

622.154
A983
C.2 18

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

TESIS

PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO
GEOLOGO DE PETROLEOS



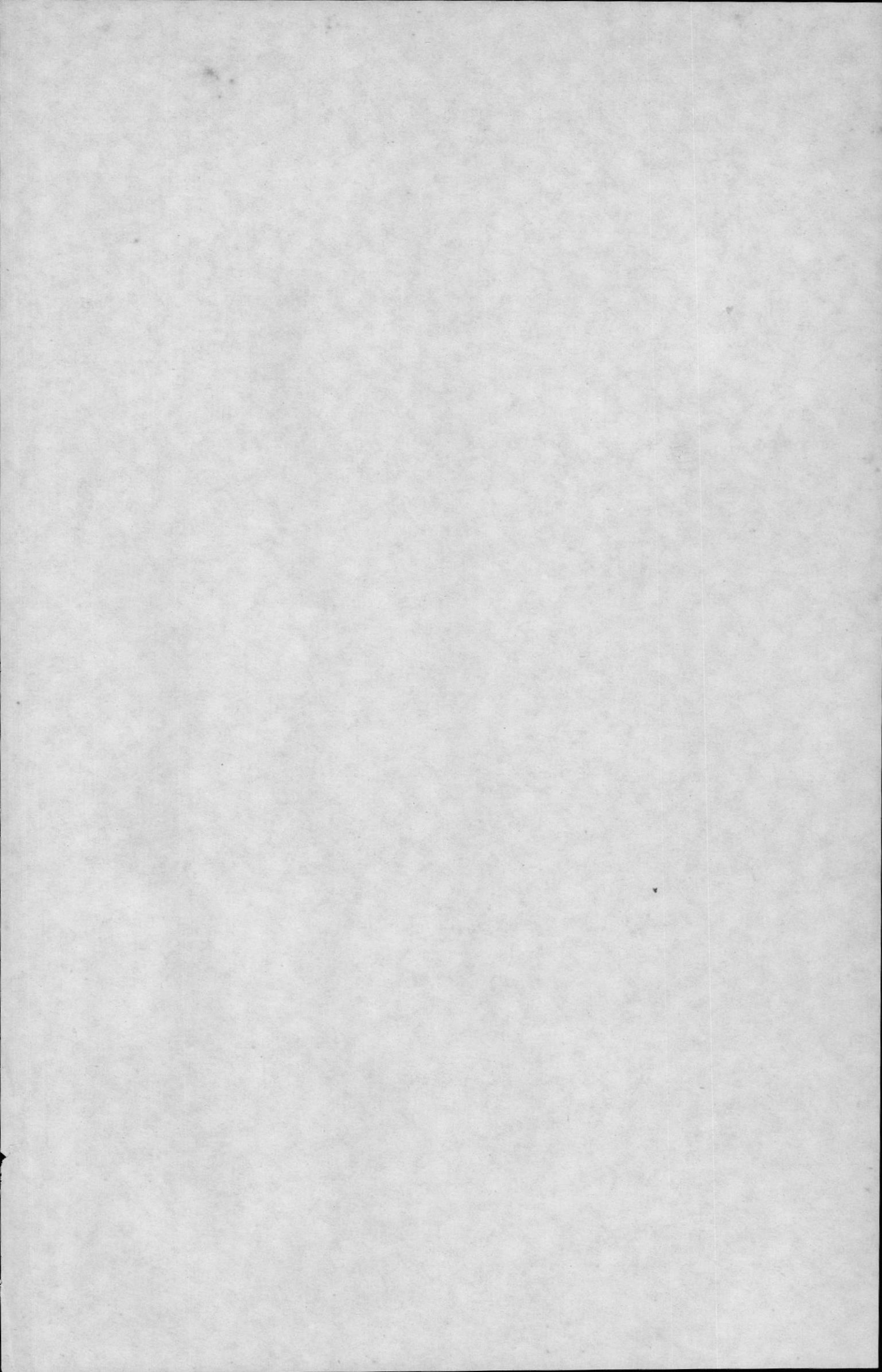
INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DEL METODO DE
"POLARIZACION INDUCIDA", EN LA ZONA SAN FERNANDO,
PROVINCIA DEL AZUAY.

Por HECTOR AYON

Guayaquil, Enero - 1969

A MIS PADRES





AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento a los señores Anthony King, Paul Smith, Peter Fozzard, Jiri Hanzlik, Pierre Goossens, Julio Granja V., Vicente Sandoval, Raúl Núñez A., Humboldt Arroyo S., Mussolini Navarrete; y a todas las personas que han colaborado directa o indirectamente en el desarrollo de esta tesis.

- . -



INDICE

	Pág. #
1. INTRODUCCION	1
2. GEOGRAFIA	
2.1 Situación	3
2.2 Vías de comunicación	3
2.3 Clima	3
2.4 Vegetación	4
2.5 Actividad humana	4
3. GEOLOGIA	
3.1 Estratigrafía	5
3.2 Mineralización	6
3.3 Tectónica	6
3.4 El suelo	7
4. TEORIA DEL METODO	
4.1 Generalidades	8
4.2 Concepto de resistividad	9
4.3 Medición de la resistividad	9
4.4 Factor geométrico	11
4.5 Resistividad aparente	12
4.6 Origen de la Polarización Inducida	13
4.7 Efecto de la corriente alterna	14
4.8 Parámetros	15
5. DESARROLLO DEL METODO	
5.1 Ejecución de medidas	17
5.2 Electrodo	17
5.3 Tabulación y cálculos	19
5.4 Presentación de resultados	21
6. INTERPRETACION CUALITATIVA	
6.1 Introducción	24

6.2	Descripción de los perfiles	25
6.2.1	L 2 S	25
6.2.2	L 0	26
6.2.3	L 2 N	27
6.2.4	L 3 N	28
6.2.5	L 4 N	28
6.2.6	L 6 N	29
6.2.7	L 7 N	29
6.2.8	L 8 N	30
6.2.9	L 10 N	31
6.2.10	L 11 N	32
6.2.11	L 12 N	32
6.2.12	L 14 N	33
6.2.13	L 16 N	33
6.2.14	L 18 N	34
6.2.15	L 20 N	34
6.2.16	L 22 N	35
6.2.17	L 24 N	35
6.2.18	L 26 N	36
6.2.19	L 28, 30, 32, 34, y 36 N	36
7.	CONCLUSIONES	38
8.	BIBLIOGRAFIA	40



I L U S T R A C I O N E S

- CUADRO 1 - Mapa General.
- CUADRO 2 - Tabulación de datos de Polarización Inducida, método frecuencial.
- CUADRO 3 - Graficación de los resultados del Cuadro 2.
- CUADRO 4 - Representación del perfil 28 N.
- CUADRO 5 - Fotografías.
-



BIBLIOTECA

1. INTRODUCCION

El descubrimiento de un sombrero de hierro en las proximidades de la Hacienda Cristal, en la Parroquia de San Fernando, motivó una serie de trabajos de prospección minera para la búsqueda de sulfuros masivos y/o disseminados.

En efecto, cuatro perforaciones que no pasaron de los veinte metros de profundidad, dieron resultados muy promisorios.

Ya se sospechaba que las estructuras geológicas podrían controlar la mineralización. Siendo aquellas predominantemente N-S, se programaron los perfiles geofísicos con dirección E-W, con la esperanza de atravesar dichas estructuras. Se trazó una línea base de 4 km. de longitud, con dirección N-S. Los perfiles, perpendiculares, se trazaron a 200 m. de distancia uno de otro. Perfiles adicionales, con separación de 100 m., se hicieron en los sectores de mayor interés. Los perfiles fueron estacados a 50 m., distancia escogida para la separación de electrodos del método frecuencial de polarización inducida.

Simultáneamente con la investigación de polarización inducida se realizó un estudio magnético. Puesto que no se esperaba la ocurrencia de minerales altamente magnéticos, la carta magnética resultante ha sido aprovechada para bosquejar la tendencia magnética de las diferentes rocas y delinear las principales estructuras tectónicas.

