resistividad en las partes menos profundas, es de 200 ohmios·m, indicándose una distribución simple del espesor del estrato de unos 100 m.

(Sección de la línea de medición N00)

En cuanto a esta línea de medición se reconoce una



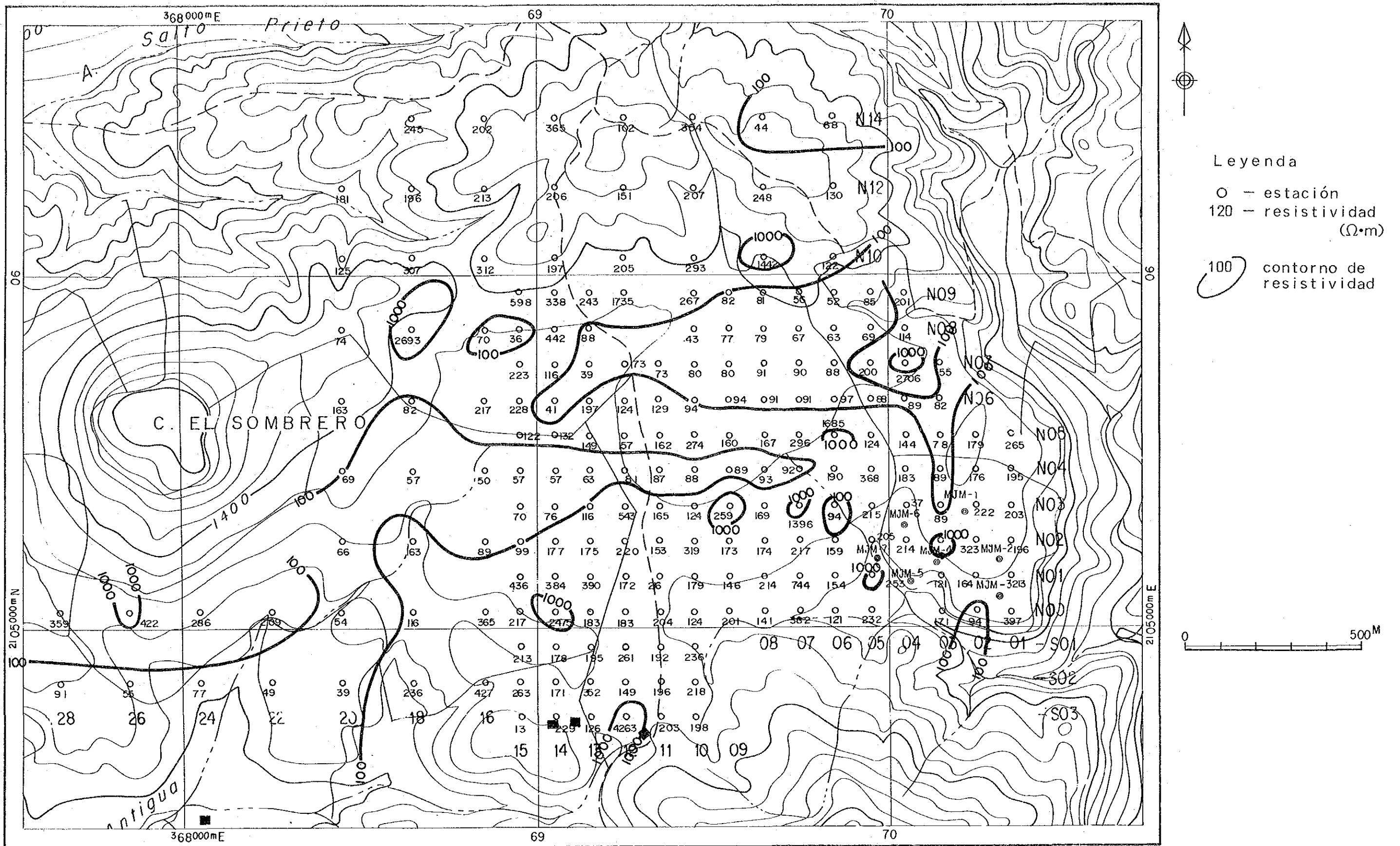


Fig. II-1-35 Plan de la Estructura de Resistividad (Capa Superficial)  
 Area Tizapa

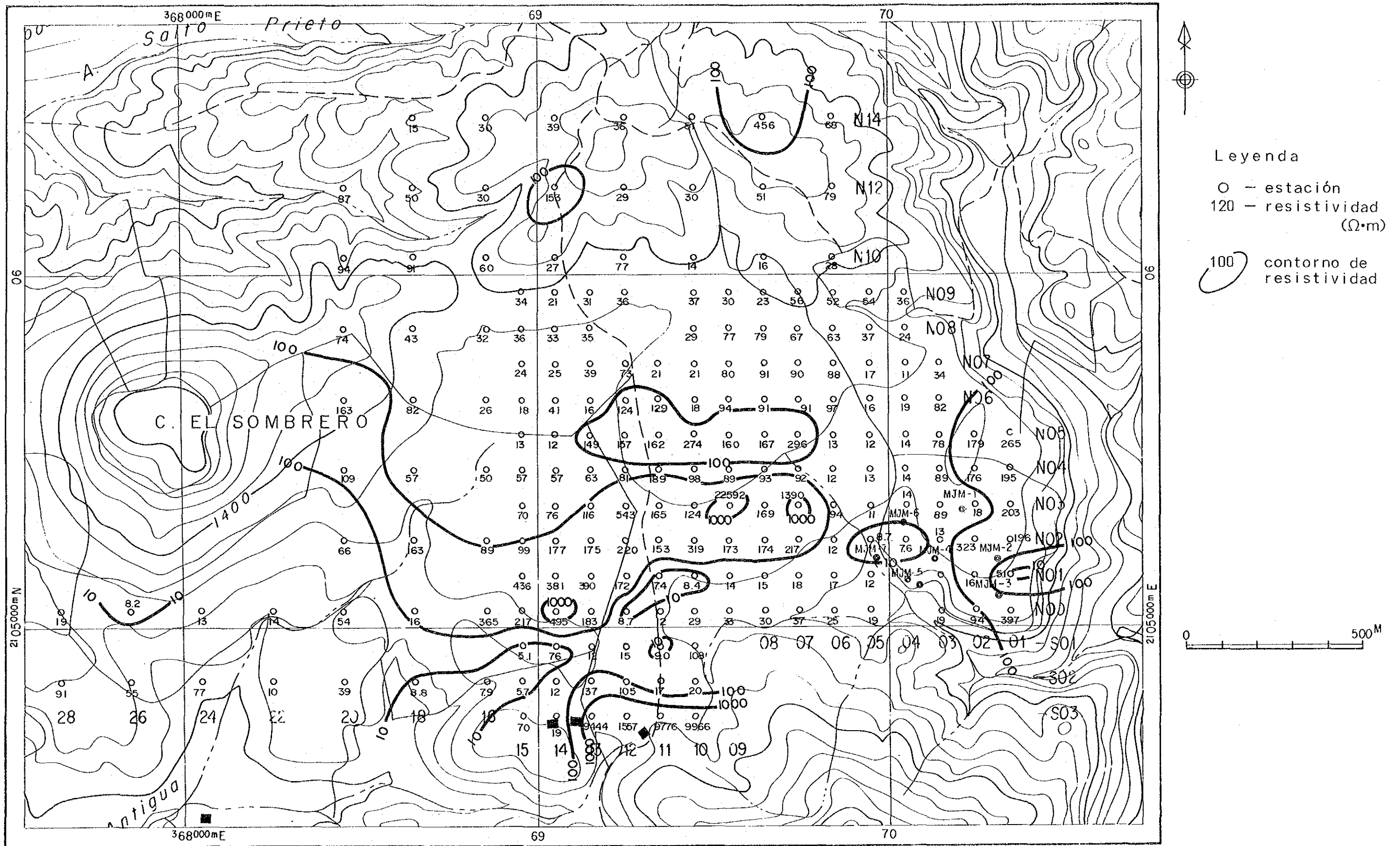


Fig. II-1-36 Plan de la Estructura de Resistividad(100m de Profundidad)  
 Area Tizapa

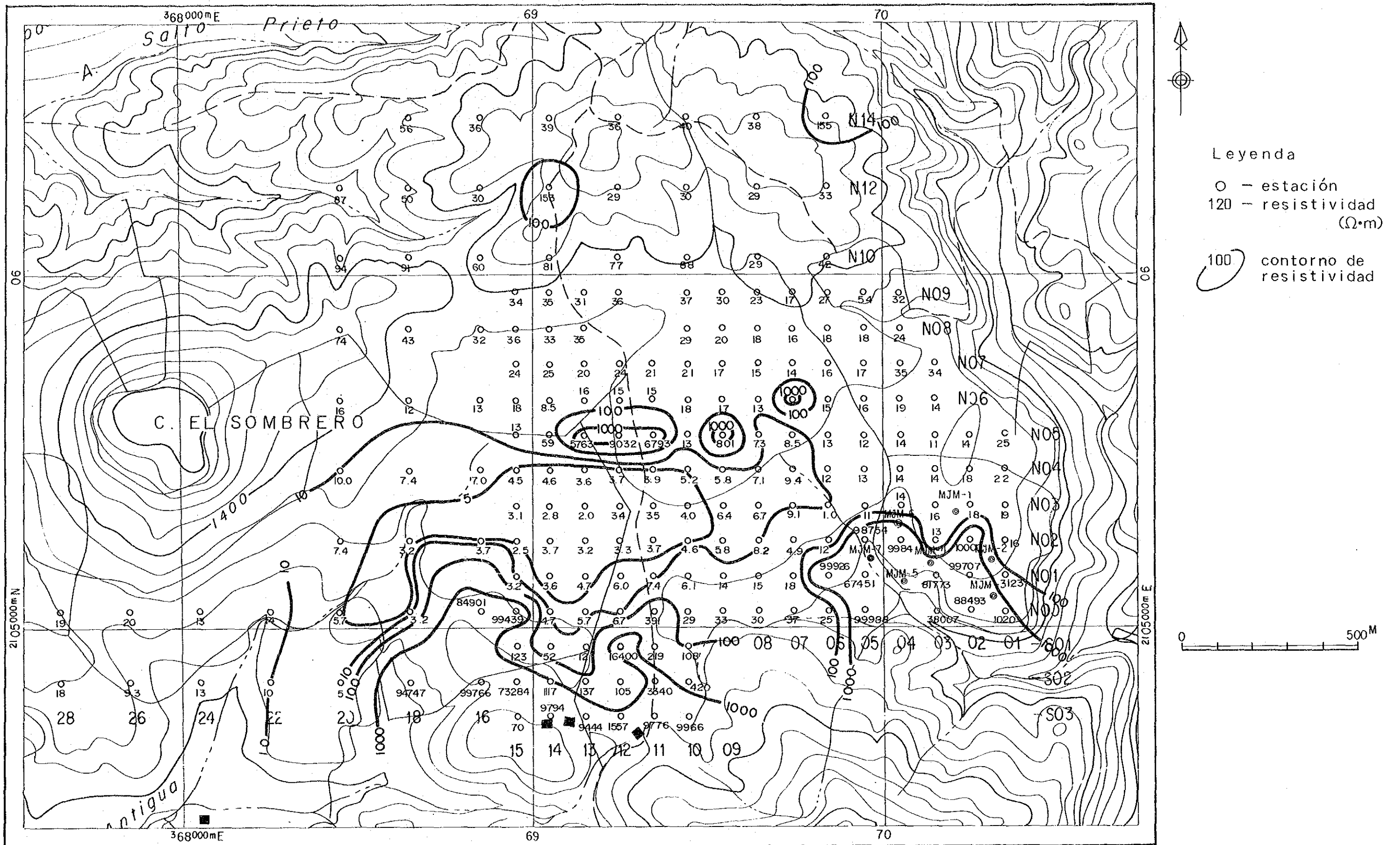


Fig. 11-1-37 Plan de la Estructura de Resistividad(200m de Profundidad)  
 Area Tizapa

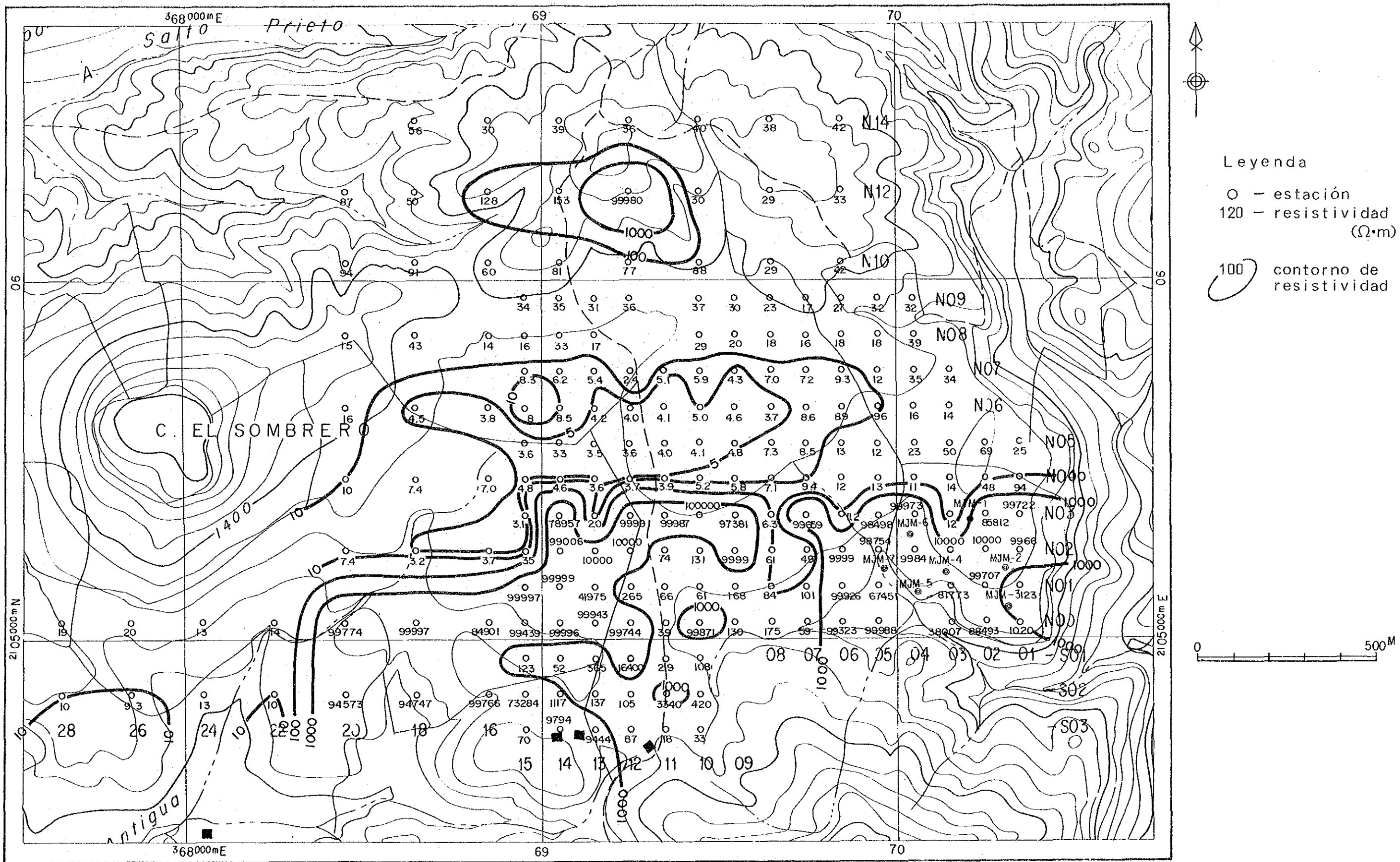


Fig. II-1-38 Plan de la Estructura de Resistividad(300m de Profundidad)  
 Area Tizapa





diferencia en la distribución del segundo estrato en la dirección este-oeste a partir de las estaciones 10 a 11. Es decir, en el lado este de la misma se observan baja y mediana resistividad, pero en el lado oeste es de suponer que existe latente un estrato de baja resistividad de menos de 10 ohmios·m, que muestra una tendencia a que el espesor del estrato aumente un poco en la parte más al oeste que la estación 16. La parte menos profunda muestra un valor aproximado de unos 200 ohmios·m, teniendo un espesor de unos 100 metros, pero hacia el lado oeste tiende a aumentar.

(Sección de la línea de medición N01)

Los valores del segundo estrato son menores que 20 ohmios·m por toda la parte, y especialmente en la parte más al oeste que las estaciones 01 y 10 este fenómeno es más significativo. El cambio de espesor del estrato es pequeño, siendo de unos 100 metros. Pero según los datos de perforación es de suponer que el estrato de 5 ohmios·m se debe al yacimiento y a la zona alterada y mineralizada por la falta del estrato de grafito. El valor del primer estrato es algo alterado y el espesor del estrato es de unos 100 metros, mostrando una tendencia a aumentar hacia el oeste.

(Sección de la línea de medición N02)

Existe latente un estrato de baja resistividad de unos 10 ohmios·m a una profundidad de unos 100 a 150 metros por debajo de la superficie de la tierra, y el espesor del estrato cambia grandemente en el lado este donde ya se ha confirmado la existencia del yacimiento, siendo de 100 m hasta la estación N0212 y en el lado oeste del mismo existe una tendencia a aumentar. El segundo estrato del lado este en el que ya se ha confirmado la existencia del yacimiento no muestra un valor tan bajo como el del lado oeste, pero por falta del estrato de grafito, según los datos analizados, así como por la profundidad del análisis, es de suponer que este estrato de baja resistividad se debe a la zona alterada y mineralizada o al yacimiento. En el primer estrato se destacan los valores de unos 200 ohmios·m, lo cual se debe supuestamente a la existencia del basalto, y además en cuanto a los valores del

estrato más bajo, en algunas partes no se puede establecer el valor absoluto según la estación, pero en general muestra un valor alto, según lo cual se puede suponer que se debe a la existencia del esquisto de sericita que se encuentra por debajo de la capa subbase del yacimiento.

