

ESTUDIOS DE EXPLORACION GEOELECTRICA SOBRE LA FORMACION MARIFIL ENTRE PUERTO MADRYN Y TELSEN (PROVINCIA DE CHUBUT)

Edgardo Navarro

Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur. PAID - CIC
San Juan 670. (8000) Bahía Blanca. e-mail: enavarro@criba.edu.ar

RESUMEN

Entre las localidades de Puerto Madryn ($42^{\circ} 30' S$ y $65^{\circ} 00' W$) y Telsen ($42^{\circ} 40' S$ y $67^{\circ} 00' W$) se llevan a cabo estudios geomorfológicos cuyo objetivo es conocer la evolución del paisaje labrado desde el Jurásico. Las volcanitas de la Fm Marifil son los principales afloramientos ígneos, constituyen el basamento en el área y se manifiestan en superficie en forma de lomadas que tienden a alinearse en una dirección norte-sur. En este estudio, se realizó una prospección geoelectrónica en aquellos sectores en que la Fm Marifil se encuentra cubierta por depósitos sedimentarios. Con la finalidad de identificar los espesores de la cobertura sedimentaria, como así también variaciones en la morfología y profundidad del basamento, se realizaron 16 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Para cada sondeo se empleó la configuración tetraelectrónica de Schlumberger y las curvas de campo fueron interpretadas automáticamente a partir de los sucesivos procesos de reajustes. Los modelos de capas geoelectricas fueron obtenidos con un error inferior al 2,5%. Para la interpretación geológica de cada modelo geoelectrico se tuvieron en cuenta tanto la información de la geología de la región como los datos de un pozo de exploración, cuyos perfilajes eléctricos y litología fueron empleados para la parametrización de los sondeos. Dichos modelos permitieron establecer las variaciones del espesor sedimentario sobre la Formación Marifil, alcanzando en algunos sitios los 174 m. Una transecta al sur de Telsen define una progresiva profundización del basamento hacia el sur.

Keywords: Prospección Geoelectrónica-Sondeos Eléctricos Verticales-Formación Marifil-Evolución de paisaje-Telsen-Puerto Madryn.

ABSTRACT

Geomorphological studies between Puerto Madryn ($42^{\circ} 30' S$ y $65^{\circ} 00' W$) and Telsen ($42^{\circ} 40' S$ y $67^{\circ} 00' W$) are carried out in an attempt to know the evolution of the landscape from the Jurassic period. Volcanic rocks of the Marifil Formation are the main outcrops in the area, constitute the basement in the area and their exposures form hills which tend to align in a north-south direction. In this study, where the Marifil Formation is covered with sedimentary deposits, a geoelectrical prospection was made. In order to determine the thickness of the sedimentary cover, the variation in the morphology and the depth of the basement, sixteen Vertical Electrical Soundings (VES) were done. A Schlumberger tetraelectrode configuration was used for each VES and the sounding curves were interpreted automatically through an iterative process. Geoelectrical layer models were obtained and the error considered was always less than 2.5%. For the geological interpretation of each geoelectrical model, both the geological information of the area and the data from an exploration hole were considered, whose electrical logging and litology were used for the parametric reference of the soundings. These models allowed to define the variations in the thickness of the sedimentary fill, which reaches in some sites up to 174 m. A geoelectrical cross section located south of Telsen showed a progressive deepening of the basement toward the South.

Keywords: Geoelectrical Prospection-Vertical Electrical Sounding-Marifil Formation-Landscape Evolution-Telsen-Puerto Madryn.

INTRODUCCION

El presente estudio forma parte de un análisis geomorfológico regional que se lleva a cabo en la Provincia de Chubut entre las localidades de Puerto Madryn y Telsen (Fig. 1) entre los 42° y 43° S y 65° y 67° W. El objetivo es establecer la evolución del paisaje labrado durante un intervalo que abarca desde el Jurásico hasta el Mioceno. Como parte de esta investigación se evalúan diferentes parámetros geológicos, que comprenden tanto el estudio de perfiles litoestratigráficos de los afloramientos sedimentarios (particularmente en el área de la localidad de Telsen), como así también, el análisis morfométrico del relieve a partir de modelos digitales de elevación (DEM) de imágenes satelitales ASTER.