En la selección del método frecuencial de polarización inducida, se tomaron en cuenta los siguientes factores para justificar su preferencia sobre otros métodos geofísicos:

- i. La polarización inducida es el único método geofísico capaz de detectar mineraliza-

ción diseminada, especialmente cuando ésta no es lo suficientemente conductiva como para ser localizada por métodos electromagnéticos. (Se considera que un 2% de sulfuros es fácilmente identificada con la polarización inducida);

ii. La polarización inducida es capaz de diferenciar los conductores iónicos de los puramente metálicos;

iii. La profundidad de investigación de la polarización inducida es mayor que la alcanzada por métodos electromagnéticos;

iv. El sistema de filtros empleados en las mediciones permite distinguir señales muy pequeñas, eliminando fácilmente los molestos "ruidos" que ordinariamente interfieren las lecturas en los métodos eléctricos.

En esta tesis se hace referencia únicamente al método frecuencial de polarización inducida. No es que se menosprecie el estudio magnético, pero la P. I. ha dado mejores resultados, sobre todo, mayores detalles para ser comparados con los resultados geológicos, lo cual ha sido el objeto primordial de esta tesis.

2. GEOGRAFIA

2.1 SITUACION

El área de estudio (unos 9 km²) se encuentra a unos 5 km. al N de la población de Chumblín, Parroquia de San Fernando, Provincia del Azuay. (ver Cuadro No. 1).

2.2 VIAS DE COMUNICACION

A 35 km. de la carretera Girón-San Fernando se encuentra la población de Chumblín, y la vía ordinaria de acceso a la zona de trabajo es un camino carrozable construido expresamente para facilitar los trabajos de investigación minera. Este camino parte de Chumblín, atraviesa la hacienda - Cristal, y finaliza en zona de páramo, muy cerca del río - Alumbre, cuya cabecera es el centro del área de investigación. El camino tiene unos 12 km. de desarrollo. Siempre que las condiciones del terreno en el páramo lo permitieron, se utilizaron los vehículos como medio de transporte.

2.3 CLIMA

El clima es el típico de los páramos andinos ecuatoriales.

Las temperaturas oscilan alrededor de los 12°C durante el día, y cerca de 0°C durante la noche.

No hay estaciones pluviométricas, pero estimamos que la precipitación puede llegar fácilmente a los 2.500 mm. anuales. No existe una clara diferenciación entre las estaciones seca y lluviosa (como ^{en} las regiones bajas del país). Las lluvias son frecuentes durante todo el año, especialmente por la noche. No deben extrañarse las granizadas (fotografía # 1), propias de las regiones altas de la Sierra.

2.4 VEGETACION

Consiste principalmente en extensos pajonales, aprovechados para la cría de ganado; o para las cubiertas de las casas; o para consolidar los adobes, una vez que ha sido picada y mezclada con el barro.

Otras plantas que, por su ocurrencia, anuncian alturas de más de 3.400 m. (zona de páramo) son: la chuquiragua, el chúgchug, la valeriana, el shiñan, etc. El aguarongo, que crece en regiones algo más bajas, es empleado en la alimentación humana y de los animales.

2.5 ACTIVIDAD HUMANA

Se reduce a las formas más primitivas de su género: cría de ganado y agricultura.

- . -

3. GEOLOGIA

3.1 ESTRATIGRAFIA

El área de estudios corresponde a la serie de piroclásticos "San Fernando" (Pleistoceno?) y se encuentra sobre la formación Turi (Plioceno).

La secuencia estratigráfica ha sido establecida como sigue (P. J. Goossens, 1968):

i. Flujos andesíticos y dacíticos

Se encuentran con frecuencia recubriendo las colinas más altas; o en forma de diques, atravesando algunas de las capas sedimentarias que se describen a continuación. Algunos mantos dacíticos afloran estratificados al NW de la zona (Fotografía # 2). En el terreno se han observado bloques erráticos de andesita presentando el aspecto de "coz teza de pan" (Fotografía # 7).

ii. Aglomerado volcánico

Puede ser descrito más bien como una brecha volcánica compuesta de bloques de andesita, generalmente angulares; algo cementada, a veces coloreada de rojo. Contiene unidades de rocas silicificadas, semi-silicificadas, y no silicificadas; con muchas variedades litológicas. (Fotografías Nos. 3 y 8).

iii. "lava tuff"

De origen volcánico, está compuesta de una gran variedad de material piroclástico. Los componentes principales son: brecha tobácea, pómez, ceniza y arena volcánicas, ignimbritas. La composición general parece ser ácida, pero se han encontrado fenocristales de plagioclasas en las láminas delgadas.

A veces se presenta una silicificación secundaria, amorfa, que en ocasiones rellena las fracturas de las rocas. Algunos fragmentos conservan su estructura primaria; como en el caso del aglomerado, algunos sectores presentan diferentes estados de silicificación. (fotografía No. 11)

Las series de aglomerado y "lava tuff" parecen repetirse en la columna estratigráfica, y tienen un buzamiento general de unos 10° al SE. (fotografía No. 9)

3.2 MINERALIZACION

Los sulfuros diseminados o masivos encontrados hasta el momento, y que parecen tener una estrecha relación con los diferentes tipos de gossans existentes, contienen un regular porcentaje de Sn, Ag, Zn, Cu, Co., Pb, Ni.

La impregnación de los sulfuros en la toba parece ser muy común, especialmente en la toba alterada, arcillosa. El tipo de alteración argilítica existente, sin embargo, no representa necesariamente un indicio de mineralización. -- En el área N, por lo menos, los datos geofísicos no presentan ningún tipo de fuertes anomalías, a pesar de haberse encontrado en el terreno zonas de alteración muy cercanas a la superficie o en la superficie misma. (Fotografía # 4).

No ha sido posible, hasta el momento, clasificar la naturaleza de los posibles depósitos minerales. Todavía se discute si son singenéticos o epigenéticos. A penas se puede sospechar que son de origen hidrotermal.

3.3 TECTONICA

Está generalmente caracterizada por bloques fallados, presentados a manera de pequeñas fosas tectónicas (Fotografía # 5), la dirección de las fallas siendo sensiblemente NS en el centro y sur de la zona, y EW al norte de la misma.

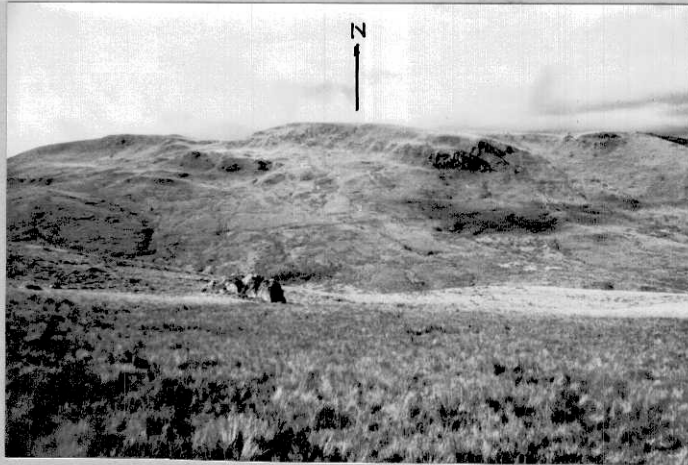
Pequeñas fallas transversales interrumpen de vez en cuando la continuidad de los accidentes principales.

Una buena evidencia de falla se encuentra en la Línea 18 N, donde es visible un espejo de falla (fotografía # 6).

En una zona tectónicamente tan accidentada, - los bloques fallados constituyen un buen argumento para explicar la existencia de los numerosos contactos anormales en contrados.

3.4 EL SUELO

Es predominantemente húmico, muy ácido ($\text{pH} \approx 4$), negro, residual. En algunos sectores se pueden apreciar las diferentes fases de la formación del suelo. Es extraño, sin embargo, que el horizonte "B" no está claramente definido. - La teoría de la bio-rhexistasia (Erhart, 1966) puede ser perfectamente aplicable en el proceso de la formación del suelo en la zona.



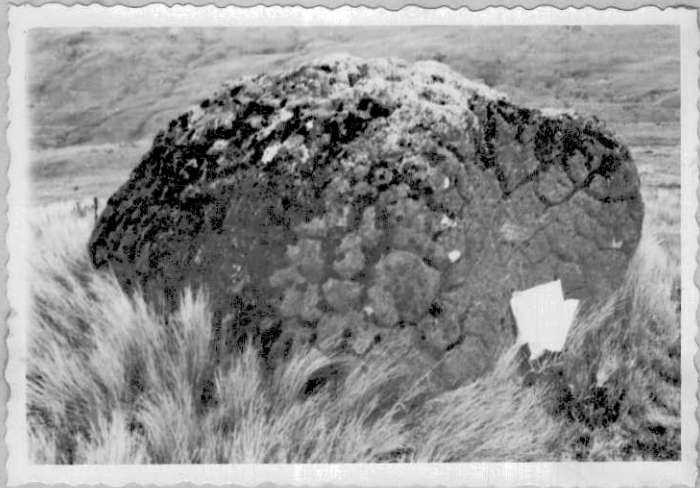
10



11



12



7



8



9





4. TEORIA DEL METODO

4.1 GENERALIDADES

La polarización inducida es uno de los métodos eléctricos de prospección geofísica que se refiere a la acción de bloqueo o polarización de conductores metálicos en un medio de conducción de soluciones iónicas.