(Sección de la línea de medición N03)

En comparación con la línea de medición N02, el espesor del estrato es grueso, especialmente en las estaciones 02 a 05, siendo de unos 200 m, el que muestra un aspecto diferente a los otros. Con respecto a lo demás, muestra una distribución idéntica.

(Sección de la línea de medición N04)

Se observa un desarrollo significativo del estado de resistividad en el lado más al oeste. Es decir, el espesor del estrato es de 150 m hasta alrededor de la estación 13, pero en la parte más al oeste el espesor del estrato aumenta drásticamente, siendo posible suponer que será de más de 300 m en la estación 18. El valor del primer estrato es de unos 200 ohmios·m en el lado este y menor de 100 ohmios·m en el lado oeste, sin presentar un cambio en el espesor del estrato.

(Sección de la línea de medición N05)

Se ha analizado un estrato delgado de alta resistividad de poco menos de 200 m desde la estación 07 a la 15. Es de suponer la existencia de un estrato de resistividad más baja de 10 a 15 ohmios·m en la parte superior y uno de aproximadamente 5 ohmios·m en la parte inferior entre los que se encuentra intercalado dicho estrato de alta resistividad.

(Sección de la línea de medición N06)

Se puede suponer la existencia latente del estrato de alta resistividad, al igual que la línea de medición N05 desde las estaciones 07 y 11 hasta la 13. El primer estrato se vuelve drásticamente delgado en las estaciones 13 a 16. Asimismo la profundidad de menos de 10 ohmios·m que corresponde al estrato más bajo aumenta en general que la línea de medición N05.

(Sección de la línea de medición N07)

Es de suponer que el estrato de menos de 10 ohmios·m se

encuentra en la parte más profunda. El segundo estrato oscila entre 15 y 35 ohmios·m, sin presentar el cambios en el espesor del estrato.

(Sección de la línea de medición N08)

El estrato de baja resistividad con un valor de menos de 10 ohmios·m muestra una tendencia a profundizarse más, siendo posible suponer la existencia latente a una profundidad de unos 300 metros desde la estación 07 hasta la 09. En cuanto al valor de resistividad en las partes menos profundas, se observa un valor aproximado de 40 ohmios·m en el lado oeste, siendo el espesor del estrato en general grueso, el que muestra un aspecto diferente al del lado este.

(Sección de la línea de medición N09)

Es de suponer que el estrato de baja resistividad que se encuentra en la parte más profunda, analizado por la línea de medición N08, esta situado en una zona más profunda. En las demás estaciones, no se ha analizado un estrato de baja resistividad que continuaba por toda la parte de la plataforma de Tizapa. Se puede suponer que el primer estrato corresponde al esquisto que está distribuido en este área, mostrando un valor alto en el lado oeste y un valor bajo en el lado este, asimismo se reconoce un cambio en la configuración de la distribución.

(Sección de la línea de medición N10)

Se han analizado un estrato de baja y mediana resistividad a una profundidad de unos 50 metros por debajo de la superficie de la tierra en todos los puntos y además un estrato de una resistividad de unos 100 ohmios·m a una profundidad de 100 m debajo de la superficie. Especialmente desde las estaciones 12 y 16 hasta la 20, se puede suponer la existencia latente del estrato delgado de baja resistividad, sin embargo la explicación geológica se desconoce. El primer estrato muestra un valor de alta resistividad, que cual es de suponer se debe al esquisto.

(Sección de la línea de medición N12)

Al igual que la línea de medición N10, se ha analizado un estrato delgado de baja resistividad desde las estaciones 14 y

18 hasta la 20. En las demás estaciones, se observan valores de mediana y alta resistividad desde la parte menos profunda hasta la profunda.

(Sección de noroeste - sudeste)

La distribución del estrato de baja resistividad que se puede atribuir al estrato de grafito comienza más o menos desde N0103, desarrollándose hacia el lado noroeste, pero más al norte que la N0810 dicha distribución desaparece, en lugar de la cual se puede suponer la existencia de un estrato de baja resistividad local en las partes menos profundas alrededor de N10 a N12. El valor del segundo estrato a N0002 es de 33 ohmios·m, siendo la resistividad mediana. Esto coincide con el hecho de que MJM-3 no ha detectado una indicación de mineralización predominante.

(e) Diagrama de panel de la estructura de resistividad

Con el fin de obtener una imagen estereoscópica de la estructura de resistividad, el resultado del análisis de la estructura de resistividad para cada sección se ha dibujado tridimensionalmente en la Figura II-1-39 para elaborar un diagrama de panel de la estructura de resistividad. Como se puede observar en la Figura, se reconocen el desarrollo y la distribución de la zona de baja resistividad hacia el noroeste.

(f) Plan de la profundidad superficial y inferior de la baja resistividad

A continuación se muestran las Figuras II-1-40 y II-1-41 en las cuales se presentan los planes de la profundidad desde la superficie de la tierra hasta el nivel superior, así como también de la profundidad hasta el nivel inferior del estrato de baja resistividad. Al observar la distribución de la profundidad hasta el nivel superior, el cambio de profundidad oscila entre 50 y 150 metros, y la parte central de la plataforma de Tizapa muestra la profundidad mayor, que es unos 150 metros. Es de suponer que esta profundidad corresponde al estrato de basalto.

Por otra parte, con respecto a la profundidad del nivel inferior, la del lado noroeste tiende simplemente a aumentar, sin embargo alrededor del yacimiento ya existente del lado



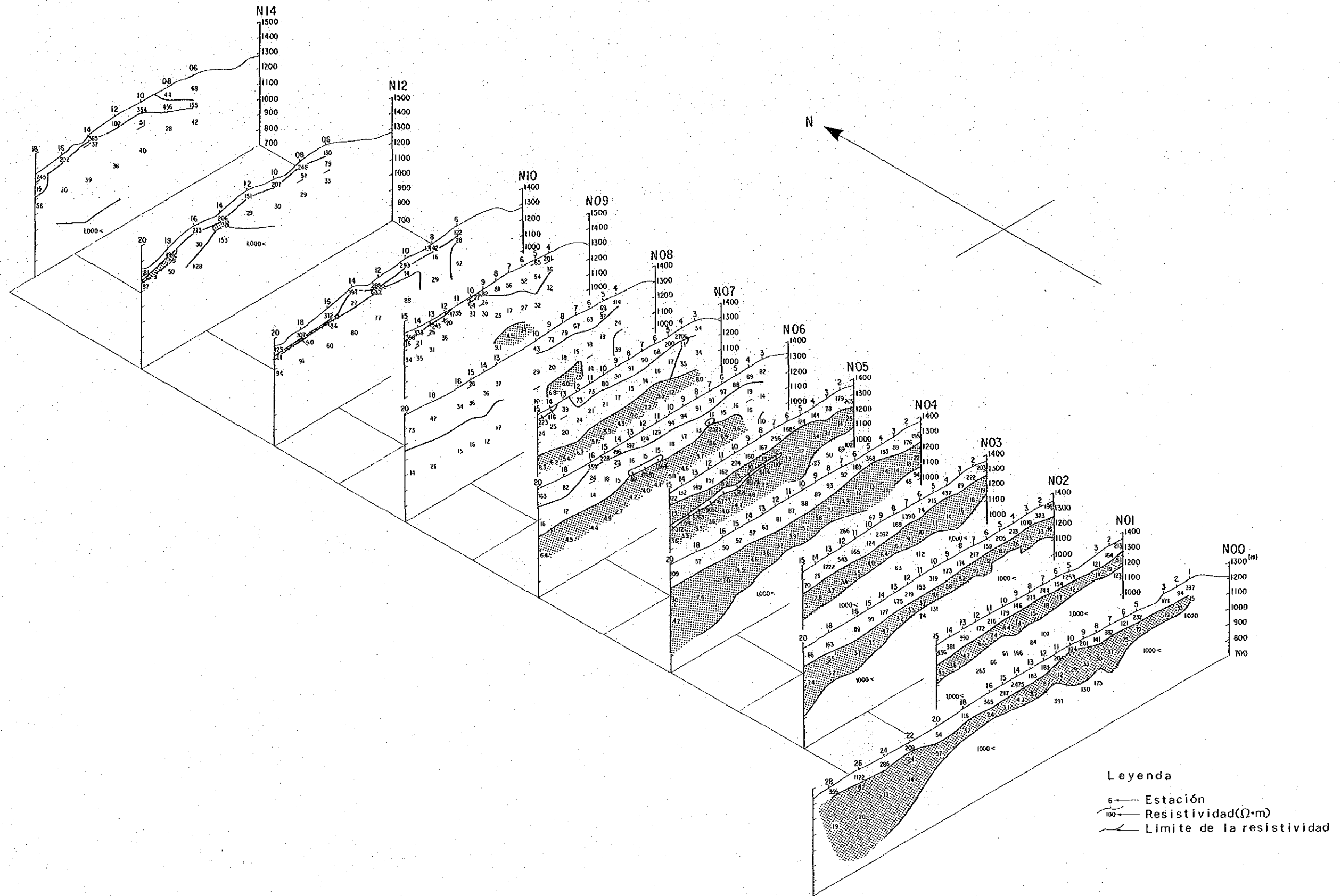
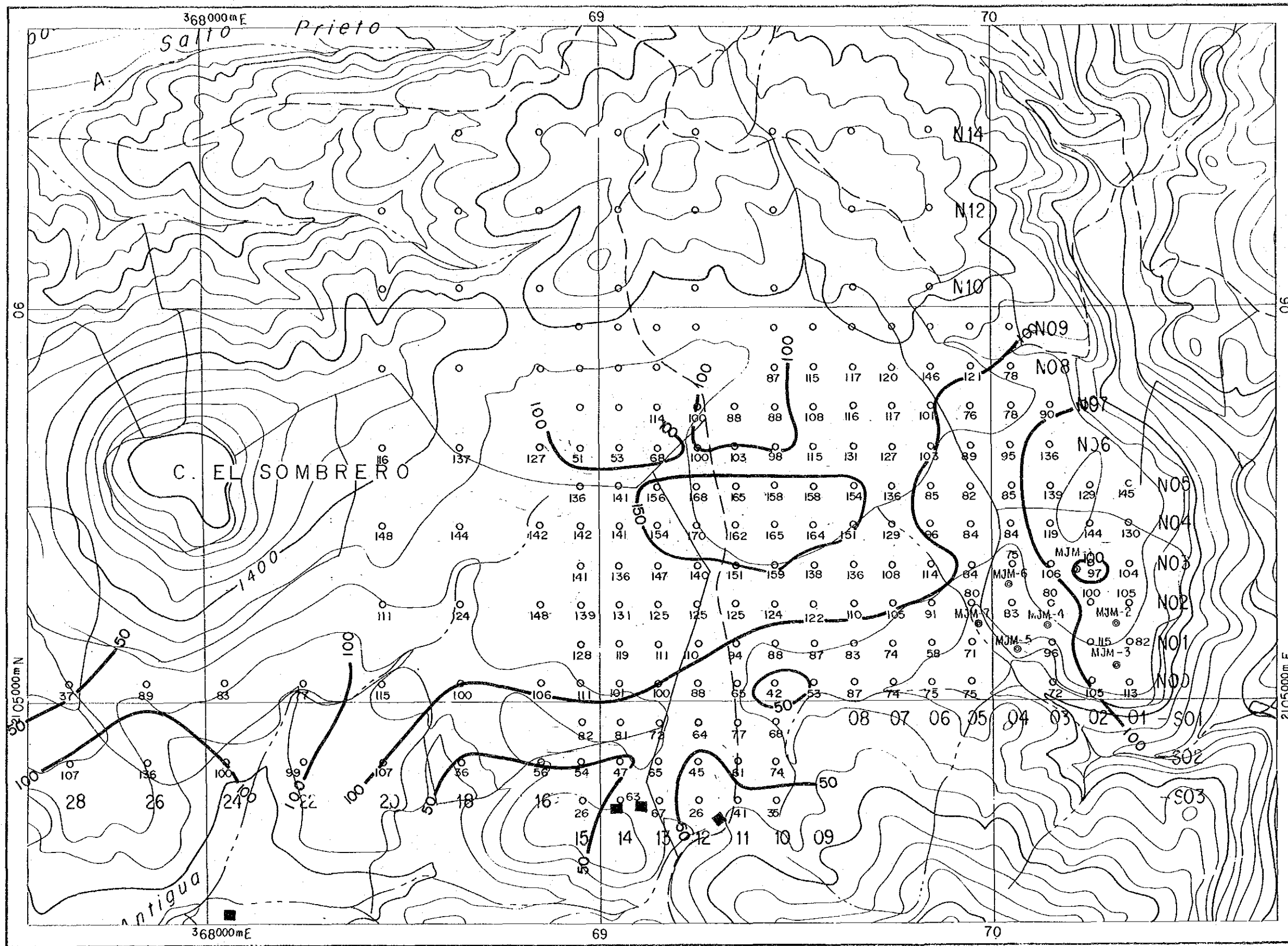


Fig. II-1-39 Diagrama del Panel de Estructura de Resistividad, Area Tizapa



- Leyenda
- O - estacion
  - 120 - profundidad(m)
  - 100 contorno de la profundidad



Fig. II-1-40 Plan de la Profundidad Superficial de la Baja Resistividad  
Area Tizapa



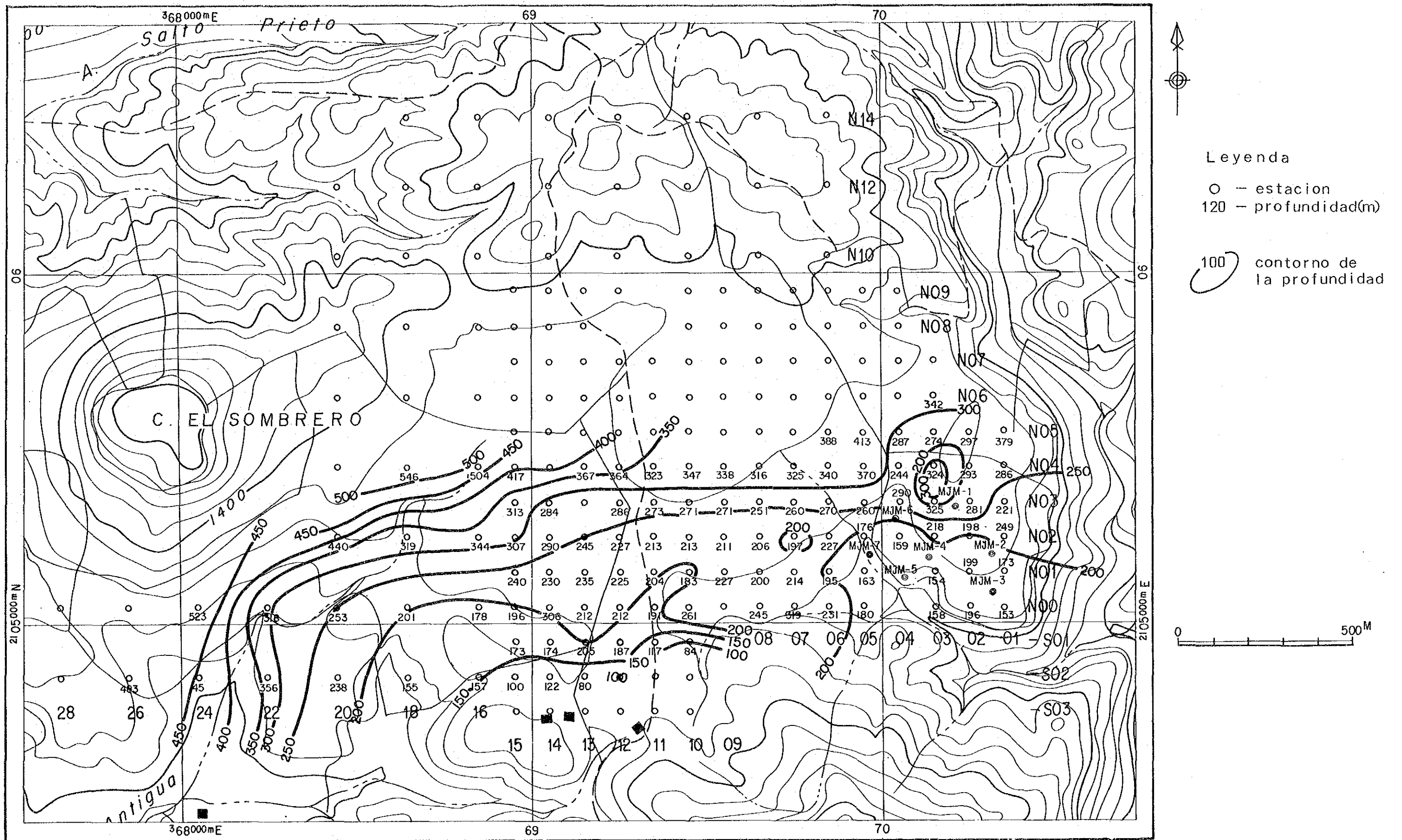


Fig. II-1-41 Plan de la Profundidad Inferior de la Baja Resistividad  
Area Tizapa



sudeste, existe un gran cambio. Al observar la línea de nivel de 250 m, está distribuida hasta el punto ubicado a 2 km hacia el lado oeste de la zona del yacimiento existente, lo cual es significativo desde el punto de vista de la exploración.

En esta zona la comprensión de la configuración de la distribución de los estratos de grafito puede ser un gran índice para la orientación de la exploración, por lo que pensamos que estos datos desempeñarán un papel importante en las actividades de sondeo.