En el área de estudio, los principales afloramientos los constituyen volcanitas de la Formación Marifil. De extensión regional significativa sobrepasa los límites de la provincia de Chubut llegando hasta la de Río Negro y tectónicamente asociadas a una etapa de sinrift (Ardolino y Franchi, 1996). Estos depósitos fueron reconocidos inicialmente por Widhausen (1921) y atribuidos temporalmente al Mesozoico. Dataciones radimétricas posteriores permitieron establecer para estas rocas, un importante intervalo de depositación que comprende desde los 156.7 Ma hasta los 186.2 Ma. Particularmente para el área de análisis dicha edad se puede acotar entre los 178.7 Ma y 186.2 Ma (Alric *et al.*, 1996). Litológicamente la Fm. Marifil está constituida por diferentes facies, tanto efusivas como hipabisales, lo que llevó a considerarla como un complejo integrado básicamente por tobas, ignimbritas, riolitas y pórfidos riolíticos. En superficie, se presentan como lomadas saltuarias que tienden a alinearse en dirección norte-sur, con depósitos sedimentarios cubriendo las depresiones.

Estas volcanitas constituyen particularmente el límite Este de la Cuenca de Somuncura-

Cañadon Asfalto (Cortiñas 1996) y en esta región, el basamento sedimentario. Para el área considerada los principales afloramientos sedimentarios se manifiestan en Telsen, con depósitos que corresponden al Grupo Chubut y Fm La Colonia (pos-Aptiano a Cenomaniano, Ardolino y Franchi, 1996).

En dicha localidad, la sucesión sedimentaria está caracterizada en el tramo inferior por un sistema fluvial multicanalizado, de baja a moderada sinuosidad con área de aporte relativamente cercanas, ubicada predominantemente hacia el SE, con clastos derivados mayoritariamente de las volcanitas de la Fm. Marifil. El tramo superior se dispone en forma litológicamente transicional, con pelitas verdosas, que corresponden a la Fm. La Colonia. (Navarro y Labudia, 2004).

Toda la secuencia sedimentaria está cubierta por las volcanitas oligocenas de los grupos Somuncura y Quiñelaf (Ardolino y Franchi 1996) con una posición hipsométrica que supera las alturas de Marifil. El otro afloramiento de importancia en la región, aunque con una extensión reducida, se encuentra ubicado en la Sierra Chata (65° 55' 28" W y 42° 46' 13" S).

Hacia el Este, en el área de la localidad de Puerto Madryn, los principales afloramientos sedimentarios corresponden a las formaciones Gaiman y Puerto Madryn, relacionadas a las ingresiones del Oligoceno y Mioceno, respectivamente (Haller *et al.*, 2000). Fisiográficamente, el área de estudio presenta un desarrollo de elementos morfológicos correspondientes a un paisaje maduro (Navarro y Labudia, 2002).

Dos grandes rasgos dominan la región y ambos son controlados principalmente por el tipo litológico y geometría de Marifil. En sectores de constitución fundamentalmente riolítica, los afloramientos se manifiestan como lomadas alargadas que se extienden con un sentido general N-S, dentro de una faja