En las rocas, la conducción de la energía eléctrica puede tener lugar según procesos electrónicos o iónicos. El mecanismo de conducción obliga a establecer tres clases generales de conductores sólidos:

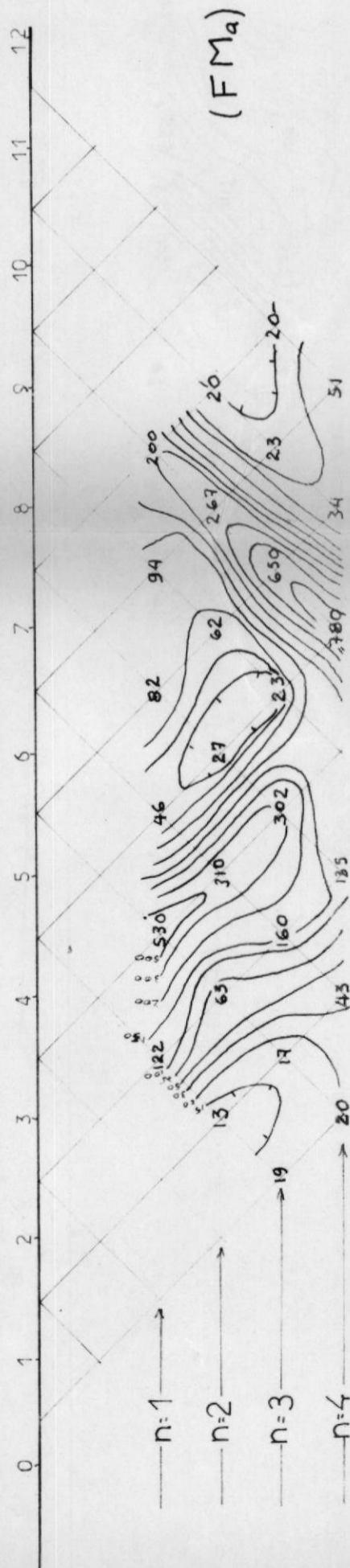
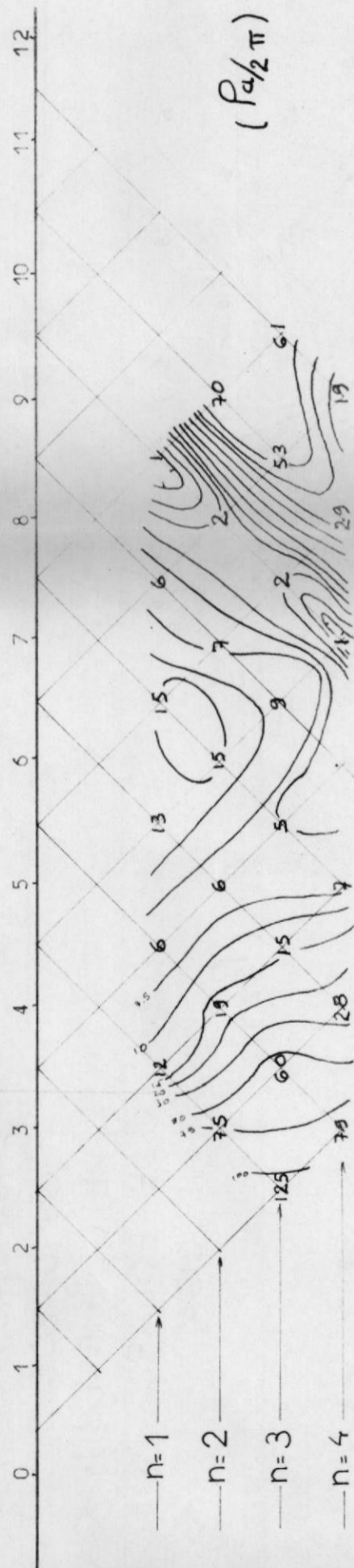
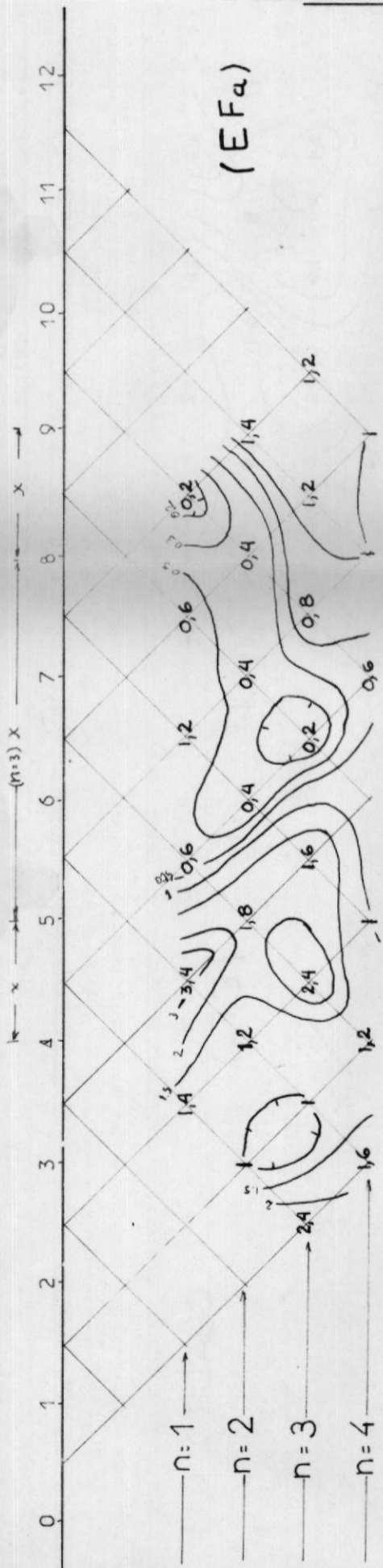
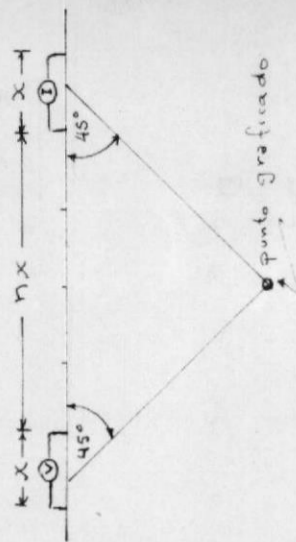
- i. La mayoría de los metales nativos son los llamados conductores metálicos;
- ii. La mayoría de los minerales de sulfuros pertenecen a la clase semiconductor;
- iii. Los minerales formadores de rocas (silicatos) son los llamados electrolitos sólidos.

Puesto que las rocas no contienen únicamente minerales, las propiedades eléctricas de las rocas no son necesariamente determinadas únicamente por las propiedades de sus constituyentes. Todas las rocas son porosas en mayor o menor grado, y, bajo circunstancias favorables, los poros están parcial o completamente llenos de agua. Esta agua contiene sales en solución, con una buena capacidad para conducir la corriente aún en mejores condiciones que la matriz sólida de la roca, a menos que se presenten minerales altamente conductivos.

CUADRO N° 3

EJEMPLO DE
GRAFICACION DE
LOS DATOS DEL
METODO FRECUENCIAL
DE POLARIZACION
INDUCIDA

FRECUENCIAS: 0.3 y 3 cps



4.2 CONCEPTO DE RESISTIVIDAD

La habilidad relativa de los materiales para conducir la corriente (cuando se aplica un voltaje) se expresa como conductividad. Inversamente, la resistencia ofrecida por un material al flujo de la corriente se expresa como resistividad.