#### (7) Conclusión

(a) Tanto el basalto como el esquisto que están distribuidos en la zona objeto de la investigación muestran un valor de resistividad de unos 50 a 2,000 ohmios·m, no siendo posible reconocer una clara diferencia en la resistividad. En cuanto al esquisto de sericita o al esquisto clorítico que se encuentran latente en la capa subbase del yacimiento, hay muchas estaciones en las que no se puede establecer un valor absoluto, observándose una alta resistividad igual a la del basalto y la del esquisto.

(b) La zona de baja resistividad está distribuida por toda la parte de la plataforma de Tizapa, de lo cual se supone que es el estrato de grafito, que muestra una tendencia a desarrollarse hacia el lado noroeste. Especialmente el lado oeste muestra una tendencia a la baja resistividad.

(c) Como se puede saber claramente en base al resultado del análisis en las estaciones N0001 y N0201, se ha analizado en los puntos que suponen la falta del estrato de grafito, el estrato de baja resistividad a una profundidad a la cual se encuentra el yacimiento, por lo tanto está claro que el mismo yacimiento mostrará una baja resistividad.

(d) Como es de suponer que el estrato de grafito está distribuido ampliamente con un espesor bastante grueso por toda la parte de la plataforma de Tizapa, la discriminación del horizonte del yacimiento y del estrato de grafito será difícil desde el punto de vista de la resistividad. Sin embargo, como el yacimiento se encuentra dentro del estrato de grafito o en el límite entre el estrato de grafito y el esquisto de sericita

de la capa subbase, la aclaración de la distribución de los estratos de grafito será, como requisito necesario, una de las informaciones importantes en la estrategia de la exploración posterior.

(e) El aspecto de la estructura de la resistividad subterránea en la parte mas al norte que las estaciones N8 a 10 cambia completamente en comparación con la del lado sur, siendo posible suponer que el estrato de baja resistividad que se encuentra comúnmente en la plataforma de Tizapa ha desaparecido. Con respecto a este punto, se puede pensar en la posibilidad de que ya se ha excedido el límite de detección mediante el método TEM, debido al aumento de la profundidad del estrato de resistividad, por lo que se requerirá un estudio futuro.

(f) Un estrato delgado de baja resistividad ya se ha analizado en la parte oeste de la línea de medición N10 a 12, cuya explicación geológica no se conoce todavía.

(8) Observación sobre el método de investigación futuro

(a) En base a la suposición de que la estructura de la resistividad que se encuentra en el lado oeste de la zona del yacimiento actualmente confirmada continua bajo las mismas condiciones tanto de profundidad como de magnitud, es de juzgar que la exploración en esta zona será válida.

(b) De acuerdo con el resultado del análisis, la estructura de la resistividad en la zona del yacimiento existente presenta un aspecto complicado. Es de suponer que se debe a la falla o a un efecto secundario del fenómeno de mineralización, en contraste con lo cual, la estructura de la resistividad en el lado noroeste muestra una tendencia simple en comparación con la de la zona del yacimiento existente. Frente a estos resultados, se puede, comprender que el lado oeste o el nornoroeste es más prometedor que el lado noroeste.

(c) En todo caso, de acuerdo con el resultado de esta investigación, hemos llegado a la conclusión de que la búsqueda directa del yacimiento en estas zonas mediante el método de exploración eléctrica es difícil. En consecuencia, pensamos que será necesario intentar un método que pueda captar otras

informaciones talos como la resistividad del método IP, por ejemplo, en la parte oeste o nornoroeste de la zona del yacimiento existente.

### 1-3-2 Investigación mediante el Método de Potencial Cargado

#### (1) Método de potencial cargado

Se ha realizado el método de potencial cargado con el objeto de investigar la configuración de la existencia del yacimiento de Tizapa, así como la continuidad de la misma.

El método de potencial cargado (Método CP) se traduce a veces como método Mise-a-la-masse, y se denomina también el método de carga del cuerpo mineral porque se hace circular la corriente directamente al yacimiento. En este informe se emplea el término 'método CP' con el fin de lograr coherencia en la terminología.

El método CP es un método que se caracteriza por la utilización del cuerpo mineral como fuente de corriente en la exploración del cuerpo mineralizado y conductor que posea una gran diferencia en la conductividad entre el cuerpo mineralizado y la roca huésped, mediante el cual se instala un electrodo en un cuerpo mineral para hacer circular la corriente, y luego se logra la distorsión de la distribución del potencial generado por el flujo concentrado de la corriente, para estimar el estado de existencia del cuerpo mineral.

En este método, es importante que exista una diferencia de más de 20 veces como contraste de conductividad entre el cuerpo mineralizado y la roca huésped. Este método se emplea principalmente en la exploración de la dirección o de la inclinación del yacimiento del tipo vena o del tipo capa. En el caso de que sea posible emplear no solamente la medición sobre la superficie sino también el agujero perforado, se posibilita la comprensión de la distribución estereoscópica del potencial, aumentando la precisión del análisis tridimensional.

La Figura II-1-42 muestra el diagrama de concepto mediante el método CP [Parasnis (1973)].

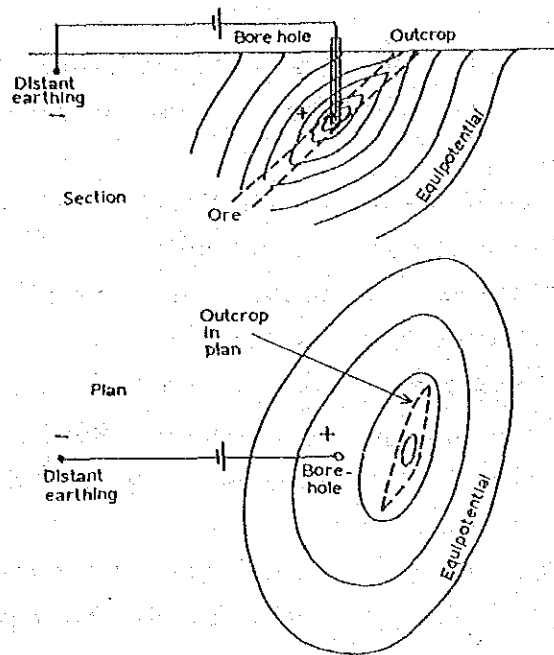


Fig. 11-1-42 Diagrama de Concepto del Método CP, Area Tizapa

(2) Equipos de medición y método de medición

Los equipos utilizados en esta investigación son los siguientes:

Equipo de Medicion	Fabricante	Especificaciones
Transmisor	GEOTRONICS MODEL FT-4	Salida maxima : 3.2 KVA Voltaje maximo : 800 V Corriente : 4 A
Receptor	Toa Denpa Kogyo EPR-200 A Receptor registrador de alta sensibilidad	Impedancia de entrada : 2 MΩ Gama de medicion : 1m V~100 V Velocidad de equilibrio : 300mm/seg. Precision : 0.5% de la escala completa
Preamplificador	Chiba Denshi Kenkyujo CH-10 Amplificador	Impedancia de entrada diferencial: 1MΩ Con compensacion de SP Amplitude : ×10 Gama de frecuencia : DC~50Hz
Electrodos		Electrodo de potencial: Electrodo de barra de acero inoxidable Electrodo de potencial: Electrodo no polarizado de Cu/CuSO <sub>4</sub>

La Figura II-1-43 muestra la distribución de las líneas de medición y las estaciones para esta investigación. Para poder comprender la distribución estereoscópica, es menester la realización no sólo de la medición sobre la superficie del terreno sino también de la medición dentro de los agujeros perforados para prueba, por lo tanto las líneas de medición se instalaron en forma radial en el sentido que une el agujero de prueba MJM-4 que se encuentra posicionado casi en el centro de los 7 agujeros de prueba perforados esta vez, con los demás agujeros, sobre las misma se instalaron las estaciones a intervalos de 20 m sobre cada línea de medición. El número total de estaciones sobre la superficie del terreno es de 149.

Como es necesario instalar un electrodo C1 de los dos electrodos que componen un juego en la zona mineralizada a una profundidad de 149 m del agujero MJM-4 y el otro electrodo a una distancia tal que sea posible ignorar su influencia, el electrodo remoto se colocó, para esta investigación, en un punto ubicado a unos 2.7 km en la dirección nornoroeste del agujero de prueba MJM-4. Además como, en la medición de potencial es necesario, alejar suficientemente el electrodo de referencia del sitio objeto de la investigación, el electrodo de potencial (electrodo P2) se colocó, como el punto de referencia, en un sitio a una distancia aproximada de 1.8 km en el sentrdo oestesudoeste del agujero de prueba MJM-4. El otro electrodo de potencial (electrodo P1) se llama electrodo móvil ya que se utiliza para medir el potencial en cada estación.

Se aplicó una corriente directa conmutada (corriente alternada de forma rectangular constante) de 1.0 A, 0.1 Hz entre los electrodos C1 y C2. El voltaje o medir entre los electrodos P1 y P2 se sometió a una compensación del potencial natural (SP) mediante un preamplificador, y luego se registró directamente en forma analógica mediante el registrador de alta sensibilidad, EPR-200A. Poniendo a tierra el electrodo de potencial de referencia cerca del agujero de prueba MJM-4, se midió el potencial mediante el electrodo de referencia antes y después de la realización de la medición, y se sometió dicha variación de potencial a la compensación.

Para la medición que utiliza los agujeros de prueba, se empleó como el electrodo de potencial para medir el potencial a intervalos de 10 a 20 m una barra de acero inoxidable de una longitud aproximada de 50 cm.

### (3) Método de análisis

En general, se le otorga más importancia, en el método CP, a la distorsión de la distribución del potencial que a la medición del valor de potencial, por lo tanto el análisis cuantitativo es más importante que el cualitativo. Por consiguiente, no se puede descubrir un método de análisis establecido uniformemente, siendo necesario procesar caso por caso. Esto se debe a que el análisis cualitativo es suficiente para este fin, además de que para poder realizar un análisis cuantitativo estricto, es menester aproximar tridimensionalmente tanto la configuración del yacimiento como la estructura de la resistividad subterránea, para lo cual se requiere la utilización durante un tiempo prolongado de una computadora de tamaño y capacidad grandes, lo cual es económicamente imposible en el momento actual.

Como resultado de la investigación de los documentos correspondientes al método CP, no se pudieron encontrar los ejemplos en los cuales se realizó el análisis cuantitativo y en la mayoría de los casos se empleó el análisis cualitativo. Como un ejemplo del análisis cualitativo, se pueden considerar los casos del análisis semi-cuantitativo, en el cual se realiza el cálculo aproximando el yacimiento a una combinación de varios modelos de prisma y se hace una comparación de las características de la distorsión de la distribución del potencial con las de la medición real, para poder suponer la configuración del yacimiento real.

Por esta razón, en esta investigación se realizó el análisis semi-cuantitativo. Como resultado de la perforación de agujeros de prueba, se pudo suponer que el yacimiento de Tizapa tiene una forma aproximada al elipsoide plano, y se simuló el yacimiento con un modelo de elipsoide tridimensional en vez del modelo de prisma.

Para el cálculo, se empleó el método Barnett (1972). Este



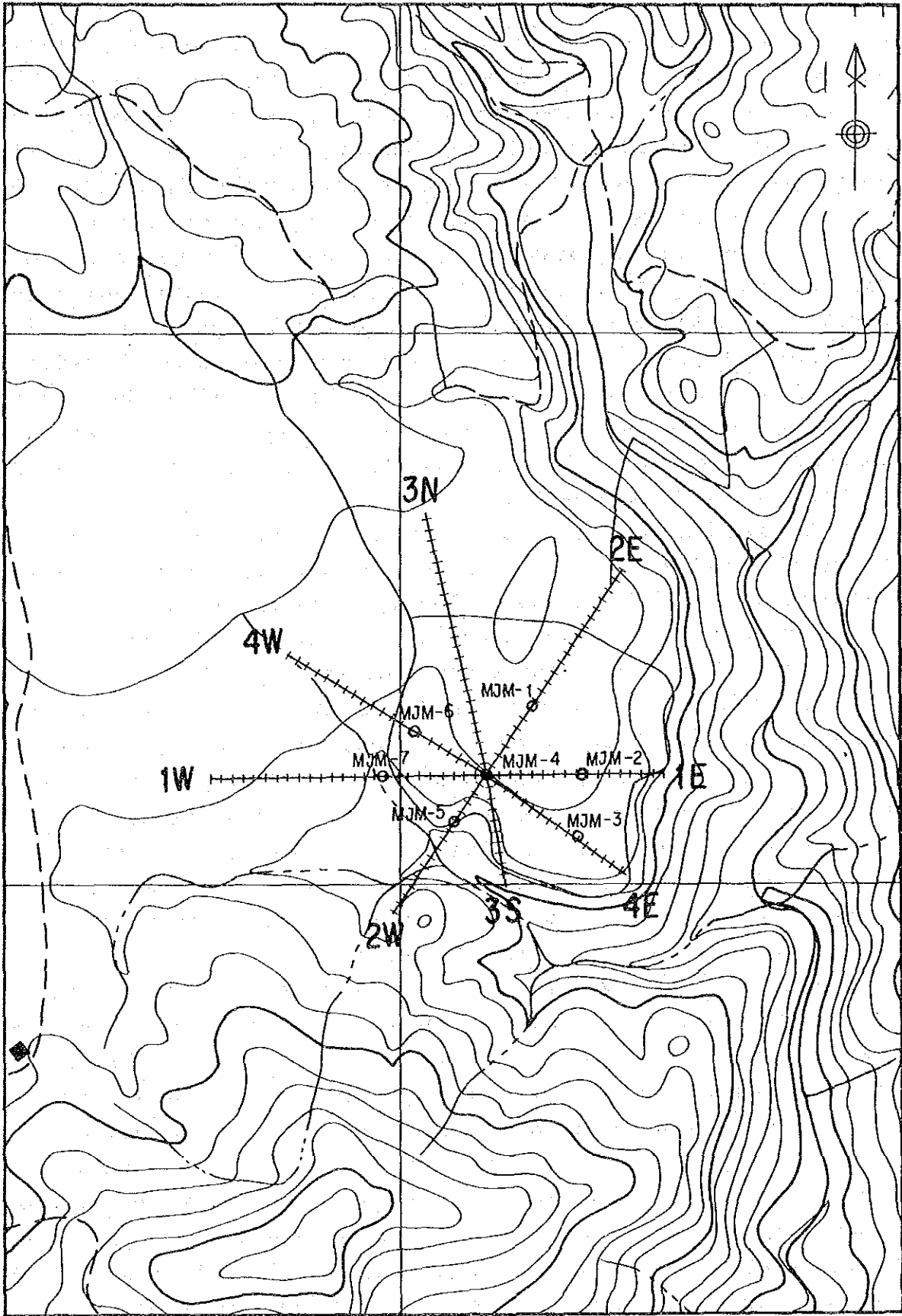


Fig. II-1-43 Diagrama de Configuración de la Línea de Medición y de la Estación por el Metodo CP, Area Tizapa

es un método en el que la superficie del cuerpo elipsoide se divide y aproxima a un triángulo esférico (sector), en el cual se determina la distribución de las cargas que satisfaga las condiciones limitadoras bajo la condición correspondiente. Como se pueden establecer arbitrariamente el radio y la inclinación de los 3 ejes del cuerpo elipsoide, es posible simular un cuerpo elipsoide de forma arbitraria. Por lo tanto para poder dar una característica de la distorsión de la distribución del potencial obtenida en la medición real, el cálculo se realizó cambiando la posición central del cuerpo elipsoide, el radio y la inclinación de los 3 ejes para buscar un modelo del cuerpo elipsoide óptimo procediendo por el sistema de aproximaciones sucesivas, con el fin de conjeturar la configuración de distribución del yacimiento.

También en base a la interpretación cualitativa, se juzgó la continuidad del yacimiento de acuerdo con la distribución del potencial medida dentro de los agujeros de prueba.

- (4) Resultado de la investigación y observación del mismo  
(a) Corrección de las lecturas y medición repetida

La Figura II-1-44 muestra la distribución plana de los potenciales (mV / A) leídos del papel de registro, la cual presenta una configuración anormal de distribución, siendo estrecha la distribución de las líneas de potencial equivalente con un valor muy alto en las líneas de medición 2E y 1E. Especialmente en la línea de medición 2E no solamente, el valor mismo del potencial es alto sino que la diferencia del potencial entre las estaciones adyacentes es demasiado grande siendo de 20 a 40 mV (unos 100 mV entre No. 7 y 8). Esto es claramente anormal. Como la causa de esta anomalía, se puede suponer a) la fuga desde el cable de transmisión, b) la unión electrostática del sistema de transmisión y de recepción, c) un mal funcionamiento del receptor (preamplificador-registrador), d) un desperfecto en la escala de lectura del registrador, etc., por lo que, aunque todavía no es cierto, suponemos, en base al hecho de que el cable de transmisión hacia el electrodo remoto se cruza con la línea de medición 2E pasando por el intersticio entre las líneas 1E y 2E, que la causa sería a) o b).