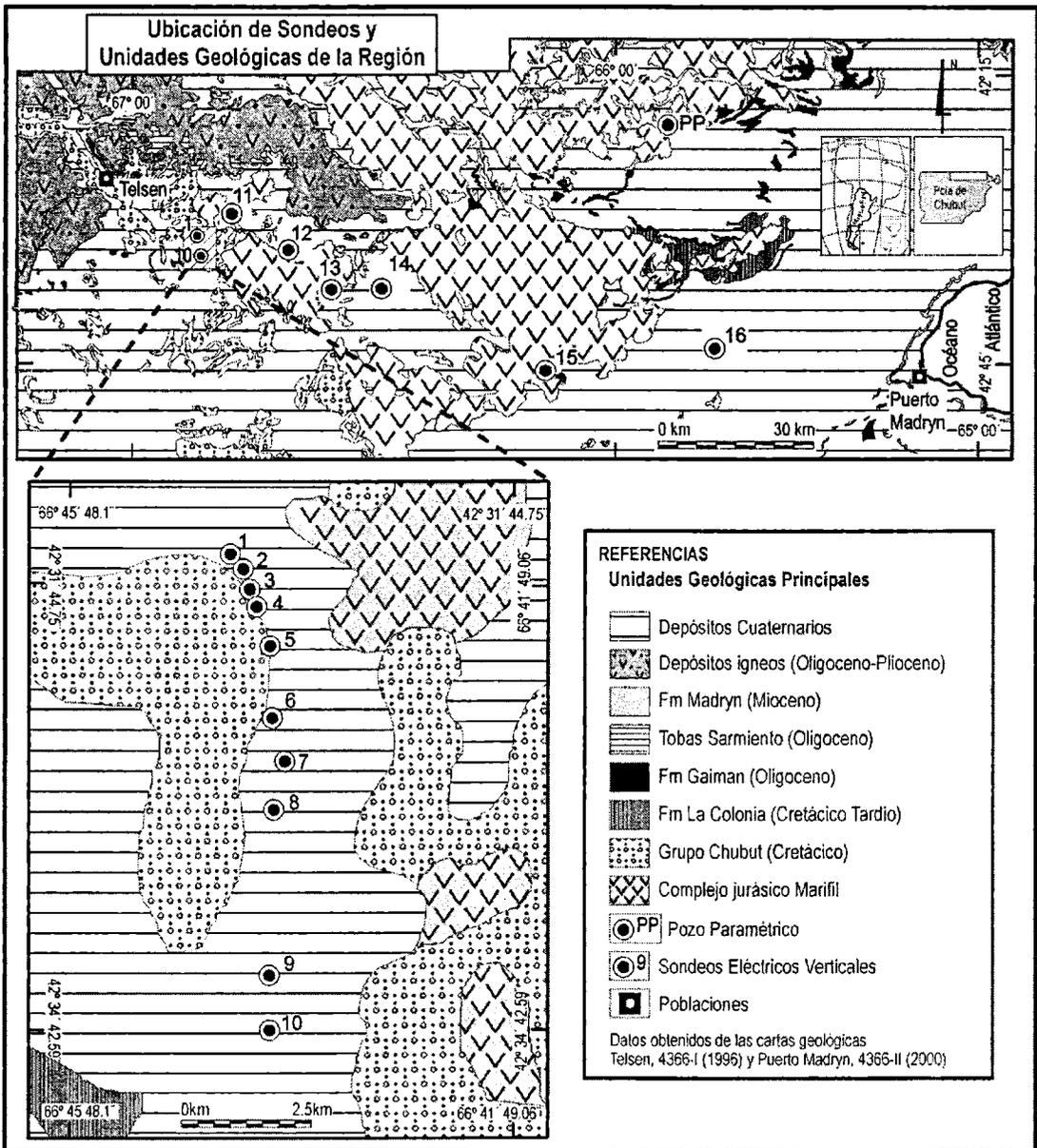


Figura 1: Área de estudio y unidades geológicas asociadas. Ubicación de los puntos de sondeo geoelectrónico y del pozo de exploración paramétrico.

enmarcada aproximadamente entre los meridianos 65°30' y 66°40'W con desniveles altimétricos poco significativos. Una morfología plana tiene desarrollo en aquellas áreas caracterizadas por facies predominantemente tobáceas y en aquellos lugares en los que tuvieron desarrollo procesos agradatorios que condujeron al relleno

sedimentario de depresiones labradas sobre ambos tipos litológicos.

Resulta de interés establecer el posible vínculo entre los afloramientos expuestos en la localidad de Puerto Madryn de naturaleza marina y aquellos presentes en Telsen y que se encuentran asociados fundamentalmente a procesos fluviales. Ante la ausencia entre

ambas localidades de perfiles sedimentarios aflorantes (con la excepción de aquellos de Sierra Chata) que permitan establecer dicha conexión en superficie, se llevó adelante una exploración geofísica del basamento mediante un estudio geoelectrico, a los efectos de evaluar su relación con la cobertura sedimentaria. Los mismos se desarrollaron en aquellos sectores de morfología plana en que el basamento se encuentra cubierto por sedimentos y/o sedimentitas.