La resistividad está definida por la expresión matemática de la ley de Ohm, la cual establece que la fuerza del campo eléctrico en un punto de un material, es proporcional a la densidad de corriente que pasa por ese punto:

$$E = \rho j$$

4.3 MEDICION DE LA RESISTIVIDAD

Un método para determinar la resistividad de los diferentes materiales consiste en preparar una muestra con la forma de un paralelepípedo rectangular. Dos placas metálicas se colocan en lados opuestos (Fig. 4.3)

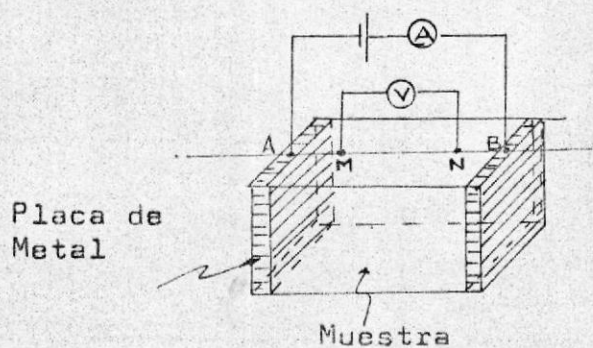


Fig. 4.3

MEDICION DE LA RESISTIVIDAD

Se envía una corriente a través de A y B y se mide el voltaje entre los puntos M y N. Los cuatro electrodos (A, B, M y N) están en una línea perpendicular a las placas metálicas. La resistividad está dada por:

$$\rho = \frac{A}{l} \cdot \frac{V}{I} \quad (\Omega - m) \quad (1)$$

donde:

- A = área a través de la cual pasa la corriente;
- l = distancia entre M y N;
- V = voltaje entre M y N;
- I = intensidad de la corriente (constante)

Imaginemos un casquete esférico de radio "r" y un espesor "dr", con un electrodo puntual en el centro. E_1 - área del casquete será $2\pi r^2$. Toda la corriente "I" (constante) inyectada por medio del electrodo pasará a través del casquete. Si la resistencia es "dR", la diferencia de potencial será:

$$I \ dR = dV \quad (2)$$

aplicando y transformando (1):

$dR = \frac{\rho \ dr}{2\pi r^2}$ de donde, según (2) $dV = \frac{I \rho}{2\pi} \cdot \frac{dr}{r^2}$

Integrando de "r" a " ∞ ", el potencial a una distancia "r", será

$$V = \frac{I \rho}{2\pi r} \quad (3)$$

si el potencial en el ∞ se asume que es 0.

La fórmula (3) indica que si se conecta un voltímetro entre un punto P y otro punto muy lejano, el electrodo mostrará un voltaje "V". Pero en la práctica se emplean dos electrodos de corriente, y lo que se mide no es un potencial sino una diferencia de potencial. De los electrodos de corriente, se supone que uno es positivo y a través del cual penetra la corriente en el suelo, y el otro es negativo, a través del cual retorna la corriente, cerrando el circuito (Fig. 4.4).

4.4 FACTOR GEOMETRICO

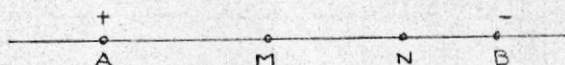


Fig. 4.4

POSICION DE LOS ELECTRODOS PARA EL CALCULO DEL FACTOR GEOMETRICO.

En un material homogéneo, las mediciones de la resistividad están influenciadas por un factor que depende de la disposición geométrica de los electrodos empleados. Para la configuración dipolo-dipolo (descrita más adelante), el factor geométrico ha sido calculado en la forma que se indica a continuación.

En la Fig. 4.4 el potencial en M es, según la ecuación (3):

$$V_M = \frac{I \rho}{2 \pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \quad (4)$$

En el punto N,

$$V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \quad (5)$$

Y la diferencia de potencial entre M y N será:

$$\underbrace{(V_1 - V_2)}_{\Delta V} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \quad (6)$$

La expresión entre paréntesis depende de la posición relativa de los electrodos y se llama FACTOR GEOMETRICO de una configuración de electrodos.

Para abreviar, se acostumbra escribir:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \cdot G, \quad \sigma :$$

$$\rho = 2\pi G \cdot \frac{\Delta V}{I}$$



BIBLIOTECA (7)

En la configuración dipolo-dipolo, universalmente empleada para las mediciones de la polarización inducida (método frecuencial), la fórmula correspondiente a la resistividad aparente es, según (7):

$$\rho_a = \pi n (n+1) (n+2) \times \frac{\Delta V}{I} \quad (8)$$

en donde:

"n" es un número íntegro (= 1, 2, 3, 4, ...),

"x" es la separación entre los electrodos.

4.5 RESISTIVIDAD APARENTE

Las fórmulas teóricas calculadas en este método han sido desarrolladas en el caso hipotético de un me -

dio homogéneo (especialmente en lo que se refiere al cálculo del factor geométrico). Sin embargo, existen en el terreno (medio heterogéneo) una serie de factores que dificultan la medición de la verdadera resistividad de la o las capas subyacentes.

Por este método se ha convenido en introducir el concepto de resistividad aparente, y se lo ha definido como el producto del factor geométrico calculado para un terreno homogéneo y el valor de la resistividad medida.

4.6 ORIGEN DE LA POLARIZACION INDUCIDA

Normalmente, si inyectamos una corriente eléctrica en el suelo, la corriente será acarreada por iones de electrolitos presentes en los poros de las rocas. Si el pasaje de estos iones se interrumpe por la presencia de partículas minerales, que transportan la corriente electrónicamente, las cargas iónicas se acumulan en la interfase partícula-electrolito. Las cargas acumuladas crean un voltaje que tiende a oponerse al flujo de la corriente, y entonces se dice que la partícula está polarizada.

Cuando se interrumpe la corriente, un voltaje residual continúa actuando a través de la partícula, pero decrece continuamente a medida que los iones se redifunden en los poros del electrolito. Este proceso es el que da el efecto de polarización inducida, y se lo llama también polarización de electrodo (se lo observa ordinariamente en la electrólisis).

Nótese que el proceso de acumulación y pérdida de cargas en la interfase partícula-electrolito es idéntico al proceso observado en un condensador, cuando éste es sometido a un campo eléctrico alternativo.

4.7 EFECTO DE LA CORRIENTE ALTERNA

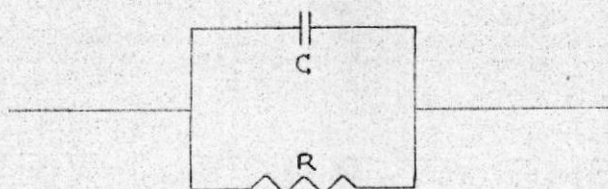


Fig. 4.7.1
CIRCUITO MUY SIMPLIFICADO REPRESENTANDO
UNA ROCA MINERALIZADA.

En el circuito de la Fig. 4.7.1 se representa la *analogía* anomalía más simple del fenómeno de polarización inducida observado en el terreno. Las partículas capaces de dar un efecto de polarización inducida están representadas en el condensador "C".

En la resistencia "R", se incluyen: la resistencia de contacto de los electrodos empleados, la de las interfases solución-partículas, la del agua de los poros, la de los granos minerales, etc.

En el mismo circuito, es fácil observar que la resistencia eléctrica efectiva decrece con el incremento de la frecuencia (Fig. 4.7.2).

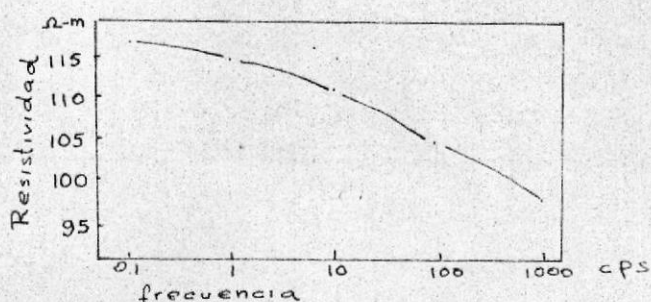


Fig. 4.7.2
ESTUDIO SOBRE UNA SOLUCION 0.01N DE $ClNa$ CON UN
CONTENIDO DE 2% DE SULFUROS (Parasnis, 1966)

Con el método frecuencial empleado en este estudio, la polarización mencionada anteriormente se detecta por el cambio en la resistividad aparente cuando se incrementa la frecuencia de la corriente alterna aplicada.