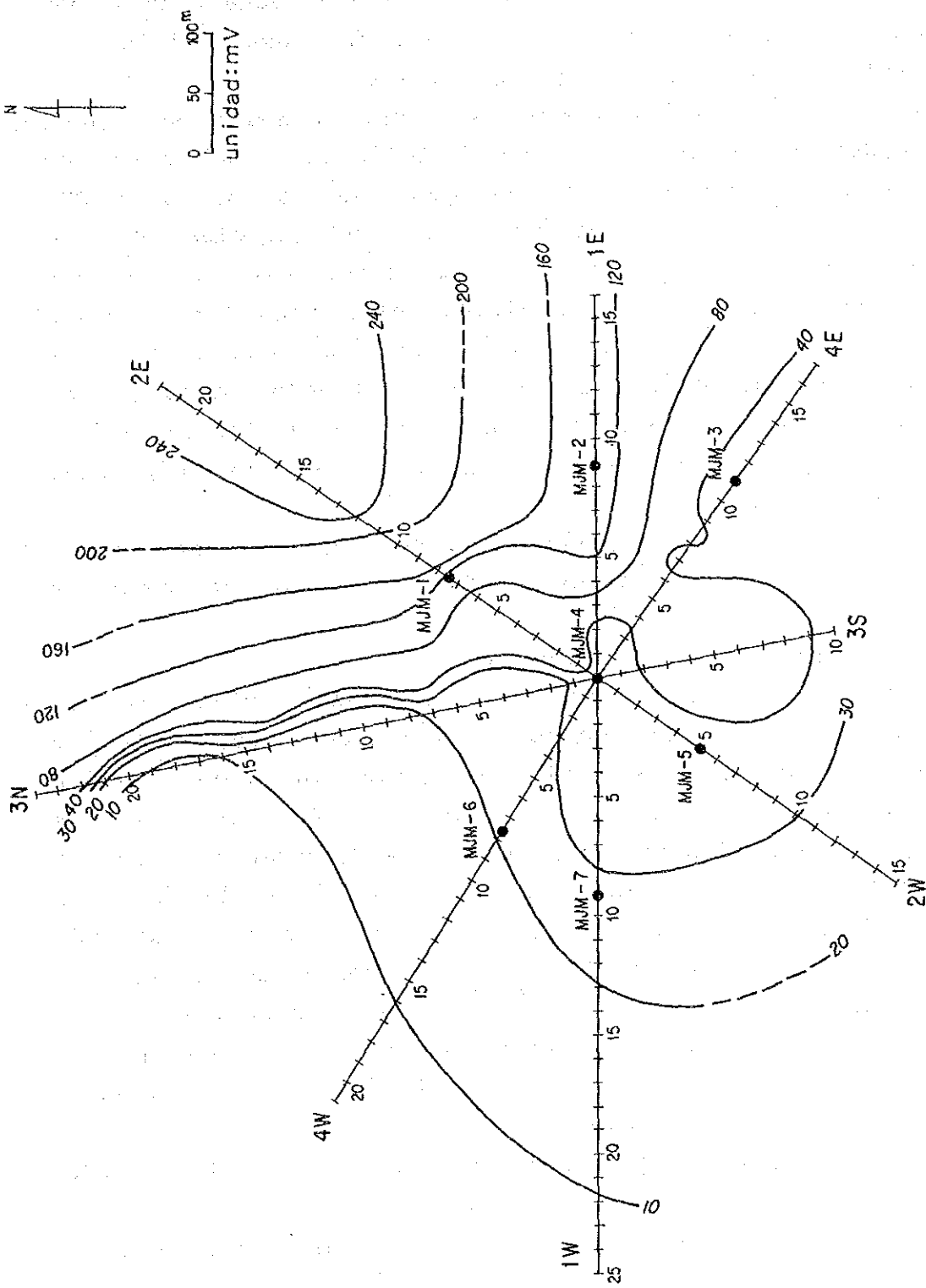


Fig. 11-1-44 Diagrama de Distribución del Plan del Potencial Constante por el Método CP, Area Tizapa

Por lo tanto se ha realizado la siguiente observación utilizando los datos para la nueva medición llevada a cabo por CRM (Consejo de Recursos Minerales). Para la nueva medición, se ha utilizado el receptor, SCINTEREX IPR-8 IP.

Como resultado de la nueva medición, juzgamos que ambos son adecuados salvo las líneas de medición 1E y 2E, pero con respecto a las líneas 1E y 2E, juzgamos que los datos de CRM son más correctos al observar la configuración de la distribución de los potenciales. En la comparación de los dos receptores utilizados en esta medición, el registrador EPR-200A y el receptor IPR-8IP, el segundo se destaca sobre el primero por la capacidad de rechazo del ruido en el modo común, por lo que pensamos que la anomalía que ocurrió en las líneas de medición 1E y 2E se debe, tal como se ha explicado anteriormente, a a) o b).

Por lo tanto, se ha realizado la observación, compensando los datos en base a los datos de CRM, de modo que ambos se adapten.

(b) Distribución plana del potencial

La Figura II-1-45 muestra la distribución plana de los potenciales en base de los datos medidos nuevamente, en la que la anomalía de altos potenciales de las líneas de medición 2E y 1E que se encontraba en la Figura II-1-44, mostrando una configuración de la distribución suave. Se observan las crestas de alto potencial que tienen una forma de elipsoide desde la línea de medición 3S hasta la 2S, en base a la cual se extiende la línea de potencial equivalente en forma de anillo de elipsoide. En base a las características de la distribución del potencial para cada línea de medición, es de suponer que la inclinación de la zona de baja resistividad que refleja la existencia del yacimiento será:

LINEA - 1 : Inclinación desde el oeste hacia el este, aunque no es cierta.

LINEA - 2 : Inclinación desde el sur (suroeste) hacia el norte (noroeste)

LINEA - 3 : Inclinación desde el sur hacia el norte

LINEA - 4 : Inclinación desde el este (sureste) hacia el oeste (noroeste)

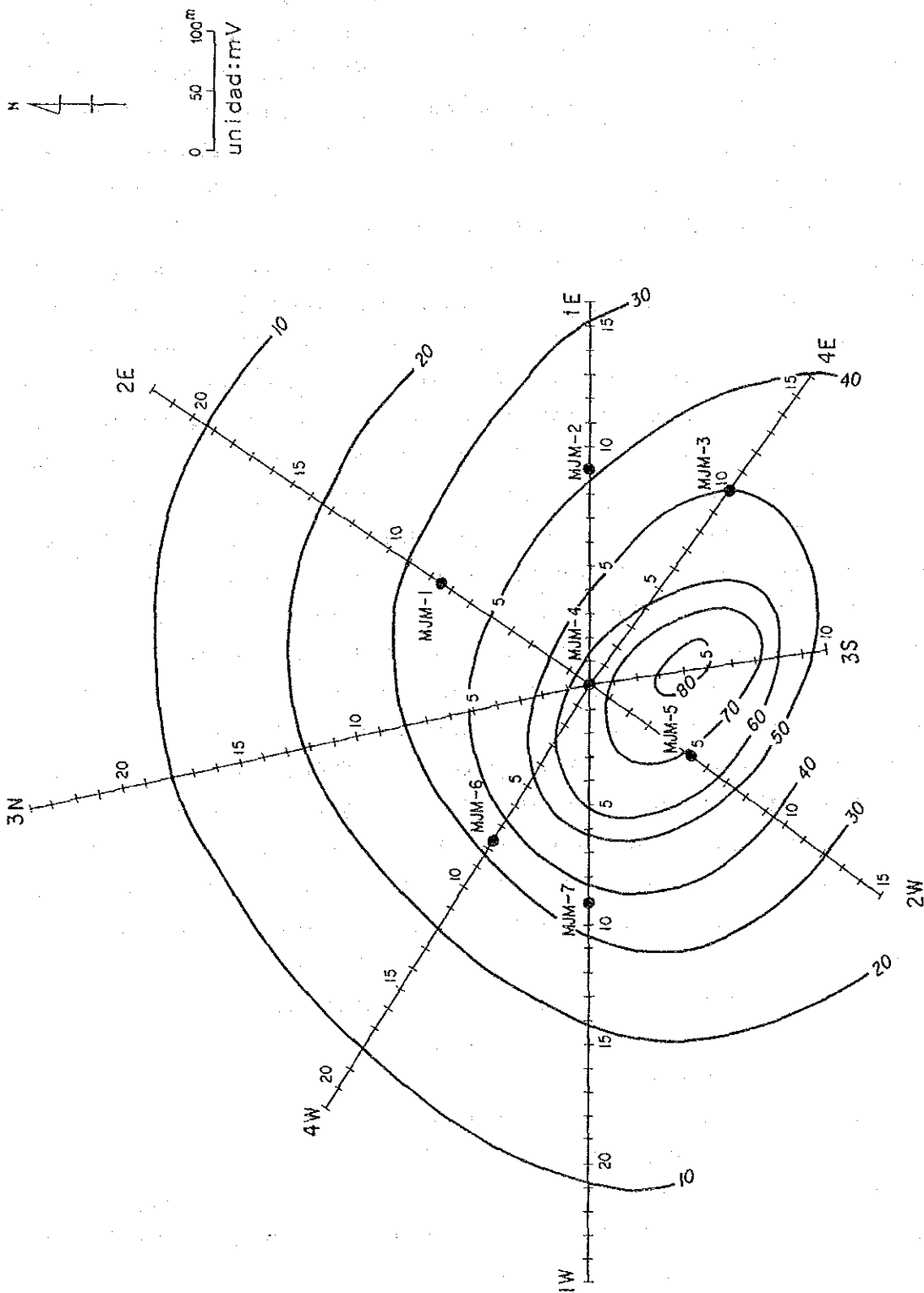


Fig. 11-1-45 Diagrama de Distribución del Plan del Potencial Constante por el Método CP (Datos Remedios), Area Tizapa

Dentro de las mismas, la inclinación de la LINEA-1 de medición es inversa a la de los datos obtenidos en los agujeros de prueba. Con respecto a la cause, es de pensar que el espesor del basalto de la capa superficial que indica alta resistividad está relacionado con el pequeño aumento del mismo en el lado de la línea de medición 1E. En todo caso, como resultado de las demás líneas de medición, es de suponer que la zona del yacimiento está inclinada hacia el lado norte y noroeste.

En base a la observación antes mencionada, se cálculo a distribución del potencial, simulando el yacimiento como un cuerpo elipsoide tridimensional (cuerpo elipsoide plano). Se procedió por el sistema de aproximaciones sucesivas a realizar el cálculo para que las características de la configuración de distribución se adapte a la de la Figura II-1-45. En cuanto al contraste de resistividad entre el yacimiento y la roca huésped, se determinó a 1:500, en base la resultado de la medición de muestras. La Figura II-1-46 muestra su resultado, el cual está muy semejante a la distribución del potencial indicada en la Figura II-1-45. Tal como se ha indicado en la figura, la configuración del cuerpo elipsoide tiene su centro a una distancia de unos 35 m al sureste del MJM-4 y el eje largo en la dirección de NW-SE (360 m) y el eje corto en la dirección de NE-SW (260 m), siendo de 20m su espesor. En cuanto a la inclinación, la dirección es de N55°W, y la inclinación es de NE25°. Este resultado es algo diferente de la posición central de la distribución y la inclinación del yacimiento real. O sea, es de suponer que el yacimiento real muestra más espesor entre el MJM-4 y el 2, siendo inclinado el conjunto del yacimeitno en la dirección de NW. Esta diferencia estriba en que el cálculo se realiza en el supuesto de que la estructura de resistividad de 3 estretos (alto-bajo-alto) desde la superficie de la tierra hasta la parte más profunda sea una tierra uniforme, y que el yacimiento se ha simulado como un simple cuerpo de elipsoide. Para hacer corresponder la distribución del yacimiento real con el resultado del análisis calculado, será necesario considerar especialmente la configuración de la base de alta resistividad.

(c) Distribución del potencial dentro de los agujeros de prueba

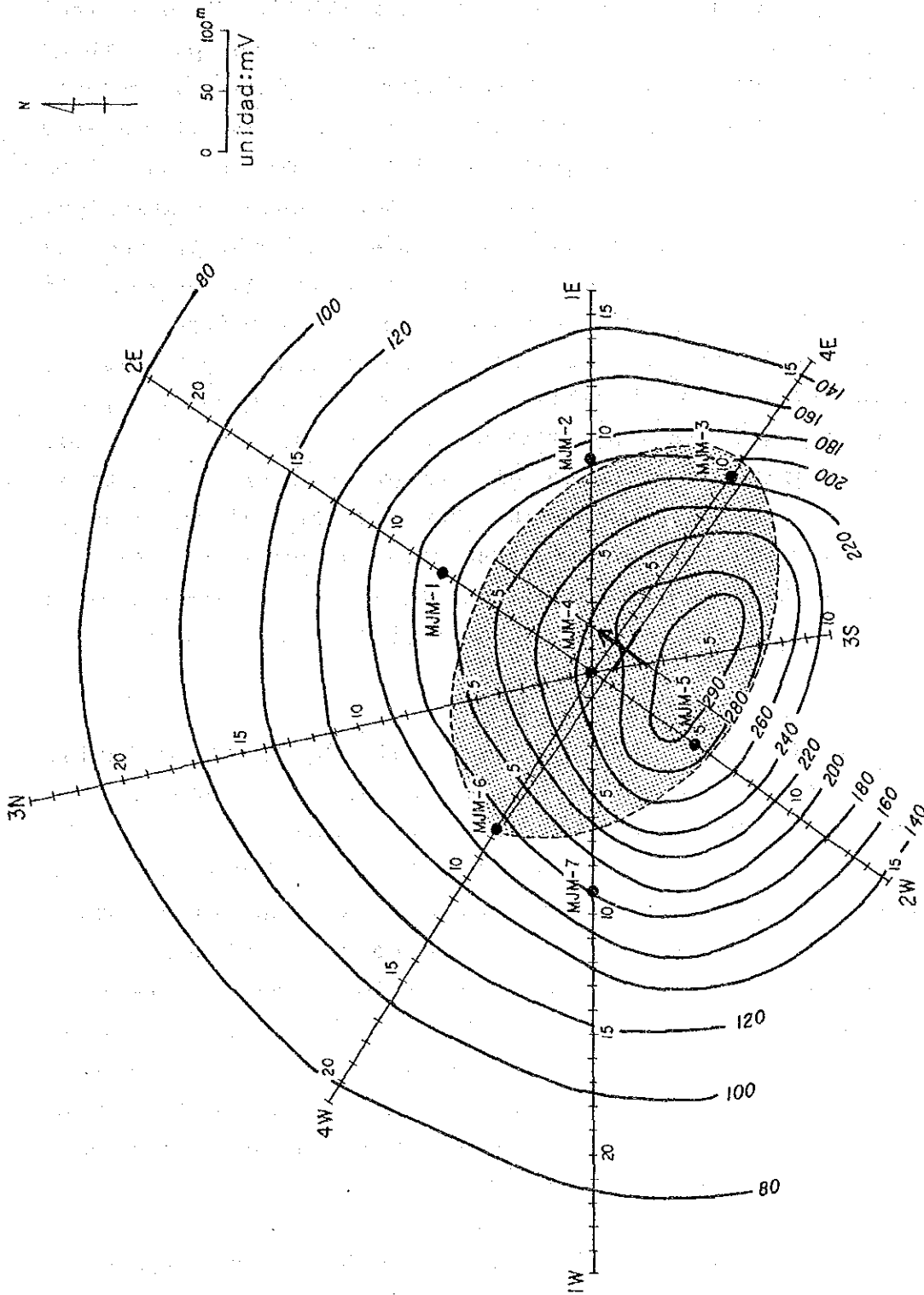


Fig. 11-1-46 Diagrama del Resultado del Analisis por el Metodo CP  
Area Tizapa

Con el fin de investigar la continuidad del yacimiento, se realizó la medición del potencial a intervalos de 20 m a dentro de los 7 agujeros de prueba, de MJM-1 a MJM-7. El electrodo insertado previamente en el agujero MJM-1 no se pudo mover siendo captado, por lo tanto la medición se limitó a un solo punto del yacimiento. El resultado de la medición se muestra en las Figuras II-1-47 a II-1-49 en forma de perfil. La línea de puntos en la figura muestra el coeficiente geométrico, correspondiente a la distribución del potencial con la premisa de que la resistividad del terreno es uniforme. Se observa la variación secular entre el resultado de esta medición y el medido, por lo tanto su diferencia se dibujó gráficamente tomando como referencia el potencial de la entrada del agujero. Esto significa que la importancia reside no en el valor absoluto del potencial sino en el cambio relativo del mismo, así que no se presentan problemas. Con respecto al agujero de prueba MJM-6, son armónicos son los datos de CRM. A continuación se muestran las características de la distribución del potencial para cada línea de medición y cada agujero de prueba.

Línea de medición 1 (Figura II-1-47):

Tanto en el agujero MJM-2 como en el MJM-7, el potencial alrededor del yacimiento está elevado localmente en unos 10 mV, lo cual indica una concentración de la corriente, insinuando la posibilidad de la continuidad del yacimiento. Pero alrededor del MJM-7 ya se ha confirmado la existencia de una falla, sobre la cual es de suponer que el yacimiento no es continuo. Por lo tanto, es de suponer que la anomalía local en el MJM-7 se deba a que las rocas de alta resistividad de la capa subbase del yacimiento limitan la circulación de la corriente, provocando una concentración local de la corriente en las rocas de baja resistividad que se encuentran en el lado del yacimiento y de la capa base del mismo.