De esta manera, a partir del contraste eléctrico que naturalmente se da entre estos dos grandes tipos litológicos, cubierta sedimentaria-volcanitas (Benson *et al.*, 1988), se procuró establecer cambios en la morfología y profundidad del basamento, como así también, variaciones en los espesores de la cobertura sedimentaria que apoya sobre Marifil.

MATERIALES Y METODOS

Los estudios geoelectricos a través de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) permiten determinar los valores de resistividades aparentes (ρ_a) para las diferentes capas del subsuelo (Orellana, 1982). El parámetro resistividad en el medio físico es controlado tanto por el grado de alteración que el mismo presenta, condicionando la porosidad y permeabilidad del sistema, como así también por el tenor de sólidos disueltos en el agua Zhody (1989). Todo esto dificulta en muchos casos asociar un valor de resistividad con el medio físico explorado.

En particular para este trabajo, tanto el grado de alteración litológica como las características intersticiales que presenta, se encuentran vinculados en forma significativa a la constitución geológica. De esta manera, fue posible realizar a través de las variaciones verticales de las propiedades eléctricas del medio (en particular de la resistividad), una sectorización en capas permitiendo vincularlas

a los distintos tipos litológicos. Esta relación se estableció sobre la base del conocimiento geológico de la zona y de la existencia de elementos paramétricos que sirvieron de referencia. En particular se utilizaron como elementos de parametrización una perforación de exploración (Plusagua 2004) (Fig. 2), cortes naturales y excavaciones relacionadas con la actividad antrópica (extractiva y abastecimiento de agua fundamentalmente).

En la elección de los puntos de análisis se tuvieron en cuenta los requerimientos y supuestos metodológicos de los SEV, según los cuales los cuerpos a ser explorados tienen que estar horizontalmente estratificados, ser lateralmente homogéneos e isótropos y desarrollados sobre una topografía horizontal a subhorizontal (Zhody, 1973; Orellana, 1982). En los sitios de exploración del presente estudio, dichas condiciones se cumplieron sin dificultad teniendo en cuenta que en la longitud involucrada por los sondeos no se observaron cambios significativos en el medio. No obstante como la extensión total para cada uno de ellos involucró un tendido de 800 m, condicionó tanto el número total de sondeos, como así también su distribución, en virtud de la accesibilidad y características del terreno.

El dispositivo empleado para el desarrollo de la exploración geoelectrica incluyó fuente de emisión de corriente, voltímetro, amperímetro y electrodos tanto de potencial como impolarizables de corriente. Dentro de la región se desarrollaron 16 SEV, aplicando una disposición tetraelectrónica de Schlumberger, según la cual, la progresiva separación de los electrodos de corrientes se hace de acuerdo a una distancia preestablecida y que abarca al menos seis puntos por ciclo logarítmico (Orellana, 1982). En particular para este estudio la separación en m de electrodos de corriente empleados ($AB/2$) fue de: 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.5, 8.0, 10.0, 10.0, 13.0, 16.0, 20.0, 25.0, 32.0, 40.0, 50.0, 65.0, 80.0, 100.0, 125.0, 160.0, 200.0, 250.0, 320.0 y 400.0.