4.8 PARAMETROS

El porcentaje del cambio de resistividades por efecto del cambio de frecuencia, se denomina EFECTO DE FRECUENCIA y se lo define como:

$$\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} \times 100 \quad (9)$$

donde:

$$\begin{aligned} \rho_2 &= \rho_a \quad \text{en baja frecuencia, y} \\ \rho_1 &= \rho_a \quad \text{en alta frecuencia.} \end{aligned}$$

La magnitud del efecto de frecuencia será mayor mientras mayor sea la cantidad de polarización que ocurra en el subsuelo, ya que, como se ha establecido anteriormente, la resistividad es mayor a bajas frecuencias.

Otro parámetro empleado (además de resistividad y efecto de frecuencia) es el FACTOR METALICO, el mismo que ha sido definido como una relación entre el efecto de frecuencia y la resistividad aparente en baja frecuencia. Como la cantidad resultante es relativamente pequeña, se la multiplica arbitrariamente por $2\pi \cdot 10^3$ para tener:

$$FM = \frac{\%EF}{\rho_2} \times 2\pi \times 10^3 \quad (10)$$

Las unidades del factor metálico resultan ser las mismas que las de la conductividad. En algunos casos

este parámetro, que resulta ser proporcional al cambio de conductividades por efecto de las dos frecuencias utilizadas, se considera como el más apropiado para analizar la interpretación de los resultados.

Sin embargo, en este estudio se ha dado una cierta preferencia a los valores de efecto de frecuencia, puesto que, al tratarse éste de un parámetro directamente relacionado con la cantidad de material polarizable, está, por lo mismo, mejor capacitado para darnos valiosas informaciones en la investigación de sulfuros diseminados.



5. DESARROLLO DEL METODO

5.1 EJECUCION DE MEDIDAS

La energía eléctrica requerida para efectuar las mediciones ha sido proporcionada por un generador de 800 Watios, conectado a un TRANSMISOR (Geoscience Incorporated, Modelo 5170), capaz de producir corrientes a varias frecuencias.

El transmisor, conectado al par de electrodos de envío de corriente, permite la aplicación de un valor particular de ella para cada uno de los pares. La energía eléctrica, después de atravesar el terreno, llega al par de electrodos de medida de potencial (electrodos impolarizables) conectados al RECEPTOR (Geoscience Incorporated, Modelo 5260), que no es sino un potenciómetro muy sensible y estable, sintonizado a las frecuencias seleccionadas de 0,3 y 3 ciclos por segundo.

Estas frecuencias, relativamente bajas, han sido seleccionadas con el fin de eliminar los efectos de cuplas inductivas. Algunos otros efectos, de los llamados "ruidos", son filtrados por el receptor en el momento de efectuar las mediciones.

5.2 ELECTRODOS

El campo eléctrico entre los electrodos del receptor es proporcional a la corriente inyectada en el terreno por los electrodos del transmisor. Si esta señal es fuerte, el receptor dará una lectura más exacta y rápida ya que los diferentes ruidos ejercerán una influencia proporcionalmente menor en la lectura.

La relación entre la corriente y el voltaje del transmisor y la resistencia de los electrodos del mismo

siguen la Ley de Ohm. Por lo tanto, la resistencia de los - electrodos debe ser suficientemente baja para permitir la - introducción en el suelo de una corriente que sea capaz de originar una buena señal, fácil de detectar.

El tipo de electrodos empleados en ese trabajo para el envío de corriente fueron estacas de cobre (54 cm. de largo y 19 cm. de diámetro). Para disminuir la resistencia de contacto se empleó agua salada, con lo cual se pudo incrementar el valor de la corriente hasta dos y cuatro veces sobre el obtenido sin la solución salina.

Como electrodos de medida ^{de} potencial se emplearon los llamados electrodos impolarizables, consistentes en un recipiente conteniendo un alambre de cobre sumergido en una solución sobre-saturada de sulfato de cobre, con un medio poroso y permeable en el fondo para permitir el paso de la corriente a través de la solución.

Un exceso de cristales se coloca dentro del recipiente para asegurar el estado de sobre-saturación de modo que no ocurra ningún cambio de concentración al paso de la corriente, permaneciendo constante el potencial de electrodos.

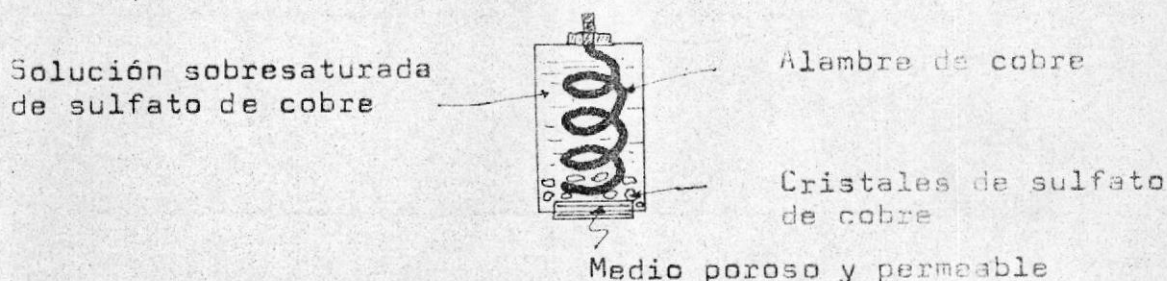


Fig. 5.2

5.3 TABULACION Y CALCULOS

La posición de los puntos investigados está regida por la posición relativa de los dos pares de electrodos empleados. En el cuadro 2, estas posiciones relativas - para cada punto están indicadas en las columnas 1 y 2. El - proceso de graficación está indicado más adelante en "pre - sentación de resultados" (Sección 5.4).

La representación gráfica de los datos del - cuadro 2, consta en el cuadro 3.

En el terreno, se computan los valores de la corriente inyectada por el transmisor (columna 4). Para simplificar los cálculos, en este ejemplo se ha adoptado el valor de 1 amperio para todas las corrientes.

Mientras la operación se realiza en la frecuencia "alta" (tres ciclos por segundo), se trata de compensar el voltaje recibido, anotándose los valores "nivel de entrada" y "dial" leídos en el receptor (columnas 5 y 6).

Estas cifras son transformadas a las correspondientes en mili-voltios según las siguientes ecuaciones, regidas por las características de construcción de los aparatos empleados:

$$mV_{100} = 0,1075 \times (\text{lectura del dial}) + 36$$

(Para 100 mV, y/o sus múltiplos y submúltiplos).

$$mV_{30} = 0,36 \times (\text{lectura del dial}) + 12,65$$

(Para 30 mV y/o sus múltiplos y submúltiplos).

Una vez obtenida la diferencia de potencial - entre los electrodos respectivos (columna 7), aplicamos la

ecuación (7) para el cálculo de la resistividad aparente en alta frecuencia (columna 8):

$$\rho_a = 2\pi G \frac{\Delta V}{I}$$

En la columna 3 se han escrito ya los valores de "G" correspondientes a cada punto investigado.

En la práctica, lo que se calcula es el valor de $\frac{\rho_a}{2\pi}$, con el objeto de simplificar los cálculos.

En la columna 9, se anotan los valores en porcentaje del efecto de frecuencia, leídos en el receptor y una vez que se ha aplicado la frecuencia baja (0,3 cps).

El efecto de frecuencia es corregido sustrayéndole el valor obtenido durante la calibración, la misma que se efectúa en el momento en que los pares de electrodos estén lo más cercanos posibles. El efecto de frecuencia corregido - (columna 10), es dividido por el valor de $\rho_a/2\pi$ de la columna 8 para obtener el factor metálico (columna 11).

Esta última operación no está exactamente de acuerdo a las definiciones dadas anteriormente. Para que la aplicación de la definición del factor metálico sea válida, sería necesario calcular la resistividad aparente en baja frecuencia, según la fórmula:

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot (1 + \% EF)$$

deducida de la definición del efecto de frecuencia (fórmula 9).

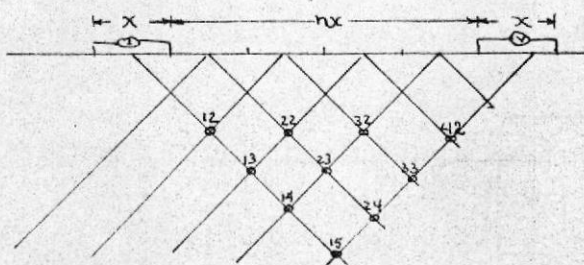
Pero, con el objeto de acelerar el trabajo,

y considerando que la diferencia entre ambas resistividades es despreciable en la práctica, se ha optado por efectuar los cálculos únicamente con la resistividad aparente en alta frecuencia.