Línea de medición 2 (Figura II-1-48):

También en el agujero de prueba MJM-5, el potencial es alto alrededor del yacimiento, insinuando la continuidad del yacimiento. Aunque no es cierto debido a la medición en sólo un





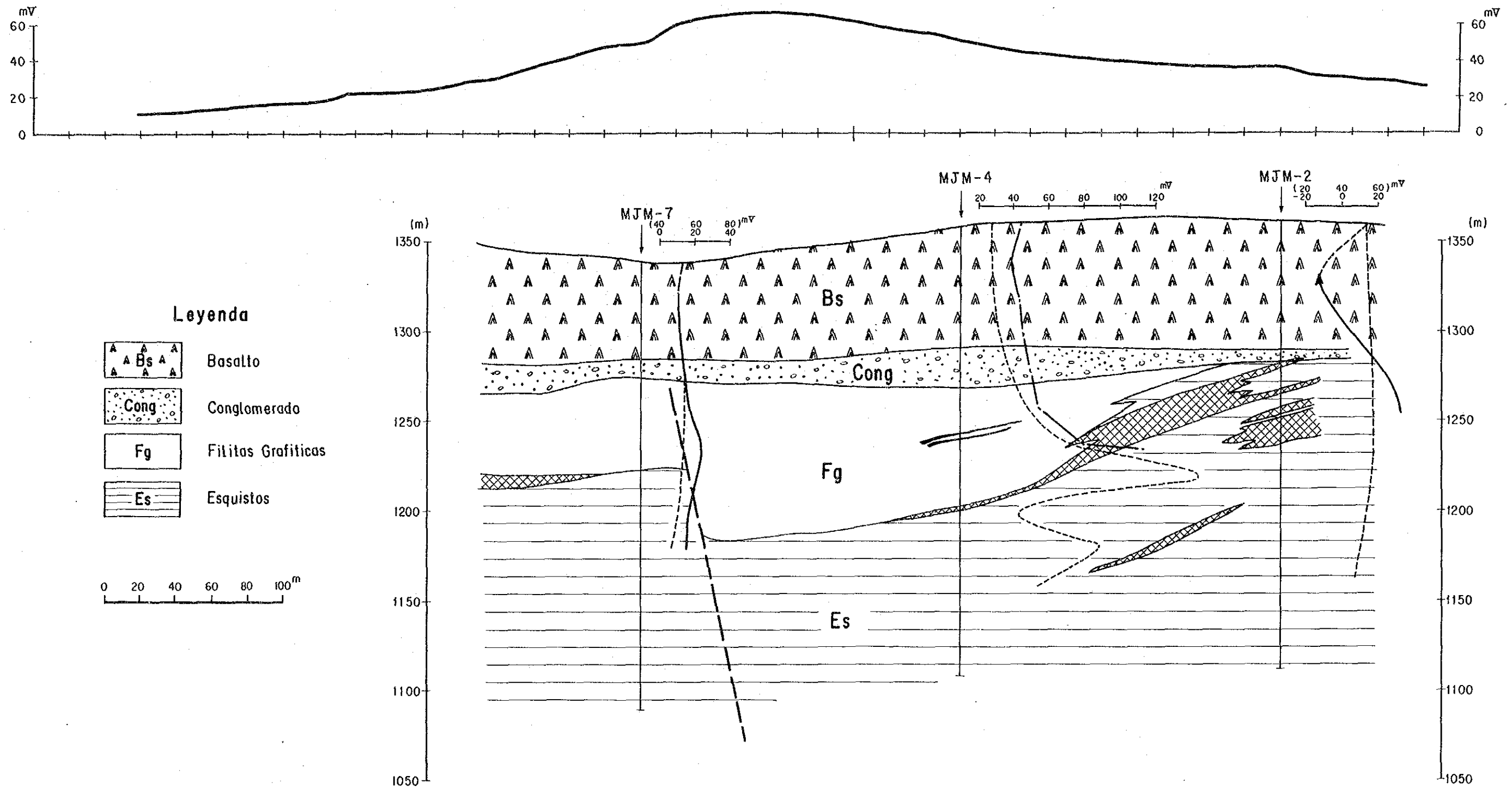


Fig. II-1-47 Sección del Resultado de la Medición por el Método CP (Estación 1), Area Tizapa

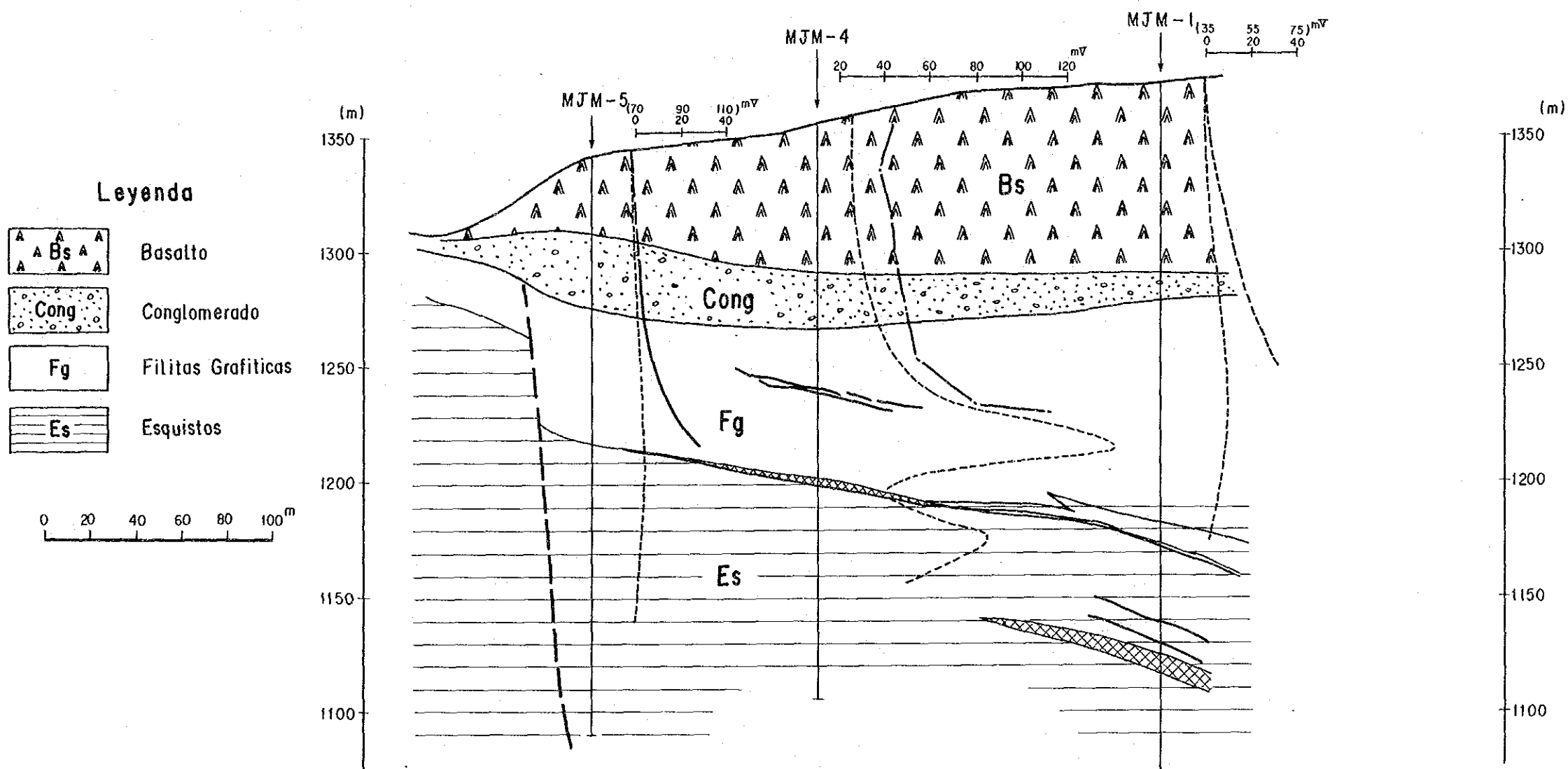
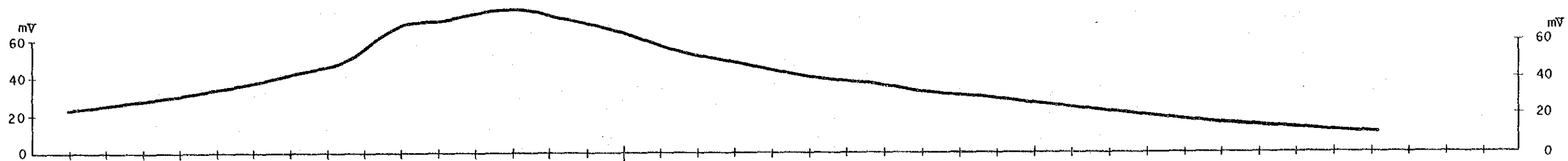


Fig. 11-1-48 Sección del Resultado de la Medición por el Método CP (Estación 2), Area Tizapa

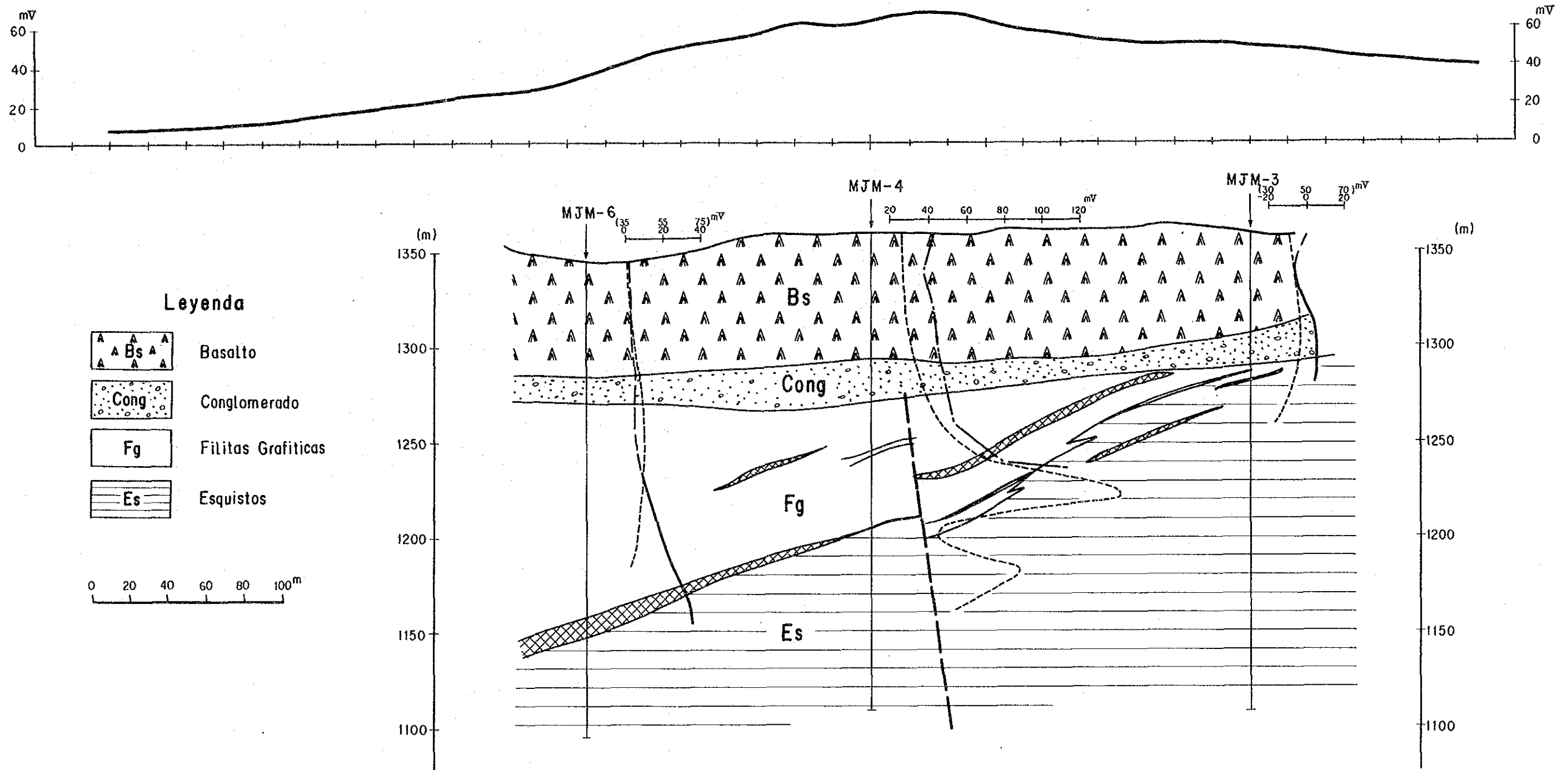


Fig. 11-1-49 Sección del Resultado de la Medición por el Método CP  
(Estación 4), Area Tizapa



punto del MJM-1, como es unos 30 mV más alto que el potencial de la entrada del agujero, es de suponer que la corriente está concentrada y que la zona mineralizada es continua.

Línea de medición 4 (Figura II-1-49):

Tanto en el agujero de prueba MJM-3 como en el MJM-6, el potencial es alto alrededor del yacimiento, insinuando la posibilidad de la continuidad del yacimiento. Los datos obtenidos sobre la superficie de la tierra muestra una elevación delicada cerca del No. 3 al 7 de las líneas de medición 4E, lo cual significa una inclinación del cuerpo de baja resistividad en la dirección del sureste hacia el noroeste, correspondiendo al resultado de los agujeros de prueba.

Tal como se ha explicado anteriormente, en lo que se refiere a los datos sobre los agujeros de prueba CP, es de suponer que la continuidad entre el agujero MJM-4 y los demás agujeros es posible, pero por otra parte como hay un caso en el que la corriente está concentrada, por la influencia de la capa base de alta resistencia, como se ve en el agujero MJM-7, en el estrato de baja resistividad que se encuentra por sobre dicha capa base, siendo posible pensar en la posibilidad de la continuidad aparente, no se puede decidir fácilmente. Especialmente en esta zona investigada, como es claro de acuerdo con el resultado de la investigación por TEM, las rocas de alta resistividad están distribuidas en la parte menos profunda en relación a la superficie de la tierra y en la capa subbase del yacimiento, entre los cuales se encuentra el estrato de baja resistividad, la corriente tiende a concentrarse en este estrato, dando una apariencia de que el yacimiento sea aparentemente continuo. Es necesario prestar atención a esto.

(5) Resumen del resultado de la investigación llevada a cabo.

(a) Con el fin de investigar la configuración de existencia del yacimiento de Tizapa así como la continuidad del mismo, se realizó una investigación mediante el método del potencial cargado con el fin de llevar a cabo la medición sobre la superficie del terreno y la medición en el interior de los agujeros de prueba.

(b) El electrodo C1 se instaló en la posición del agujero de prueba MJM-4 que se encuentra posicionado casi en la parte central de los 7 agujeros de prueba, MJM-1 a MJM-7, desde el cual se instalaron las líneas de medición en la dirección radial hacia cada agujero de prueba, y se realizó la medición a intervalos de 20 m. El número total de estaciones es de 149. También se realizó la medición a intervalos de 20 m en el interior de los agujeros de prueba.

(c) Como se observó una clara anomalía del potencial en las líneas de medición 1E y 2E, la corrección se efectuó de acuerdo con los datos medidos nuevamente del CRM (CONSEJO DE RECURSOS MINERALES), de modo que tenga coherencia con los mismos.

(d) Es de suponer que la dirección del yacimiento sea de NE-WSW a ENE-WSW y su inclinación sea de NE a NNE, según la distribución plana del potencial. Este resultado corresponde más o menos a la configuración del yacimiento supuesta en base de los datos obtenidos en los agujeros de prueba.

(e) Según los datos medidos en los agujeros de prueba, es de suponer que la continuidad del yacimiento entre el agujero de prueba MJM-4 y los demás agujeros es buena.

(f) Sin embargo como se observa en el resultado de la investigación mediante el método TEM, en esta zona investigada, las rocas de alta resistividad se encuentran en la parte menos profunda y en la capa subbase del yacimiento, entre las cuales se encuentran intercalado un estrato de baja resistividad compuesto por el estrato de esquisto de grafito en el lado superior y el lado del yacimiento, por lo tanto la corriente tiende a concentrarse en este estrato, dando una apariencia falsa de que el yacimiento es continuo. Hay que prestar atención a este punto.

(g) Por lo que se refiere al numeral (f) anterior, es deseable juzgar la continuidad del yacimiento realizando una medición más detallada entre los agujeros de prueba, poniendo a tierra el electrodo C1 no solamente en el agujero MJM-4 sino también en los demás agujeros.

1-3-3 Medición de Polarización Inducida Muestras del Núcleo Perforado

### (1) Objetivo

Como los grafitos que están distribuidos ampliamente en la zona de Tizapa indican un valor bajo de resistividad, es difícil juzgar que la anomalía en la investigación de la resistividad mediante el método TEM refleja ciertamente la zona mineralizada. Por consiguiente, se realizó el ensayo de la medición de muestras utilizando los núcleos perforados, con el fin principal de investigar si se pueden distinguir o no la zona mineralizada y los esquistos de grafito, que muestran baja resistividad, mediante la diferencia en la respuesta de IP.

### (2) Muestras y equipos de medición

. Muestra: 65 muestras obtenidas en los agujeros de prueba MJM-1 a MJM-7

. Ajuste de las muestras:

Se cortan las caras superior e inferior verticalmente en la dirección del eje de la muestra (5 - 7 cm de longitud), así como también se corta una parte en la dirección paralela para comprobar la anisotropía.

. Transmisor: Transmisor IP para ensayos fabricado por CHIBA DENSHI Corriente de transmisión: 10  $\mu$  A  
Forma de onda transmitida: Corriente de forma rectangular de ON por 2 segundos, OFF por 2 segundos

. Receptor : Receptor de IP de dominio temporal, tipo MK-III, fabricado por HUNTEC Medición de cargabilidad: 900 mseg. después de la interrupción de la corriente

. Equipos de medición:

Refiérase a la Figura II-1-50.

### (3) Resultado de la medición

La Tabla II-1-20 muestra el resultado de la medición y las Figuras II-1-51 a II-1-55 presentan en forma de tablas los valores tanto de IP como de la resistividad para cada agujero de prueba. Para el valor de IP, se empleó la cargabilidad M (%) 900 mseg. después de la interrupción de la corriente. La muestra está saturada con agua corriente ( $\rho = 200$  ohmios·m).



Todas las partes del mineral muestran un valor alto de IP, siendo de  $M = 25 - 50\%$  y el valor de resistencia ' $\rho$ ' ( $\rho \perp$ ) es bajo siendo de 10 ohmios·m, pero el ' $\rho$ ' no es tan bajo como se creía.

El valor IP del esquisto de grafito variaba entre  $M = 1$  y 13%, indicando en general un valor alto. El ' $\rho$ ' también oscila entre 50 y 5000 ohmios·m, mostrando en general un valor alto contra nuestra suposición. Para una parte de las muestras, se realizó una medición aplicando una corriente en la dirección paralela a la del eje del núcleo de muestra, en este caso se mostró un valor bajo de ' $\rho$ ' ( $\rho //$ ), siendo igual a un valor de 1/2 a 1/4 del ' $\rho //$ '. Por consiguiente, sabemos que el esquisto de grafito muestra una gran anisotropía.