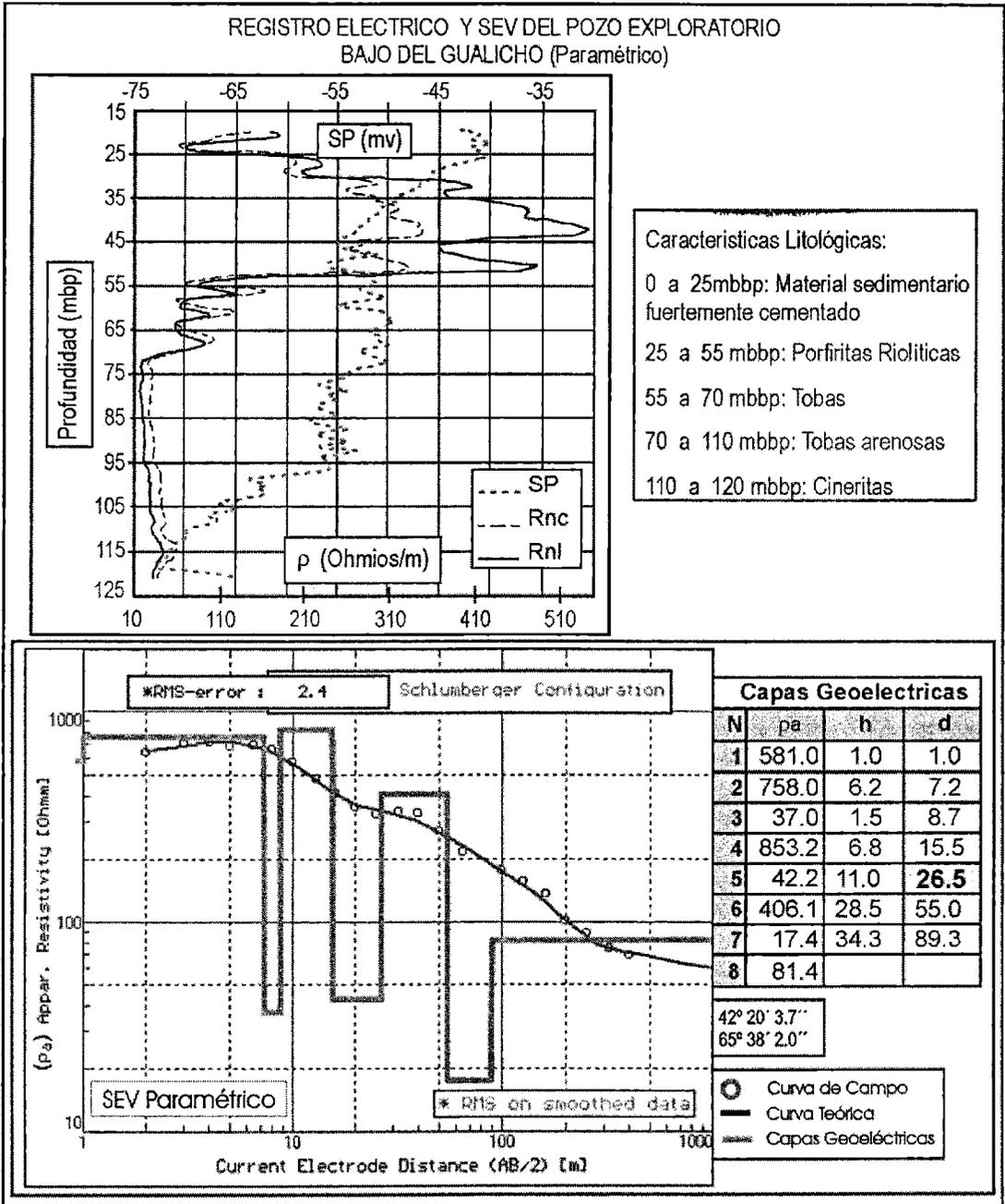


Figura 2. Perfilajes eléctricos (Resistividad Normal Corta, Resistividad Normal Larga y Potencial Espontáneo) y litología del pozo de exploración paramétrico. Sondeo eléctrico vertical asociado al pozo.

Para la obtención del valor de resistividad aparente, en cada punto y para cada separación de electrodos de corriente se aplicó una descarga eléctrica al medio, efectuándose

en consecuencia, la medida de intensidad de corriente y diferencia de potencial. En este último caso, con el propósito de obtener el valor de potencial propio del medio, a las lecturas

obtenidas les fueron restadas las del potencial natural de la tierra (potencial telúrico). Los parámetros eléctricos cuantificados de esta manera, fueron vinculados a través de la fórmula según la cual:

$$r_a = K \times \frac{V}{I}$$

En donde:

- pa Resistividad aparente (Ohmios metros)
- V Diferencia de potencial medida (Milivoltios)
- I Intensidad de Corriente (Miliamperes)
- K Constante geoelectrica

Los datos correspondientes a cada uno de los puntos de separación de los electrodos de corriente (AB/2), fueron representados en gráficos de coordenadas logarítmicas. En las ordenadas se volcaron los valores de resistividad aparente y en las abscisas se asignaron los valores de espaciamiento de los electrodos de corriente. De esta manera, la unión de estos puntos permitió la obtención de las curvas de campo. A los efectos de lograr lecturas significativas en la diferencia de potencial se realizaron dos empalmes, uno entre los 25 m y 32 m, el otro entre los 125 m y 160 m. En el primer caso se pasó de una separación de electrodos de potencial (MN) de 1 m a 10 m, mientras que en el segundo caso se desplazó de 10 m a 50 m.