Una vez finalizados los cálculos se procede a la graficación de los valores de efecto de frecuencia, de la resistividad aparente y del factor metálico para cada uno de los puntos investigados, según la disposición de los dipolos empleados. Luego se procede al trazado de las curvas (ver "presentación de resultados") y, finalmente, a la interpretación de los seudos-perfiles obtenidos.

5.4 PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Los resultados de efecto de frecuencia, resistividad aparente y factor metálico son presentados separadamente, en un arreglo bidimensional, de acuerdo con la configuración dipolo dipolo (Fig. 5.4)



CONFIGURACION DIPOLO-DIPOLO



- I: par de electrodos de envío de corriente.
- V: par de electrodos de recepción de voltaje.
- x: separación entre electrodos
- nx: separación entre los pares de electrodos
- 13: punto investigado

Fig. 5.4

La corriente se aplica en dos puntos, a una distancia "x" uno del otro. Los potenciales se miden en otros dos puntos, separados por la misma distancia "x", situados en la misma línea de los electrodos de corriente.

Ambos pares de electrodos están separados por una distancia "nx", donde "n" es un número integro (= 1, 2, 3, y 4). El valor de "x" empleado fue de 50 metros.

Al graficar los resultados se trazan líneas oblicuas, a la derecha e izquierda, a 45°, a partir del centro de cada par de electrodos. Los valores se escriben en las intersecciones de las líneas.

Los diferentes niveles de investigación obtenidos resultan de los diferentes valores de "n" empleados. Según este proceso, las medidas en la superficie se hacen de tal modo que los efectos de cambios laterales en las propiedades del subsuelo, pueden ser separados de los efectos de cambios verticales.

Los valores graficados son relacionados con intervalos logarítmicos, de acuerdo a la siguiente escala:

1, 1.5, 2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20

Nota importante:

los gráficos obtenidos no deben ser necesariamente interpretados como perfiles o cortes de las propiedades eléctricas del subsuelo bajo la línea de medidas.

La conducción de la corriente en el terreno, está regida por fenómenos muy complicados y es muy difícil preveer o calcular el camino seguido por ella. Además, vuelve mos a anotar, los valores medidos en la superficie son valores aparentes, y, como regla general dictada por la experiencia, los primeros son más pequeños que los segundos.

Algunos perfiles geofísicos han sido dibujados tomando como base de la representación, el perfil topográfico. No existe, por lo menos hasta el momento, ningún tipo de corrección topográfica en este método. Sin embargo, no hay que olvidar la influencia de la topografía en las mediciones en el terreno.

Tampoco hay que olvidar que los diferentes niveles de investigación no son equidistantes: a mayor profundidad hay un mayor acercamiento entre las equipotenciales, de tal modo que habrá, en un momento dado, un límite para la profundidad de investigación aunque se incremente, en cualquier cantidad, el valor de "nx".

6. INTERPRETACION CUALITATIVA

6.1 INTRODUCCION

Un aspecto interesante a considerar es que los perfiles de polarización inducida no indican necesariamente la forma de las anomalías. En principio, las curvas de resultados del método a penas sirven para indicar si, existe o no una anomalía. Las conclusiones que se puedan obtener de un estudio de las curvas es un asunto de experiencia, y bastante arriesgado.

Para realizar una interpretación comprensiva hay que conocer, lo mejor que se pueda, los valores del-background. Un estudio exhaustivo en Laboratorio de los materiales prospectados, hubiera sido recomendable, pero:

- i. Los especímenes obtenidos no reflejan fielmente las condiciones naturales;
- ii. Las técnicas de Laboratorio no corresponden exactamente a las técnicas de rutina en el campo;
- iii. La preparación de las muestras distorsiona la naturaleza de las mismas.

La correlación de los resultados de polarización inducida con la mineralización es bastante difícil, a causa de las muchas variables involucradas: isotropía, la geometría de los cuerpos, irregularidad en la mineralización, tamaño de los granos, porosidad y permeabilidad de las rocas, composición del fluido de los poros y de los minerales de ganga, la presencia de arcillas (causantes del efecto de polarización de membrana), etc.

En los resultados de la resistividad aparente es importante observar que, para bajos porcentajes en el contenido de sulfuros, una variación de estos porcentajes tiene muy poca influencia en los cambios de los valores de la resistividad aparente. En esta zona de estudios, por lo menos, la resistividad parece haber sido bastante influenciada por el contenido de agua en los poros de las rocas, y por la presencia de sulfuros masivos.

6.2 DESCRIPCION DE LOS PERFILES

La descripción de los perfiles está hecha de Oeste a Este, de tal modo que si una anomalía se describe a continuación de otra, debe entenderse que la primera está al Este de la descrita anteriormente.

Las anomalías han sido clasificadas como débiles, medias y fuertes, atendiendo al contraste en magnitud con los valores adyacentes, y a la forma como se manifiestan en cada uno de los tres parámetros.

La profundidad a la que aparece el tope de la anomalía también se menciona, haciendo especial referencia al nivel de investigación en que se aprecia la aparición de la anomalía.

6.2.1 L 2 S

Este perfil muestra una anomalía muy fuerte y bastante bien definida para las curvas del factor metálico entre 1W y 2-3E. Los límites Oriental y Occidental del efecto de frecuencia y de resistividad, respectivamente, no parecen ser muy claros, pero los valores contenidos en este sector pueden resultar característicos de una apreciable cantidad de mineralización. La anomalía coincide con la ubicación del río Alumbre, justamente donde la geología ha marcado el contacto fallado entre el aglomerado y la toba.

Hacia el E, las curvas de resistividad y factor metálico sugieren la existencia de dos pequeñas fallas limitando un bloque aflorante de rocas silicificadas, tal como se indica en el mapa.

6.2.2 L O

El contacto fallado entre el aglomerado y la toba descrito anteriormente, se nota extraordinariamente en las curvas del factor metálico (19-20 W), las cuales corresponden notablemente a las formas de curvas teóricas calculadas para una lámina vertical. El efecto de frecuencia no tiene valores significativos. Hay una baja de resistividades en este sector, y son estos valores los que originan la anomalía del factor metálico, bastante fuerte en profundidad, lo que sugiere un cierto grado de mineralización.

Hacia el E, el afloramiento de rocas semi-silicificadas se muestra como una banda aproximadamente horizontal (19-10 W), que no sobrepasa el segundo nivel de investigación. Esta banda muestra resistividades muy altas y está interrumpida por un dique de andesita (14 W), el que se manifiesta en las tres curvas.

Otra anomalía, media y profunda, aparece entre 11 y 12 W, y, hacia el E, no sería de extrañar la presencia de una serie de pequeñas fallas, mineralizadas o no.

El contacto toba-aglomerado se insinúa como una anomalía de resistividad y factor metálico entre 5 y 6 W.

La falla del río Alumbre (1 E) aparece con bajas resistividades e incremento de valores altos de efecto de frecuencia y factor metálico. Lo que se insinúa como mineralización masiva (al E de la falla) parece diluirse en diseminación, por debajo de la silicificación, según lo indica el efecto de frecuencia.

Otra vez, como en el perfil anterior, el bloque silicificado, aflorante aparece estar limitado por fallas (4 y 8-9E).

6.2.3 L 2 N

Es uno de los perfiles más interesantes, ya que presenta un buen número de anomalías más o menos bien definidas y casi todas identificadas con los respectivos accidentes geológicos.

Entre 19-20 W se observa aún, en profundidad, la continuación de la falla descrita en L O. El mayor número de altos valores de efecto de frecuencia, dan la idea de que la anomalía toma mejores formas y dimensiones.

La banda de roca semi-silicificada aparece otra vez (18-8 W) sin sobrepasar el tercer nivel de investigación.

En la adaptación de las curvas al perfil topográfico se hacen notorias las fallas en 12 W y 9W separando dos anomalías, posiblemente mineralizadas, con altos valores de efecto de frecuencia y factor metálico, y de algún potencial económico.

Las observaciones en el terreno muestran (en 7 W) la presencia de un gran bloque (o afloramiento) de aglomerado al mismo nivel y muy cerca, de otro de toba por lo que suponemos que se trata de un contacto fallado. La discontinuidad de los perfiles de polarización inducida adaptados a la topografía, parecen confirmar esta suposición. En efecto, el aglomerado se extiende a partir de ~~este~~ punto hacia el E hasta la falla del río Alumbre en 1 W.