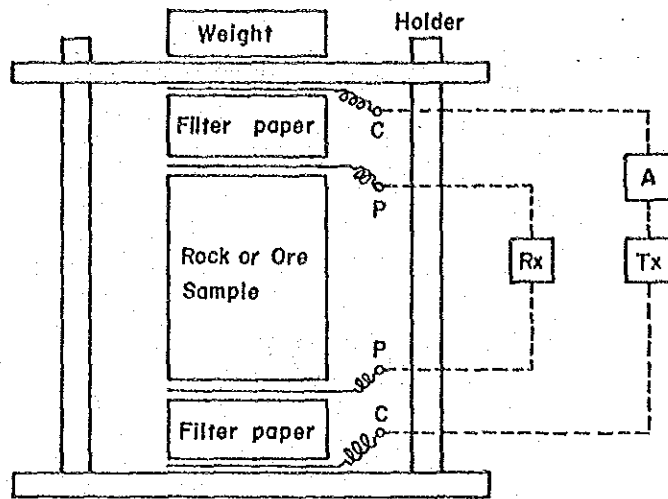
El valor IP del basalto es bajo en general, siendo menor que 1%. El ' $\rho$ ' es de 1000 ohmios·m (500 - 10,000 ohmios·m), siendo alto. El resultado de la medición sobre la superficie de la tierra en el sitio previsto indicó un valor de 200 a 300 ohmios·m, siendo 10 a 30 veces mayor que los valores medidos para las muestras.

Para las demás muestras, tales como el esquisto de biotita, micaesquisto, esquisto clorítico, etc., la medición indicó valores bajos de IP, y el ' $\rho$ ' era alto, por lo que juzgamos que éstos no pueden ser obstáculos para la realización de la exploración eléctrica.

Sabemos que el mineral muestra un valor de M dos veces más alto que el esquisto de grafito, pero debido a que los esquistos de grafito son predominantes en general en el aspecto de volumen distribuido, no se puede juzgar simplemente que la diferencia del valor M es ventajosa para la realización de la medición de IP sobre la superficie. Sobre este aspecto, se detallará posteriormente en el numeral (5).

#### (4) Nueva medición de las muestras rebanadas

Tal como se ha explicado en el numeral (3), de acuerdo con el resultado de la medición de las muestras utilizando los núcleos perforados con una longitud de 5 a 7 cm, el valor de resistividad del esquisto de grafito era mayor que lo esperado. Por otra parte, se ha confirmado que aun la misma muestra de



- Tx** Transmitter
- Rx** Receiver
- A** Ampera meter

Fig. II-1-50 Diagrama de Colocación de los Equipos de Medición de la Muestra IP, Area Tizapa

Tabla 11-1-20 Tabla del Resultado de la Medición de IP de Muestra(1) • (2), Area Tizapa

(1)

No.	Muestra No.	Hole No.	Profundidad (m)	Nombre de Roca	M (%)	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	
						$\rho \perp$	$\rho \parallel$
1	1	MJM-7	72.0	Filitas Grafíticas	1.47	77.7	79.4
2	2	"	90.0	"	2.36	198.5	
3	3	"	95.0	"	2.17	348.1	
4	4	"	104.0	"	3.24	94.5	
5	5	"	108.0	"	9.51	138.4	
6	6	"	114.0	"	13.9	221.0	144.2
7	7	"	115.0	Sulfuros Masivos	25.8	10.9	
8	8	"	117.0	Filitas Grafíticas	1.95	864.1	
9	9	"	120.0	"	0.47	10139.4	8628.5
10	10	"	130.0	"	1.11	2965.7	1505.8
11	11	"	140.0	Esquistos de Clorita	0.76	2751.9	
12	12	"	150.0	"	1.28	3294.7	
13	13	"	160.5	"	1.34	484.3	
14	14	"	170.0	Esquistos de Mica	0.78	859.0	
15	15	"	210.0	Esquistos de Biotita	1.78	313.1	
16	16	"	231.0	"	3.33	40.8	
17	17	"	249.0	"	1.02	817.6	
18	18	"	12.0	Basalto	1.34	1488.6	
19	19	"	22.0	"	0.74	2366.9	
20	20	"	40.0	"	0.56	12527.7	
21	21	"	46.5	"	0.72	11654.7	
22	22	"	59.0	Filitas Grafíticas	1.00	58.6	63.9
23	23	"	62.0	"	1.30	5463.5	4774.2
24	24	MJM-4	20.0	Basalto	1.53	659.1	
25	25	"	29.0	"	0.23	1090.3	
26	26	"	50.0	Arcilla	0.52	76.8	
27	27	MJM-4	75.5	Conglomerado	0.24	1616.5	
28	28	"	138.0	Filitas Grafíticas	9.52	1745.2	
29	29	"	147.2	"	10.0	682.4	
30	30	"	151.0	"	8.31	1519.2	
31	31	"	155.3	Sulfuros Masivos	25.7	9.57	
32	32	"	166.5	Esquistos de Clorita	2.60	3900.4	
33	33	"	171.0	"	1.05	1143.3	
34	34	"	201.0	"	1.74	1420.5	
35	35	"	250.0	"	0.96	812.9	
36	36	MJM-2	59.0	Basalto	0.39	3633.5	
37	37	"	83.8	Esquistos de Clorita	0.83	186.1	
38	38	"	96.7	"	0.48	15887.9	
39	39	"	109.0	Sulfuros Masivos	48.0	9.44	
40	40	"	113.0	"	42.0	9.02	
41	41	MJM-1	122.0	Esquistos de Clorita	4.48	1425.2	
42	42	"	139.0	"	1.71	1876.2	
43	43	"	124.0	Filitas Grafíticas	10.9	475.9	
44	44	"	132.0	Lodo	1.58	138.4	
45	45	"	147.5	Filitas Grafíticas	4.63	676.5	

(2)

No.	Muestra No.	Hole No.	Profundidad (m)	Nombre de Roca	M (%)	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	
						$\rho \perp$	$\rho \parallel$
46	46	MJM-1	160.3	Filitas Grafíticas	7.82	945.0	
47	47	"	169.1	"	11.1	783.8	159.1
48	48	"	179.8	"	7.59	866.9	
49	49	"	191.0	"	8.18	3800.9	
50	50	"	202.0	Esquistos de Mica	3.65	1253.7	
51	51	"	228.5	Esquistos de Clorita	2.15	2157.2	
52	52	"	257.0	Sulfuros Masivos	41.0	13.9	
53	53	MJM-6	36.2	Basalto	0.05	4857.2	
54	54	"	68.5	Conglomerate	0.12	1747.0	
55	55	"	75.8	Esquistos de Mica	1.03	267.6	
56	56	"	114.3	Filitas Grafíticas	8.73	4317.6	
57	57	"	130.0	"	12.6	738.2	213.2
58	58	"	133.0	"	4.21	812.9	239.3
59	59	"	139.0	"	8.93	2004.9	
60	60	"	148.8	"	7.39	1798.7	
61	61	"	160.0	"	10.3	646.4	257.0
62	62	"	170.0	"	12.3	285.6	85.7
63	63	"	185.7	"	8.24	887.6	
64	64	"	188.9	Sulfuros Masivos	29.0	10.8	
65	65	"	250.0	Esquistos de Mica	1.46	714.7	

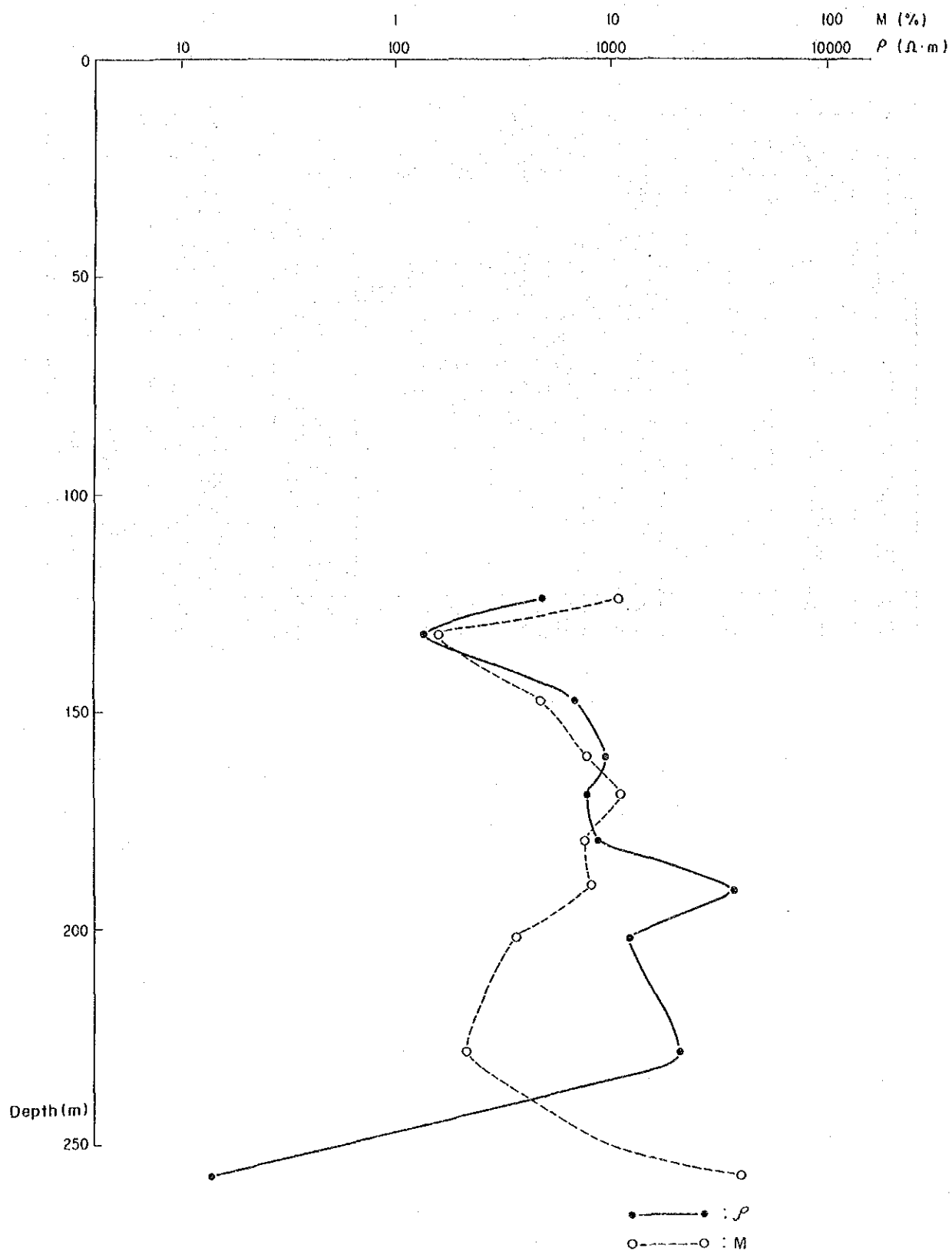


Fig. II-1-51 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-1), Area Tizapa

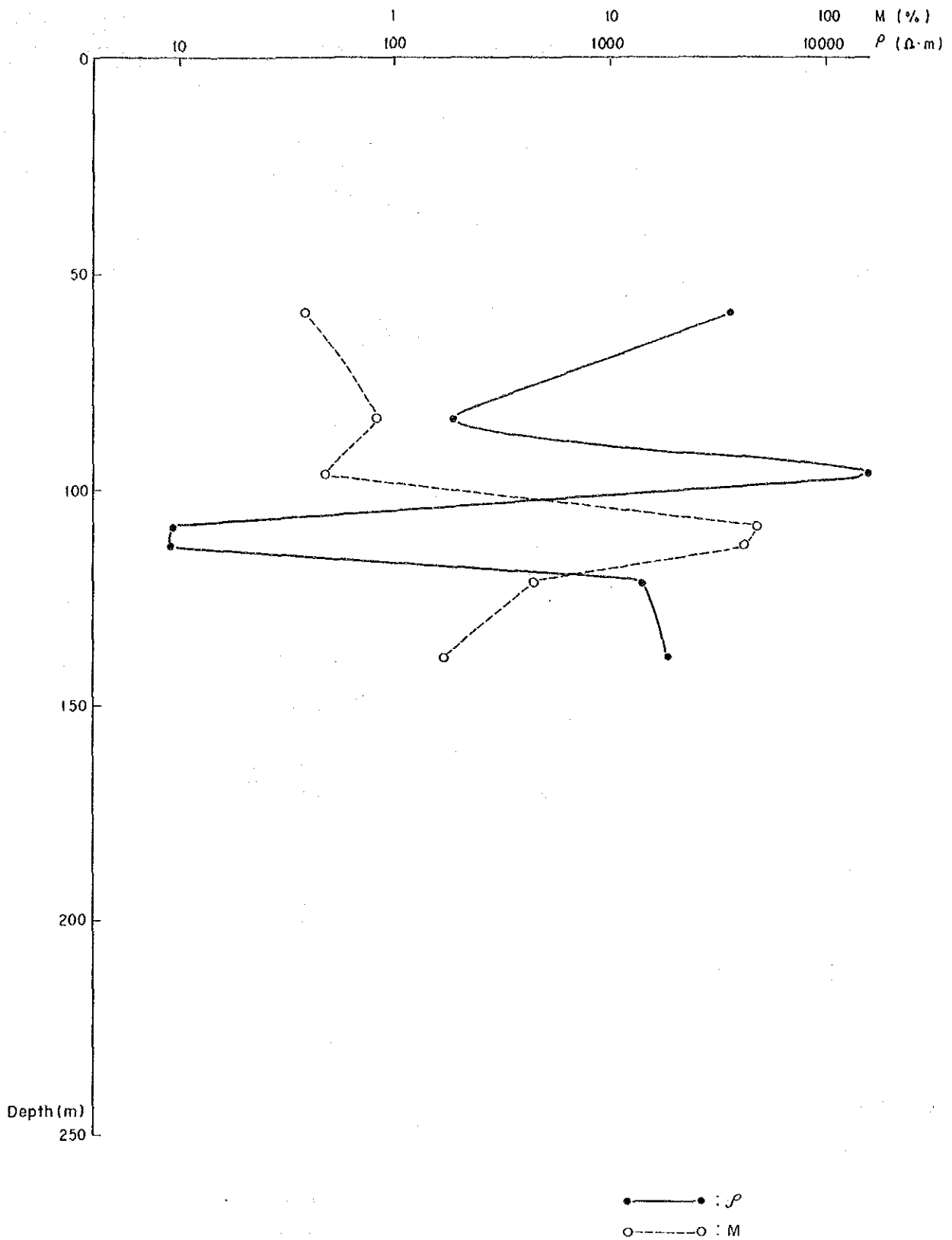


Fig. II-1-52 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-2), Area Tizapa

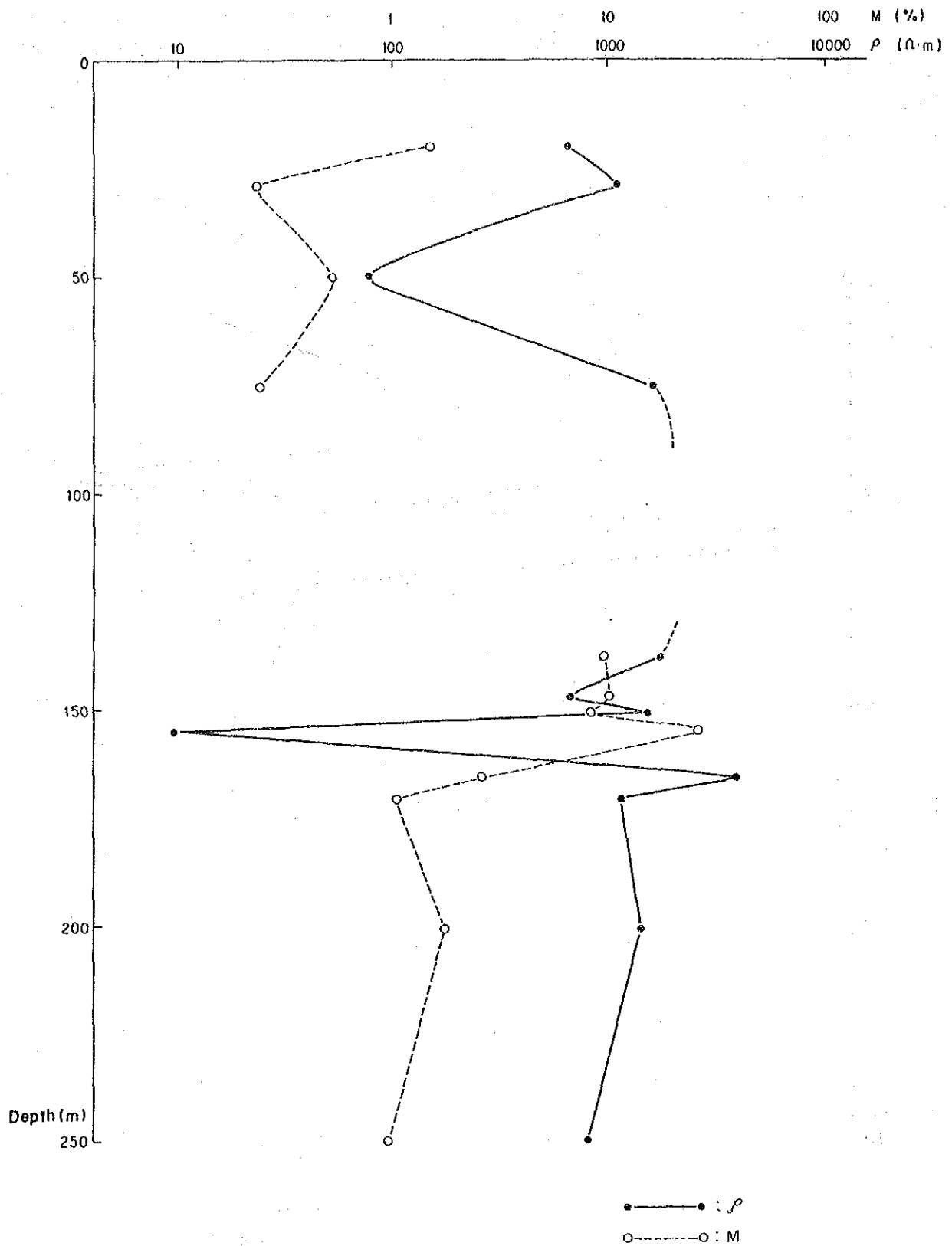


Fig. II-1-53 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-4), Area Tizapa