INTERPRETACION DE LAS CURVAS DE CAMPO

A los efectos de realizar la interpretación de las curvas de campo se tuvieron en cuenta diferentes consideraciones de Orellana (1982) y Zhody (1989).

- Las resistividades aparentes son siempre positivas.

- La forma de la curva de campo acompaña siempre la forma de la curva de resistividad verdadera, de modo tal que incrementos o disminuciones en la resistividad verdadera con el aumento de la profundidad, se asocia a incrementos o decrecimientos de estos valores con espaciamientos mayores de los electrodos de corriente.

- El máximo cambio en la resistividad aparente siempre ocurre a un espaciamiento de electrodos superior a la profundidad a la cual se da el cambio en la resistividad verdadera. De este modo, las curvas de campo están fuera de fase respecto de la curva de resistividad verdadera en profundidad y siempre desplazada a la derecha de esta última.

- La amplitud de la curva de campo es siempre menor o igual a la amplitud de la curva de resistividad verdadera desarrollada con la profundidad. La resistividad aparente se aproxima a la resistividad verdadera, únicamente cuando se da un espaciamiento de electrodos muy pequeño respecto del los espesores de la primera capa o, cuando el espaciamiento de electrodos es muy grande y el espesor de la capa tiende a infinito.

A partir de estas consideraciones, los dos primeros puntos permiten presumir que el espaciamiento de los electrodos se aproxima a la profundidad de la capa y los valores de resistividad aparente son aproximadamente iguales a los de las resistividades verdaderas. Particularmente, Orellana (1982) y Zhody (1989) consideran que el número mínimo de capas que se pueden desarrollar, es igual al número de puntos digitalizados de la curva de campo con valores de profundidad que se aproximan a los espaciamiento de los electrodos (AB/2). Mientras que los dos últimos puntos, llevan a considerar que el espaciamiento de los electrodos de corriente no se aproxima adecuadamente a la profundidad de la capa, razón por la cual las profundidades deben ser desplazadas hacia la izquierda a los efectos de ajustar los parámetros