Entre 0 y 1 E aparece la anomalía fuerte descrita en el perfil anterior, y con similares características. Así mismo, la serie de accidentes correspondientes a los difere

rentes bloques fallados de este sector.

6.2.4 L 3 N

Resistividades muy bajas entre 12 y 13 W caracterizan una posible falla, la misma que se caracteriza también^{en} las curvas de factor metálico. Descartamos la idea de mineralización en este sector debido a los muy bajos valores de efecto de frecuencia.

Un bloque de resistividades muy altas se observa entre 11 y 7 W, desde la superficie hasta el tercer nivel investigado. En el cuarto nivel aparecen resistividades bajas y cambios notorios.

Hacia el E, entre 0 y 1 W, una anomalía fuerte coincide con el río Alumbre, y hacia el E del río, otra vez las características de la roca silicificada.

6.2.5 L 4 N

La banda de roca silicificada descrita en L 0 y L 2 N, se manifiesta en este perfil entre 17 y 10 W, ligeramente interrumpida en 13 W por una posible falla. El espesor de la banda es mayor y un cierto grado de mineralización, en profundidad, se insinúa entre 18 y 19 W, y entre 13 y 15 W. Los límites de esta banda parecen estar fallados, especialmente en 10 W donde se observa una disminución brusca de efecto de frecuencia a partir de este punto hacia el E.

La presencia del río Alumbre se insinúa muy débilmente en el efecto de frecuencia y la resistividad; el factor metálico alcanza valores ligeramente fuertes, pero no tanto como hacia el E donde, por debajo de la roca silicificada que aparece con un espesor considerable, se manifiestan indicios de una anomalía fuerte, profunda entre 1 y 3 E.

Como en los perfiles anteriores, algunas fallas interrumpen la continuidad del bloque silicificado.

6.2.6 L 6 N

Entre 16 y 18 W aparece una anomalía fuerte, con altos efectos de frecuencia y factor metálico y bajas resistividades. Se podría talvés correlacionar esta anomalía con las extremas occidentales descritas en perfiles anteriores, pero resulta un poco extraño que la actual se manifieste desde la superficie y no sólo en profundidad como las anteriores.

Entre 13 y 15 W aparece una causa disturbante en profundidad, vecina al afloramiento de roca silicificada, la misma que se encuentra interrumpida por la falla del río Alumbre entre 3 y 4 W.

Entre 1 y 3 E aparece una fuerte anomalía de resistividad y factor metálico. Su origen parece ser profundo y bastante difícil de diagnosticar, pero no sería raro que estén relacionadas con las posibles fallas que se insinúan entre 1 W y 0, 2-3 E. Lo mismo sucede entre 4 y 9 E, donde una fuerte anomalía, esta vez observada en los tres parámetros, aparece centrada en 6 y 7 E, a partir del segundo nivel investigado, para profundizarse más a medida que se avanza hacia el E. En este caso, las fallas se manifiestan en 4 E y 9 E.

6.2.7 L 7 N

Una anomalía de resistividades de mediana intensidad y profundidad aparece centrada en 13 W, y se justifica por la presencia de sulfuros diseminados encontrados en el sector, en toba alterada. Es posible que la mineralización esté relacionada con las dos fallas que se cruzan el W de es-

te punto y que pone en contacto la andesita (al N), el aglomerado (al S W) y la toba (al E). Es de notar que en el sector no existe sino toba alterada, y es más al E donde aflora la silicificación, interrumpida con fallas sucesivas en 8 y 9 W, 3-4 W (Alumbre), a la altura de la línea base, en 1-2 E y 3-4 E.

Muy cerca de 4 W existe un gossan, al S del perfil. Sin embargo, la anomalía debida a la posible mineralización asociada con el gossan no aparece sino a unos 180 m. al NW, y, como casi todas las anomalías encontradas, asociada a la roca silicificada. En este caso al anomalía se sitúa en segundo o tercer nivel, continuando en profundidad, y es lo bastante amplia como para considerarla de buen potencial económico, al igual que la que aparece entre 2-3 W y 1 W.

6.2.8 L 8 N

Una zona de alta resistividad y bajos factores metálicos y efecto de frecuencia aparece entre 19-21 W. Normalmente, las zonas anómicas interesantes tienen las características contrarias, por lo que suponemos se trata de una zona altamente silicificada a consecuencia de la actividad hidrotermal acompañante de los flujos andesíticos que aparecen al W. En cierto modo, la anomalía marcaría el contacto andesita-aglomerado, tal como se ve en el mapa. Igual fenómeno ocurre, aunque no muy claramente, en L 6 N, 21 W.

Entre 19 y 12-13 W aparece una zona que contiene los posibles valores verdaderos de la andesita: efecto de frecuencia alrededor de 5, resistividad entre 50 y 100 Ohm-m, factor metálico entre 500 y 1.000.

En 12 W, el contacto (fallado?) entre la andesita y la toba silicificada, mostrando una anomalía fuerte por debajo de lo que parece ser el manto silicificado descri-

to en perfiles anteriores. Es posible que esta anomalía este relacionada con la mineralización, y que la causa disturbante se encuentre en profundidad.

La falla del río Alumbre aparece en 4 W con un descenso brusco de resistividad, efecto de frecuencia y factor metálico, lo que puede explicarse suponiendo el bloque oriental seguido con relación al occidental. En-tonces, se encontrarían al mismo nivel la toba alterada que se encuentra debajo del manto silicificado y el bloque silicificado de la derecha; el mismo que muestra un sector anómalico semi profundo, de regular intensidad entre 3 y 1 W.

Aunque descartamos la idea de encontrar mineralización masiva al E de la línea base, una serie de anomalias tipo medio sugieren la presencia de sulfuros diseminados en la toba alterada y por debajo de la roca silicificada, anomalías que están probablemente relacionadas con las fallas de la pequeña fosa tectónica del río Alumbre (1 E, 5 E).

6.2.9 L 10 N

El contacto andesita-toba en el sector W del perfil aparece claramente marcado en 12 W, justamente donde la topografía muestra también una ruptura de la pendiente. La toba silicificada, parece avanzar hasta 6 W donde desaparece bruscamente y justo sobre la ubicación del río Alumbre.

Hacia el E, un sector arcilloso está en contacto con la roca silicificada, la cual se observa por la anomalía media originada a partir del segundo nivel, entre 2 y 3 W.

La silicificación atravesada por este perfil

se extiende hasta 5 E donde otra vez aparecen los valores típicos de la arcilla, pero ésta en esta ocasión como una anomalía amplia y fuerte a partir del tercer nivel.

6.2.10 L 11 N

Sólo tres accidentes merecen la pena ser descritos en este perfil: las dos fallas limitando el bloque aflorante silicificado (2 W y 3 E) y una anomalía media y profunda entre 5 y 6 E. Específicamente, se trata de una anomalía de resistividad, muy baja, pero no creemos que exista algún tipo interesante de mineralización de sulfuros.

6.2.11 L 12 N

El sector de andesita en la parte del perfil no muestra ninguna características interesantes, salvo que los valores de resistividad y factor metálico disminuyen gradualmente de W a E, y los de efecto de frecuencia permanecen prácticamente constantes. Es posible que este fenómeno se deba exclusivamente a la topografía. Una anomalía de resistividad y factor metálico de mediana intensidad y profundidad aparece entre 13 y 15 W, pero dudamos que contenga algún potencial económico.

En 9 W se manifiesta la falla del río Clumbre por el incremento notable de resistividad, al haberse efectuado las mediciones sobre la roca silicificada. Dos fallas (2 W y 2 E) marcan los límites de un sector de muy alta resistividad, especialmente en lo que corresponde al afloramiento situado entre 2 W y 0.

Una anomalía débil de resistividad y factor metálico entre 5 y 6 E se manifiesta en superficie y suponemos que se debe a la influencia de la zona pantanosa sobre la cual se efectuaron las mediciones.

6.2.12 L 14 N

La falla del río Alumbre se manifiesta por un descenso en los valores de efecto de frecuencia y un ligero incremento en la resistividad y factor metálico a partir de 12 W marcando un contraste entre la andesita y la roca semi-silicificada. El afloramiento de esta última parece avanzar hasta 2-3W, y entre 6 y 5 W se muestra una anomalía estrecha, superficial de intensidad media para tres parámetros, que se trata probablemente de una falla en la misma roca semi-silicificada.