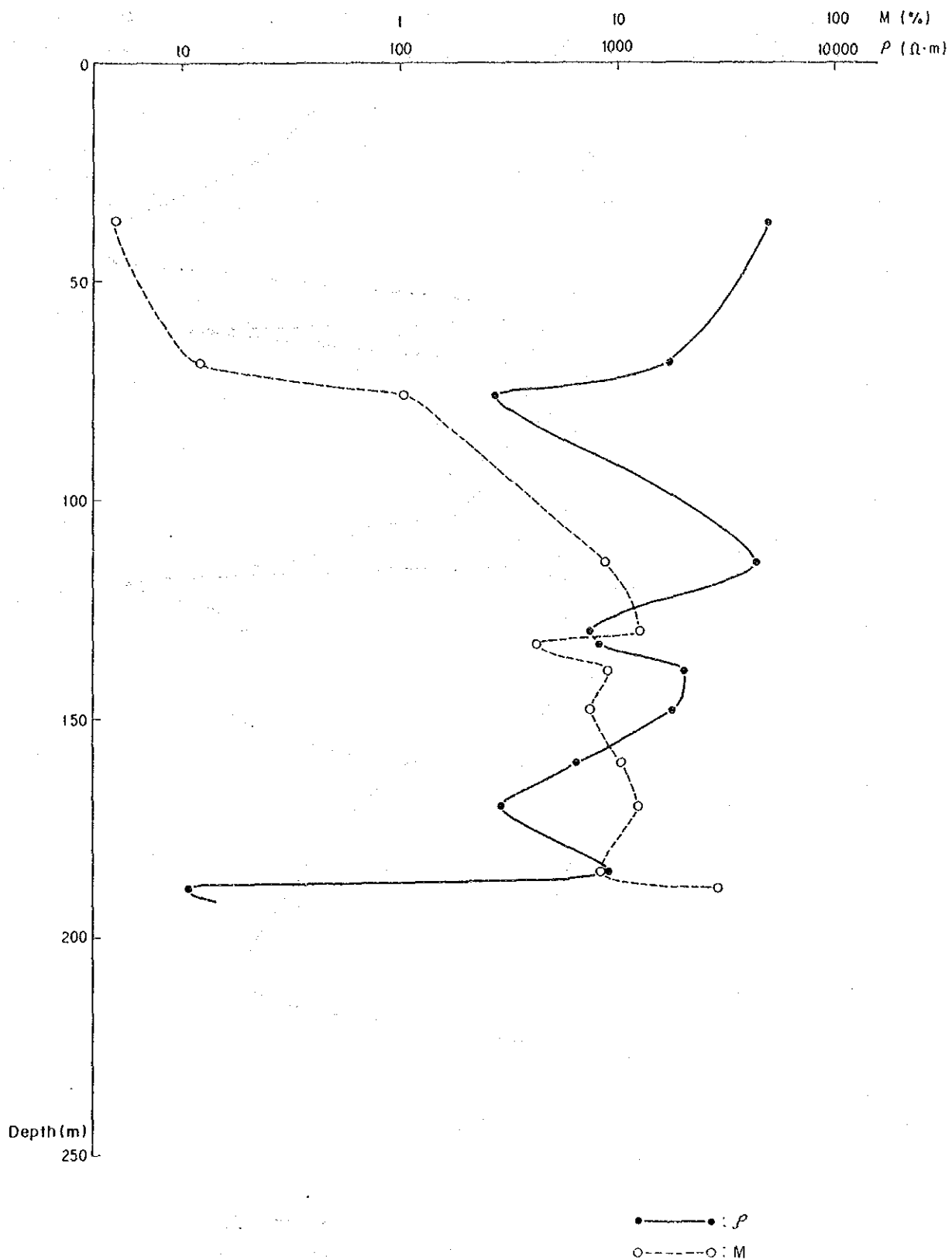


Fig. II-1-54 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-6), Area Tizapa



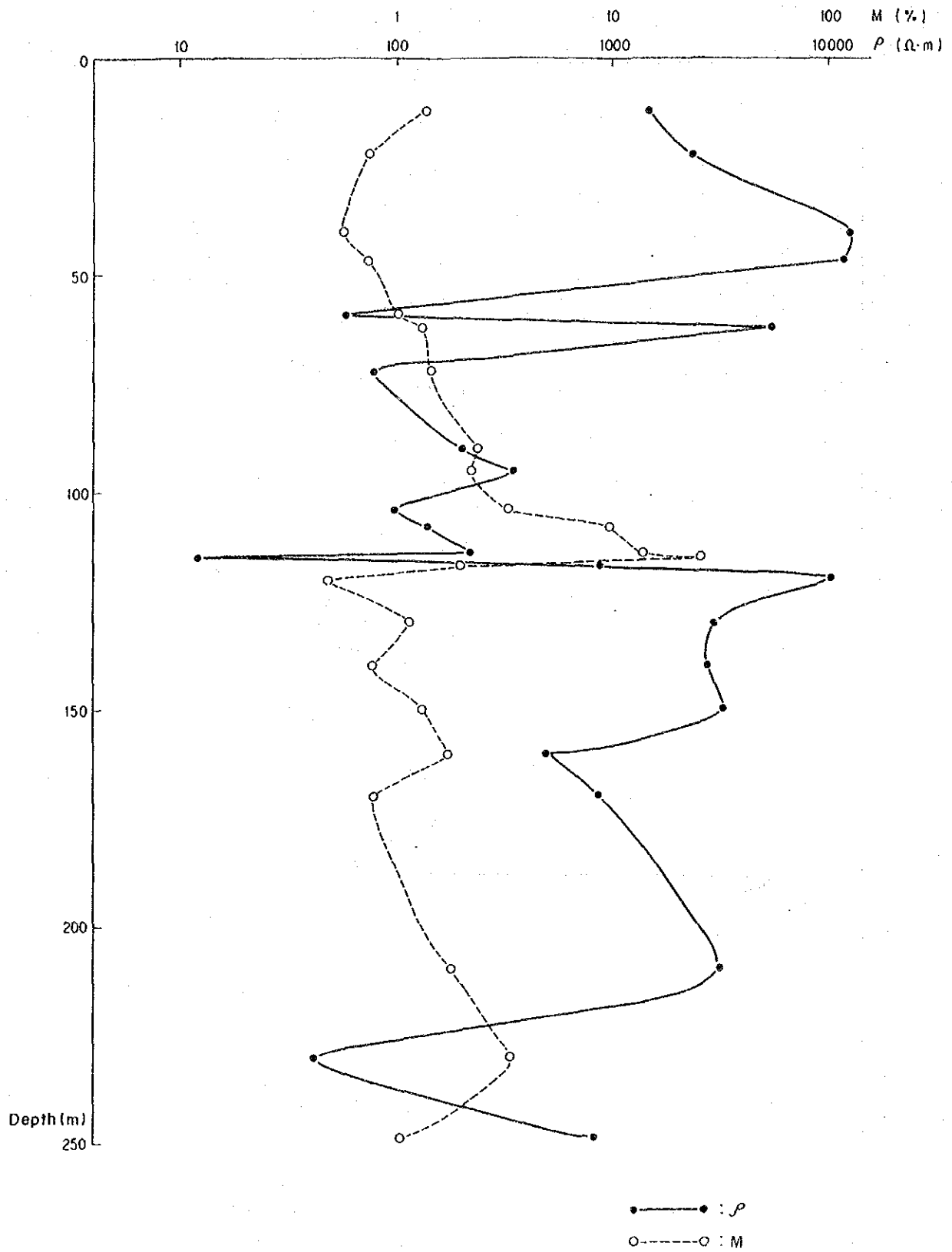


Fig. 11-1-55 Registro de los Sondeos del Efecto IP de la Resistividad Interna (MJM-7), Area Tizapa

esquisto de grafito quede tener una naturaleza denominada en general como anisotropía depende del sentido de aplicación de la corriente, en la que el valor de la resistividad varia grandemente. Por lo tanto, para investigar la resistividad inesperadamente alta del esquisto de grafito, las muestras con una longitud de 5 a 7 cm se cortaron en rebanadas con un espesor de 1.0 a 1.5 cm y para cada una de las mismas se realizó la medición. La razón por la cual pensamos que los valores están deslizados hacia el lado de alta resistividad en general, se debe a que se reconoce, en todas las muestras, la esquistosidad en la forma de rayas claras en la dirección en que se cruza vertical u oblicuamente con respecto al eje del núcleo, y que una parte de los mismos muestra un valor sumamente alto de resistividad. A continuación se muestra el resultado de la medición de las rebanadas de las muestras de esquisto de grafito.

Muestra No.	$\rho$ ( $\Omega \cdot m$ ) 5~7cmL	Espesor de rebanada (cm)	$\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )
28	1.745	1.65	537
		1.40	878
		1.66	355
43	476	1.66	155
		1.48	254
46	940	1.64	619
		1.54	282
		1.78	382
49	3.801	1.60	1.520
		1.60	1.087
56	4.318	1.70	637
		1.54	767
		1.62	898
57	738	1.72	208
		1.66	154
		1.58	409

De acuerdo con lo esperado, una parte mostró un valor bajo en 1/3 a 1/5, y la otra parte indico el valor alto, al igual que antes. Desde el punto de la vista de la anisotropía, es de suponer que si se cortan las rebanadas más pequeñas, será más

eminente la inclinación de la separación de las partes de baja resistividad y de alta resistividad. Por consiguiente, juzgamos que la parte del grafito corresponde a la baja resistividad y la parte del esquisto a la alta resistividad y que cuando se observa en su conjunto se observa un valor de unos 10 ohmios·m, que obtuvimos en el método TEM de esta vez.

Como referencia se muestra el resultado de la medición de las muestras rebanadas tanto para el esquisto clorítico como para el basalto, en el cual se puede observar una tendencia idéntica.

#### (5) Medición de IP de espectro de las muestras

En CRM se realiza al medición de IP del tipo de dominio temporal mediante la configuración de dipolo-dipolo. Para la medición se hace circular una corriente de forma rectangular de ON por 2 segundos, OFF por 2 segundos, utilizando el receptor IPR-8IP de SCINTREX. La longitud de los electrodos dipolos se ajusta a los 3 tipos siguientes, es decir  $a = 50$  m, 100 m y 200 m. Su resultado se indica en la Figura II-1-56. En la pseudo-sección de  $a = 100$  m y 200 m, se reconoce la anomalía de IP relativamente clara en forma de "pants-legs", correspondiendo a la posición del yacimiento, de lo cual juzgamos que se detecta debidamente el yacimiento. En general, el grupo de grafitos muestra un gran efecto de IP, considerándose que la existencia del mismo no es favorable para la investigación de IP, en lo que se refiere a este resultado, es de juzgar que el grupo de grafitos no puede ser un impedimento en la investigación de IP.

Por lo tanto con el fin de investigar más detalladamente las características de IP de los minerales y del esquisto de grafito, se realizó la medición de IP de espectro utilizando las muestras del mineral (2) anterior. Como transmisor se utilizó LABO. TR. LDT/10 y como receptor, GDP-12/2GB.

Como resultado de la medición, se muestran en las Figuras II-1-57 y II-1-59, el espectro de magnitud y el de la diferencia de fase obtenidos en el mineral, esquisto de grafito y esquisto clorítico. A continuación se indican las características de cada uno de los antes mencionados.



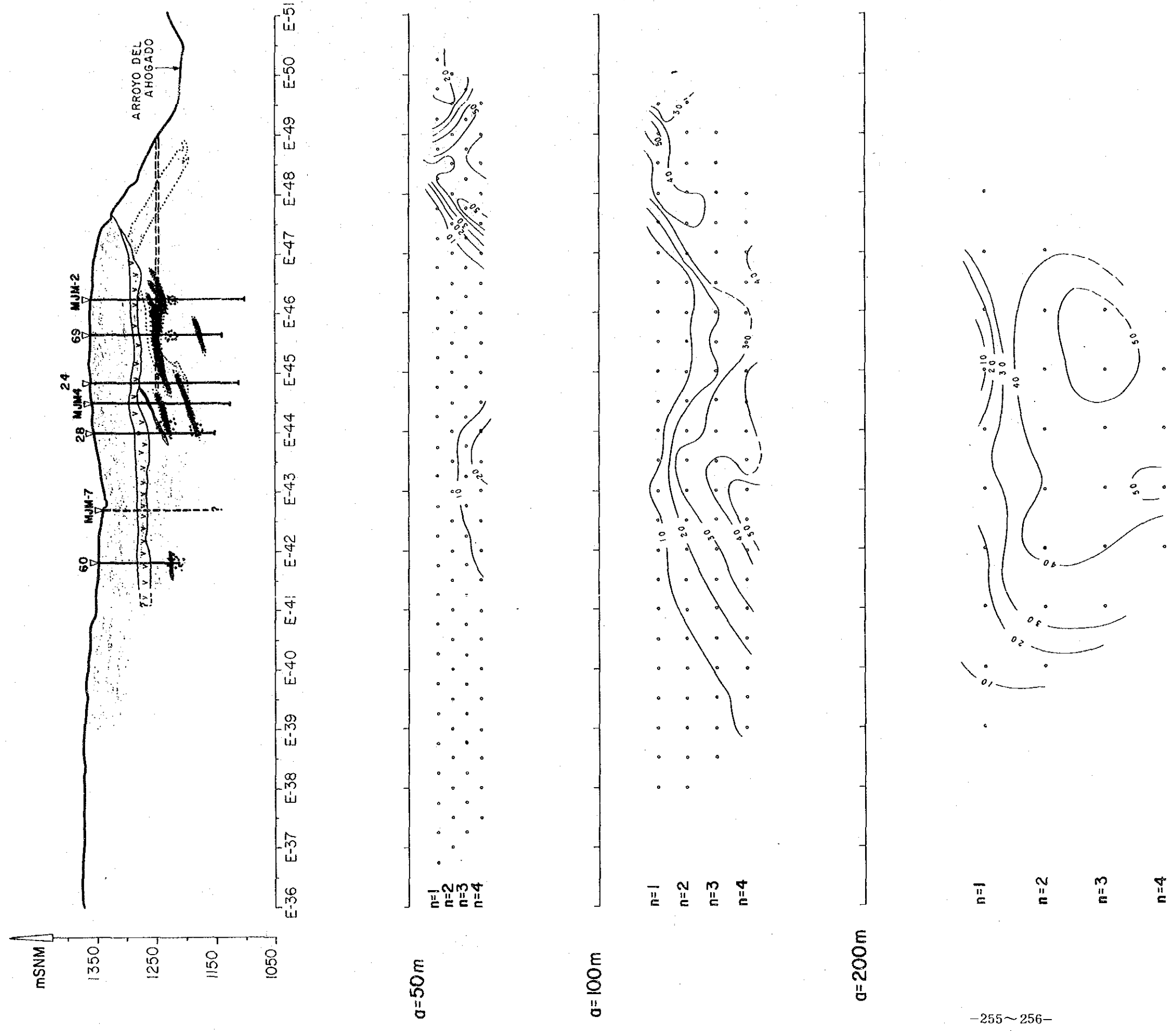


Fig. 11-1-56 Seudosección de Cargabilidad Aparente en Línea - N02  
 Área Tizapa



- . Las muestras que indicaron una gran caragabilidad (M) en la medición de IP de dominio temporal, mostraron también en el diagrama de espectro de magnitud un gran cambio. Es decir, se puede observar la tendencia a que cuanto más eleva la frecuencia, tanto más disminuye la magnitud.
- . Por otra parte, en las muestras que muestran un pequeño M, como el esquisto clorítico, la magnitud no cambia casi nada, mostrando un valor constane, de unos 0.9 a 1.0, a lo largo de toda la gama de frecuencia de medición.
- . En cuanto a la diferencia de la fase, las muestras con gran M muestran valores grandes y las de pequeño M indican valores pequeños.
- . Tanto el mineral como el esquisto de grafito muestran un gran valor M, pero en el espectro de magnitud no hay una gran diferencia grande en tre ambos. Es decir, en el mineral, la magnitud disminuye drásticamente desde 0.1 Hz a 1.0 Hz. Esto explica claramente que el valor M del mineral es casi 2 veces el del esquisto de grafito.
- . Se reconoce una diferencia entre el mineral y el esquisto de grafito en el espectro de la diferencia de face. Es decir, a una frecuencia de 0.125 Hz, la diferencia de fase del mineral es casi 2 veces la del esquisto de grafito, además en constraste con que el mineral muestra la cresta de la diferencia de fase a una frecuencia un poco menor de 0.1 Hz, el esquisto de grafito tiende a desplazarse más hacia la baja frecuencia, por lo que se puede pensar que existe diferencia en la constante de tiempo para estos materiales.
- . Esta diferencia en la constante de tiempo refleja la diferencia del temaño de grano de cada mineral, por lo que juzgamos que el mineral de Tizapa tiene un tamaño de grano más pequeño que el del esquisto de grafito.
- . En esta medición utilizó el núcleo perforado, lo cual tiene un límite en su tamaño, por lo tanto es probable que se haya reflejado por su influencia. Como es de suponer que los esquistos de grafito están conectados eléctricamente,