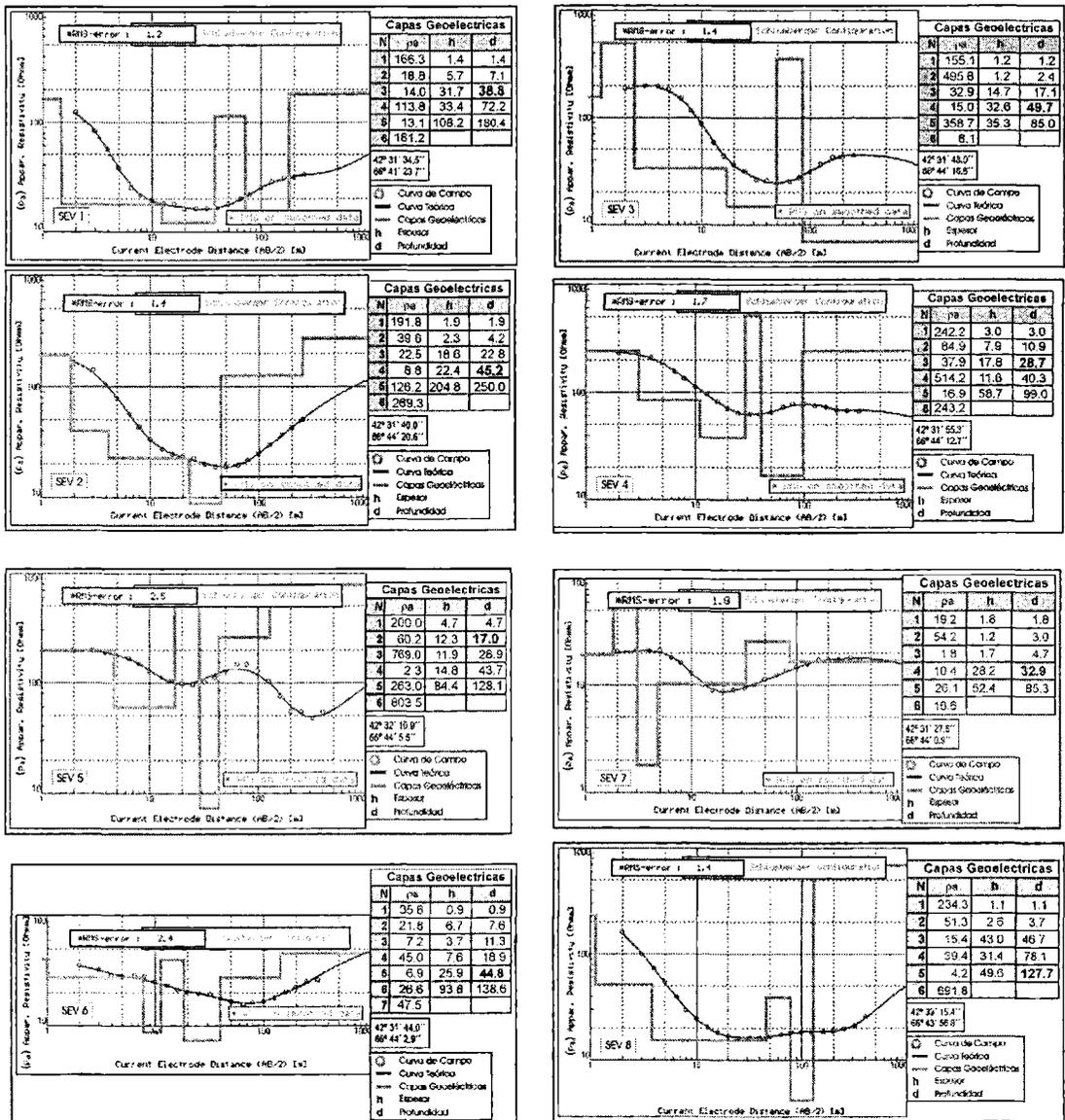


Figura 3. Capas geoelectricas correspondientes a cada uno de los Sondeos Eléctricos Verticales y profundidad estimada del basamento.

de las capas asumidas. Por otro lado, las resistividades aparentes tampoco se adecuan en primera instancia a las resistividades verdaderas, por lo que necesitan ser corregidas.

A los efectos de realizar los ajustes correspondientes, el procesamiento de las curvas de campo se llevó a cabo a través de los software Zodhy (Zodhy, 1973), Resist

(Vander Velpen, 1988) e IPI2Win (Bobachev *et al.*, 2000). Su desarrollo fue en todos los casos automático y a través del proceso de reajustes sucesivos ("iterative process") en el caso de los soft Resist y IPI2Win.

A partir de los resultados obtenidos y para cada uno de los sondeos, fue posible obtener una distribución geoelectrica del medio físico con un número de capas lo suficientemente