Entre 4-5 E aparece otra anomalía, de efecto de frecuencia y factor metálico, profunda y de regular intensidad, asociada a la falla marcada en el mapa.

Existe algún accidente en 8 E que coincide con una pequeña quebrada, la cual podría constituir un límite geológico, tal como se indica en el mapa.

6.2.13 L 16 N

Una ligera anomalía de resistividad parece marcar el paso del río Alumbre cerca de 12 W. y, hacia el E, entre 7 y 8 W, aparece otra de regular intensidad, amplia y que parece estar relacionada con la silicificación.

Entre 0 y 4 E se muestran dos anomalías: una estrecha, muy fuerte para los tres parámetros y otra más amplia con inusitados valores de efecto de frecuencia (30-50%) lo que da como resultado el factor metálico de más de 10.000. Creemos que esta segunda anomalía se debe más bien a malas lecturas de efecto de frecuencia. Por muy impresionantes que sean estos valores, no parecen merecer la atención que despertan. Además, la presencia de terrenos pantanosos en la zona nos obliga a pensar que esta anomalía aunque algo profunda, no se debe necesariamente a la presencia de minerales

altamente conductivos. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que la causa de la anomalía sea de verdad algo económicamente interesante.

La geología ha marcado un contacto litológico cerca de 8 E. El estudio de los perfiles de polarización inducida parece establecer alguna diferencia de valores, pero no es lo suficientemente clara para rectificar el dato geológico.

6.2.14 L 18 N

En 13 W se aprecia en el terreno una de las mejores evidencias de falla que pueda apreciarse en la zona: un espejo de falla más o menos coincidente con el paso del río Alumbre. El efecto de frecuencia no muestra ninguna característica especial. La resistividad tampoco marca claramente este accidente tectónico en profundidad: a penas en el primer nivel de investigación aparece el límite occidental de una capa muy resistente, aflorante, y que desaparece bruscamente en 8 W. Una falla parece marcar este límite, asociada a una anomalía profunda, de intensidad media, que se manifiesta en ambos lados de esta falla.

En 2 - 3 E una fuerte anomalía de resistividad y factor metálico, profunda, algo amplia, que podría ser una continuación de las que aparecen en este mismo sector en los perfiles 14 y 16 N.

6.2.15 L 20 N

Por resistividad y factor metálico aparece una anomalía amplia (14 - 16 W) profunda, de mediana intensidad, marcando el contacto, posiblemente fallado, entre la andesita y la roca silicificada, esta última mostrando altos valores superficiales, entre 9 y 11 W, señalando en 11 W la posible continuación de la falla que viene apareciendo desde

14 N.

No hay nada interesante que describir en el resto del perfil. Parece que, como en casi todo este sector N, la toba, que aquí aflora con frecuencia, no contiene suficiente cantidad de minerales metálicos polarizables, ni siquiera diseminados, que pudieran contener algún significado económico.

6.2.16 L 22 N

De manera muy similar a la del perfil anterior, una amplia anomalía de resistividad aparece entre 14 y 17 W, siempre asociada a la roca silicificada, la misma que desaparece a partir de 13 W con otra anomalía, más estrecha esta vez, con muy bajos valores de resistividad.

Además de la posible existencia de un manto andesítico en las inmediaciones de la línea base, no hay otro accidente digno de ser mencionado en el resto del perfil.

6.2.17 L 24 N

Continúa la anomalía centrada en 15 W, pero esta vez sólo para el factor metálico y subaflorente, sin que existan señales de silicificación. Estas sin embargo, aparecen más al E de una posible falla (12-13W) indicada por un excelente contraste de resistividades, concordando el aumento de valores con la presencia de roca silicificada en la superficie.

Una anomalía relativamente fuerte para los tres parámetros aparece entre 6 y 9 W. Aparentemente representa un cierto plano anómalo con un ligero buzamiento al E, pero al tomar en cuenta la fuerte gradiente topográfica, parece que se trata más bien de una capa horizontal, posible

mente de la toba alterada, esta vez con alguna cantidad de material fuertemente polarizable. Este material pueda tener una posible relación con el manto de andesita que aflora más al E, cubriendo una de las más prominentes elevaciones de la zona.

6.2.18 L 26 N

Sólo anomalías de resistividad y factor metálico se manifiestan aquí. Especial mención merece el bloque de muy alta resistividad que aparece entre 16 y 12 W, y cuyos valores son cercanos a los 10.000 ohm.m.

Hacia el E, se ha mapeado también lo que parece una continuación de este bloque silicificado. Sin embargo, las resistividades son algo menores y descienden a valores muy pequeños a partir de 8 W.

Muy cerca de un contacto toba-aglomerado aparece una anomalía fuerte para efecto de frecuencia, pero insignificante para resistividad, y, finalmente, de mediana intensidad para factor metálico, profunda, entre el tercer y cuarto nivel de investigación, algo amplio. Es algo difícil explicar la causa de esta anomalía y por los altos valores de efecto de frecuencia talvés podría sospecharse algún significado económico.

6.2.19 L 28 N, 30 N, 32 N, 34N, y 36 N

Estos perfiles, ubicados enteramente en el sector N de la zona de investigación, muestran características algo similares: dos grandes sectores de muy altas resistividades (1.000 - 30.000 ohm.m) uno en el extremo occidental y otro al centro sobre la línea base, alternando con terrenos pantanosos de bajas resistividades. (fotografía No. 12).

El efecto de frecuencia es muy bajo, no -

muestra mayores contrastes, y a penas por la forma de las curvas se nota groseramente la demarcación correspondiente a la zona de alta resistividad.

El factor metálico, por ser una relación de los parámetros anteriores, acentúa, talvés con mayor precisión, las zonas silicificadas.

La única anomalía digna de ser mencionada ocurre en L 28 N, entre 10 y 13 W. Parece a partir del segundo nivel, algo amplia, con un efecto de frecuencia que sobrepasa el 10%. Las resistividades, cercanas a la unidad, no definen claramente la causa; el factor metálico está mejor delineado. Esta anomalía, ubicada en las proximidades de un terreno pantanoso presenta características similares a todas las de su género descritas anteriormente.

7. CONCLUSIONES

Es indudable que en esta zona de estudios existe una estrecha relación entre: las fallas, la silicificación y la mineralización.

El espesor de las rocas silicificadas no parece ser muy significativo. Creemos que se trata más bien de una capa relativamente delgada recubriendo el material tobáceo-arcilloso, alterado o no, el mismo que parece ser el nivel que ha dado los mayores efectos de polarización.

La zona de mayor interés parece ser aquella del sector S del área investigada. Las anomalías del sector N parecen ser causadas más bien por los efectos de polarización de membrana, característica de los materiales arcillosos.

La falla del río Alumbre siempre se manifiesta en los perfiles geofísicos con alguna forma de rasgos anómicos. Por otro lado, muchas de las quebradas existentes en la zona coinciden también con alguna indicación anómala. Si generalizamos el caso del río Alumbre, muchas de las quebradas marcarían zonas de debilidad, posiblemente atravesadas por fallas.

Las anomalías débiles o de mediana intensidad coincidentes con terrenos bajos (pantanos o quebradillas) podrían muy bien ser causadas por una cierta concentración de minerales metálicos en estas pequeñas bateas naturales.

Una vez que se descubra la causa de las anomalías más importantes, sería interesante aplicar otros -

métodos geofísicos para identificar mejor los detalles y propiedades que caractericen los posibles cuerpos mineralizados.

No ha sido posible realizar una interpretación cuantitativa debido a la pobreza de las informaciones proporcionadas por las perforaciones que se han realizado en la zona.



8. B I B L I O G R A F I A

PARASNIS, 1966. Mining Geophysics. Elsevier Publishing Company.

KEELER, G, and FRISCHKNECHT F., 1966 Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon - Press.

B. E. G., 1966 Mining Geophysics, Volumes I and II. - The Society of Exploration Geophysicists.

WOLF, 1892 Geografia y Geologia del Ecuador. Leipzig.

ERHART, 1967 La genèse des sols en tant que phénomène Géologique. Masson et Cie.

GOOSSENS, 1968 Monthly reports. UNDP.

HANZLIK, 1968 Final draft. UNDP.

- . -