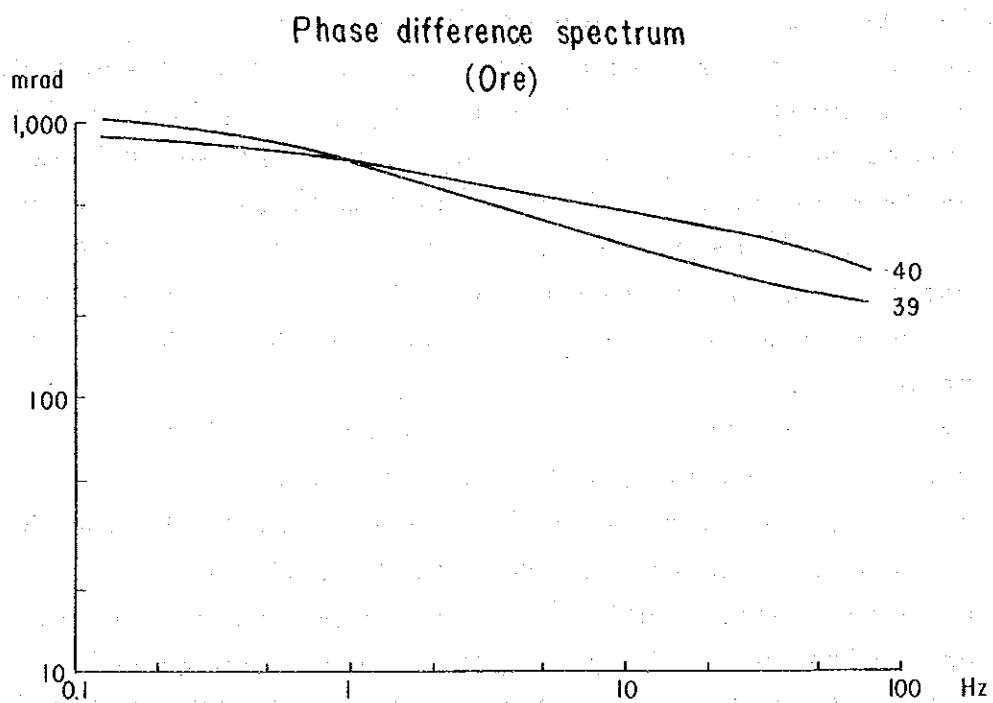
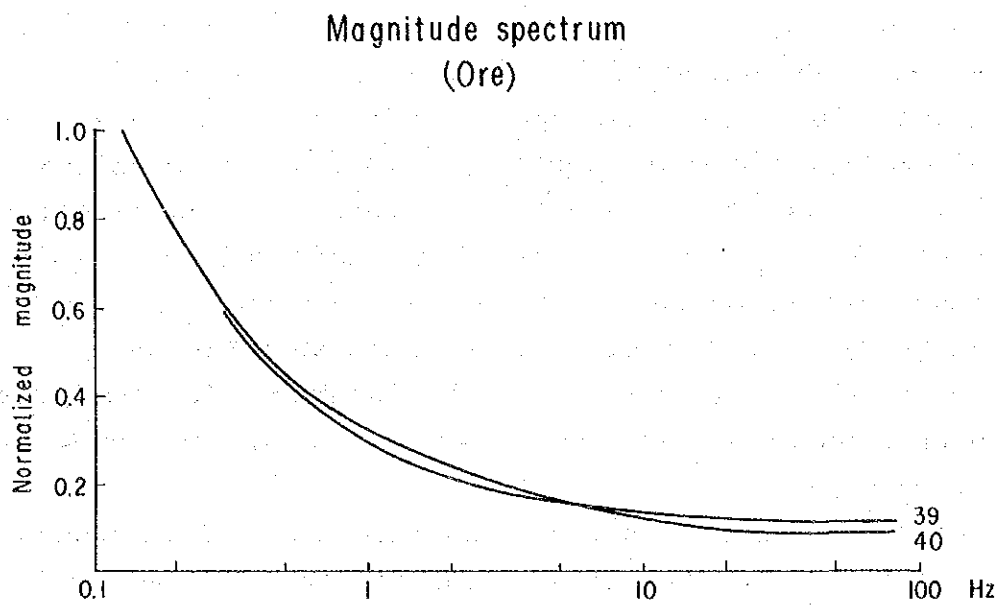
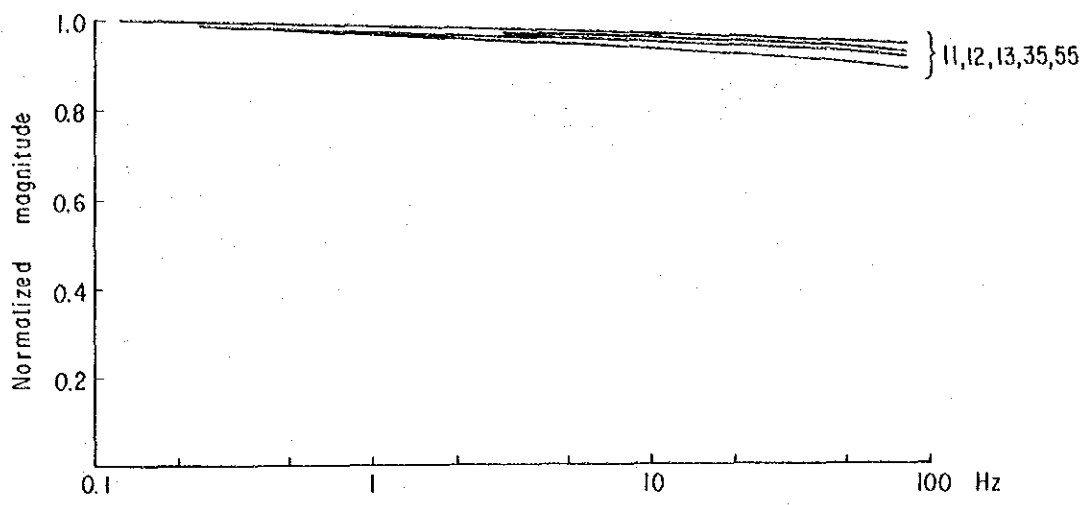


Fig. 11-1-57 Diagrama del Resultado de la Medición de SIP de Muestra (Sulfuros Masivos), Area Tizapa



Magnitude spectrum  
(Chlorite schist)



Phase difference spectrum  
(Chlorite schist)

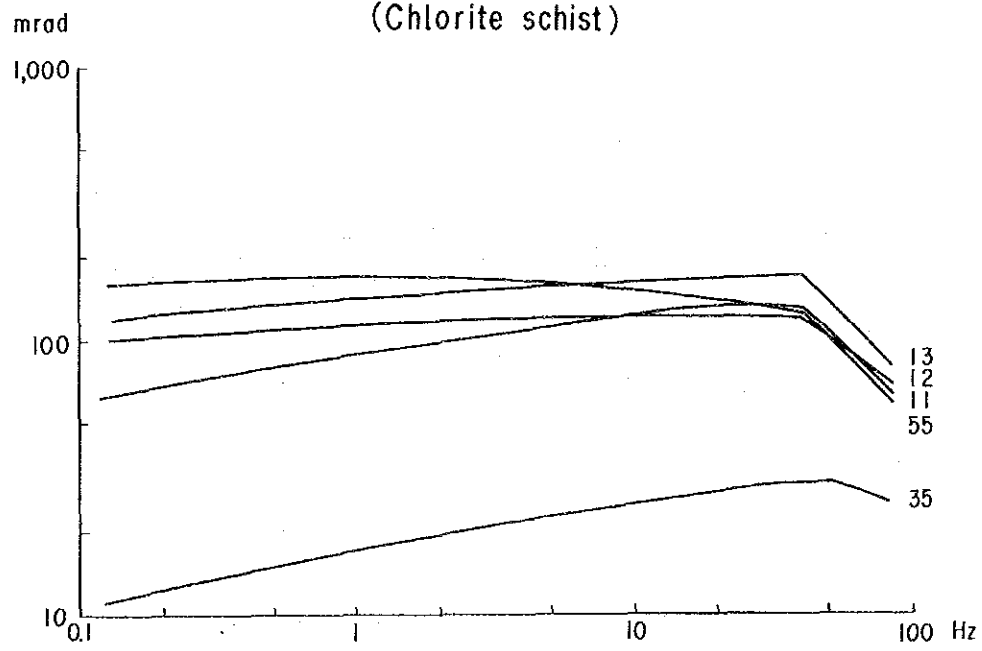


Fig. 11-1-58 Diagrama del Resultado de la Medición de SIP de Muestra (Esquistos de Clorita), Area Tizapa

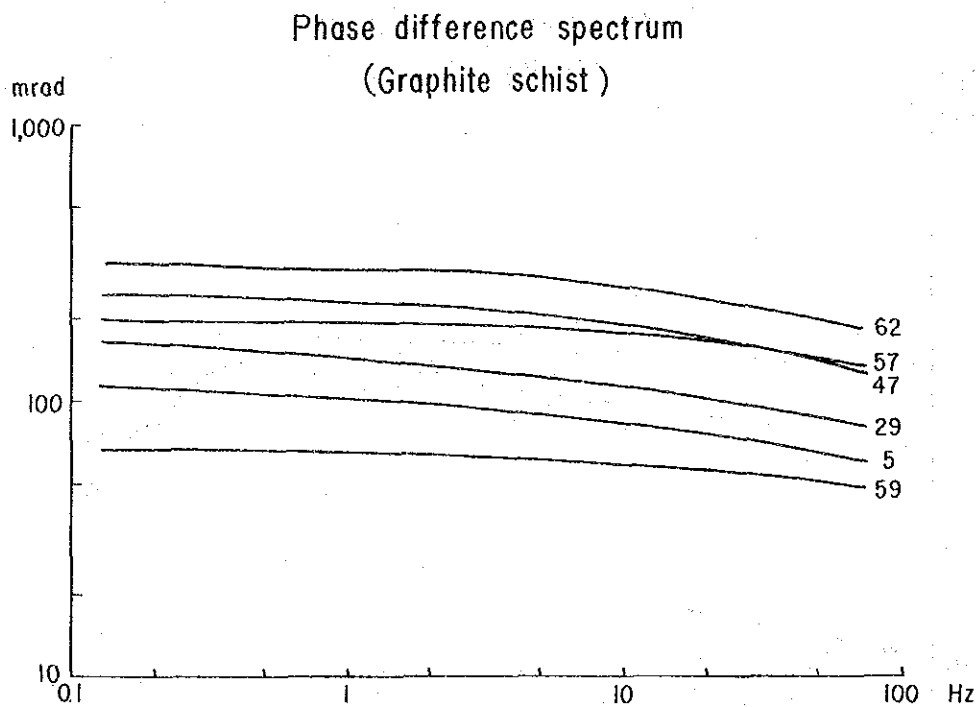
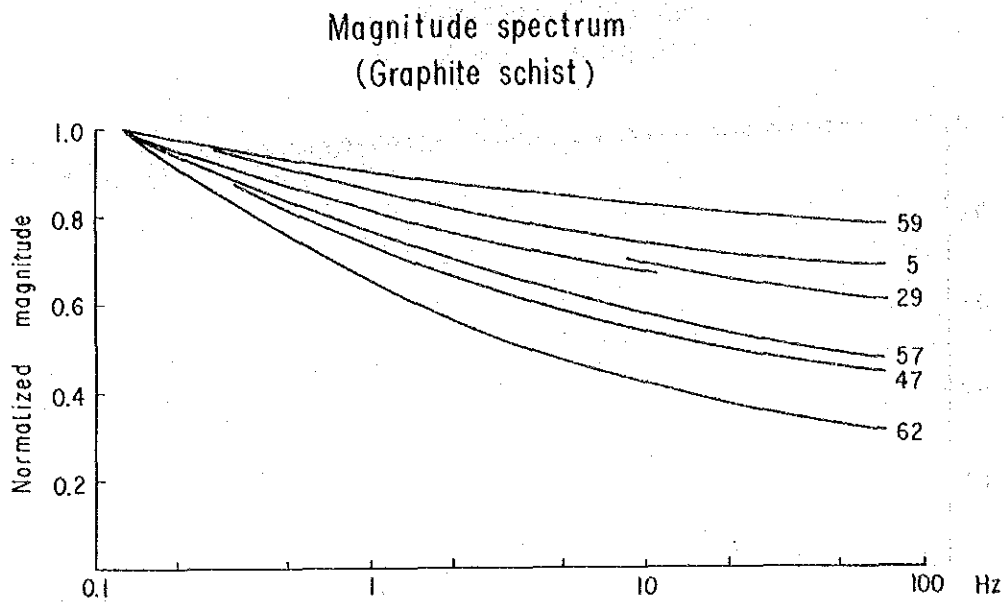


Fig. 11-1-59 Diagrama del Resultado de la Medición de SIP de Muestra (Filitas Grafíticas), Area Tizapa

se espera una diferencia más eminente en la constante de tiempo en el ensayo en el sitio.

Frente al resultado antes mencionado, pensamos que en el yacimiento de Tizapa la medición de IP de dominio temporal, de ON por 2 segundos, OFF por 2 segundos se encontraba en una condición favorable desde el punto de vista del tiempo (frecuencia). Es decir, es de juzgar que mediante la aplicación de la corriente de ON por 2 segundos, OFF por 2 segundos, el yacimiento se polariza suficientemente como para poder detectar la existencia, pero por otra parte, como la constante de tiempo del esquisto de grafito es grande, pensamos que no se polariza suficientemente por la aplicación de la corriente de unos 2 segundos.

Por consiguiente, al explorar los minerales del mismo tipo en la zona de Tizapa, el método IP sería un método potente y llegamos a la conclusión de que sería deseable juzgar la anomalía, realizando la medición de IP de espectro con respecto a la anomalía de IP, después de detectar la anomalía de IP en la medición IP convencional (ON por 2 seg., OFF por 2 seg.).

#### 1-4 Consideracion

1. El cuerpo mineralizado de Tizapa consiste principalmente en sulfuros masivos sólidos lenticulares o planares contenidos continuos en capas de esquistos. Según formación u ocurrencia del mineral el carácter del cuerpo mineralizado es similar al del yacimiento tipo Basshi en Sambagawa de Japón aunque la composición es muy similar a la del tipo "Kuroko". Como las rocas de esta área se sometieron al metamorfismo no mantiene la composición o estructura de la roca original siendo arriesgado discutir sobre el tipo del yacimiento en base a la composición mineral. No se puede llegar a la conclusión sin estudiar los isótopos de Pb o S, pero por ahora teniendo en cuenta la formación del mineral es razonable juzgar que es yacimiento de sulfuros masivos volcánicos tipo "Kuroko".

2. Los resultados del análisis químico hecho por CRM en México comparados con los resultados del análisis químico sobre parte de muestras destrozadas realizado en Japón, son como diguen en cifras aritméticas sencillas: 12% mas alto en cuanto a Au y respecto a Ag, Cu, Pb y Zn menos en 12%, 20%, 27% y 14% respectivamente. Al elaborar estadísticas no se observa diferencia notable y la correspondencia mutua no estuvo mal. Por consiguiente se considera que no hay inconveniente en utilizar cualquiera de los resultados. Pero se recomienda la adopción de valores menores al calcular la cantidad de mineral o al realizar el estudio de factibilidad o conseguir resultados más confiables encargando análisis de arbitraje.

3. Como consecuencia de las investigaciones por perforación del presente ejercicio se aclararon más las formas, continuidad, característica, etc. de los cuerpos mineralizados. A pesar de que existen problemas en el análisis como se indicó en la partida anterior, la cantidad o calidad del mineral calculadas hasta ahora no presentarían grandes variaciones. En cuanto a Au, por falta de datos de análisis de CRM se suponía un contenido medio de aproximadamente 2 g/t y los resultados de los análisis a los que se refiere aquí se confirma la ausencia

de erreren la suposición. Sin embargo, dado que la calidad de Au contribuye a la rentabilidad en la operación comercial es deseable efectuar un re-análisis de Au del núcleo de perforación existente para poder establecer mejor su calidad.

4. Los resultados de exploración geofísica a través del método "charged potential" aprovechando barrenas permitieron estimar que la continuidad en el centro del cuerpo mineralizado es relativamente buena. Esto apoya el juicio acerca de la forma del cuerpo mineralizado estimado como consecuencia de las investigaciones por perforación. Esto sirve de material efectivo para establecer los cuarteles al calcular la cantidad de mineral.

5. En los resultados de exploración geofísica por el método TEM efectuado en el área de unos 4 km<sup>2</sup> abarcando Tizapa, se detectó claramente la capa de esquisto grafitico que se desarrolla en la base superior del cuerpo como faja de baja resistencia y se observó que ésta se desaffolla ampliamente hacia donde cae el cuerpo, es decir, hacia el nort-noroeste aumentando livemente su profundidad. Aunque es difícil detectar faja de baja resistencia que parece reflejar el cuerpo mineralizado de form directa, expresa bien la estructura geológica y se logró estimar la profundidad del cuerpo mimeranzado ofreciendo importantes guías para la exploración futura para confirmar la continuidad hacia el noroeste.

6. Ya que se aclararon las formas y características del cuerpo mineralizado se desea para el futuro incorporar galerías para confirmar directamente la ocurrencia del cuerpo mineralizado, extraer muestras del mineral para la prueba de beneficio y asimismo obtener materiales para proceder a la siguiente etapa de investigaciones y explotación (El. Pereforacion precisa de cuadrículas de 50 m).

7. En caso de efectuar la excavación en galerías habrá que tener en cuenta que la capa de esquisto grafitico de la base superior sufre de gran fragilidad de la base, y que si la galería penetrara en ella no sólo aumentaría el costo de excavación sino producirían graves dificultades en la cuestión de seguridad y control del proceso por lo que se debe evitar tal cosa a toda costa. En la explotación por galerías después de que haya iniciado las obras, la base en la parte superior puede estimarse como muy mala y causará dificultades como las mencionadas. Estas se debe superar toamndo medidas tales como la fijación total.