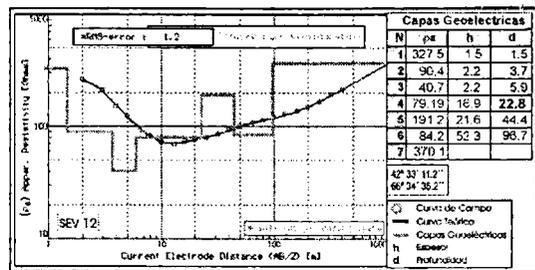
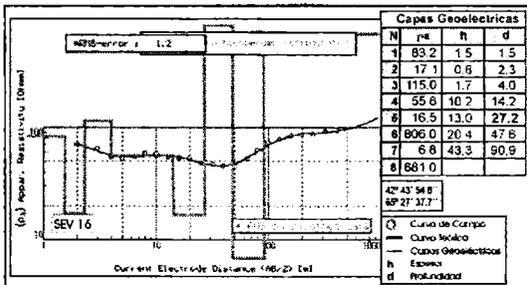
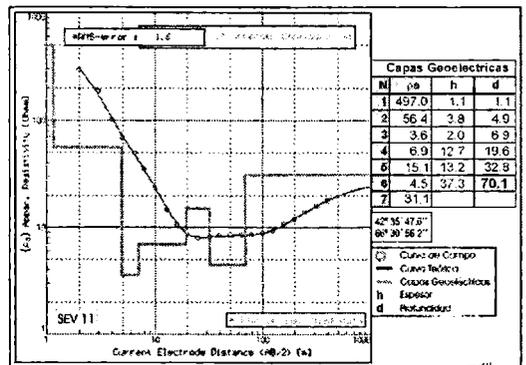
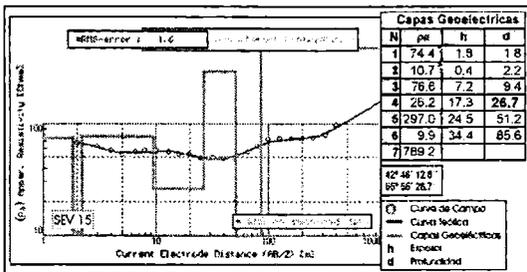
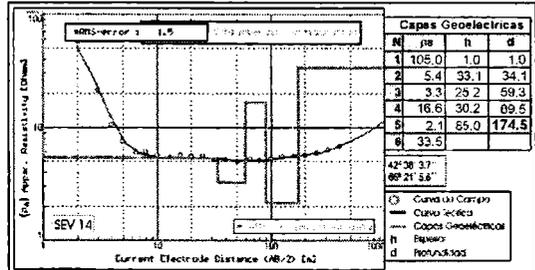
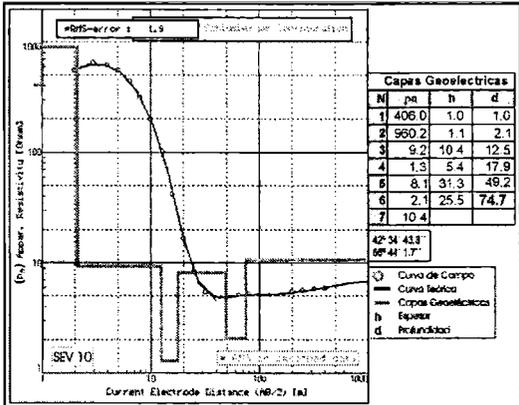
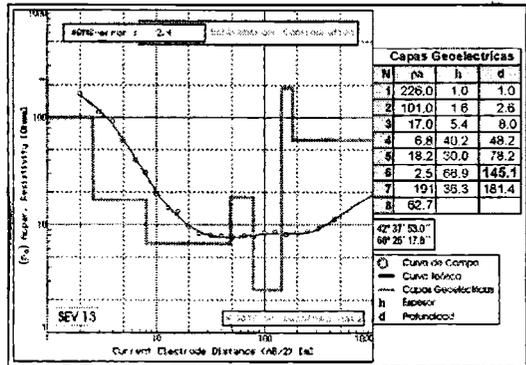
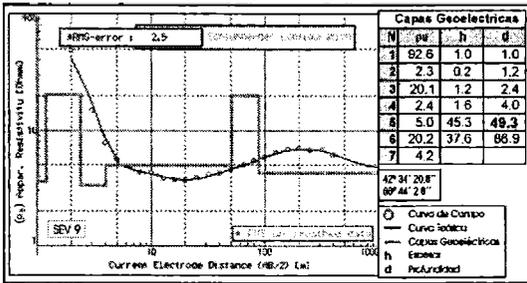


Figura 4. Capas geoelectricas correspondientes a cada uno de los Sondeos Eléctricos Verticales y profundidad estimada del basamento.

reducido, sobre la base del principio de equivalencia. Según el mismo, todo modelo de capas completas derivado de la curva de campo puede ser simplificado a otro con un

número menor, de modo tal que a cada capa se le puede asociar un valor de profundidad y resistividad, asumiendo un pequeño error en la transformación (Fig. 3 y 4).

En consecuencia, para cada punto de exploración fue posible definir un modelo geoelectrico cuyo ajuste y asociación con el modelo geológico se realizó considerando los datos de la descripción litológica y perfilajes correspondientes al pozo de exploración, como así también, teniendo presente las características geológicas del entorno de cada SEV. El valor de error asociado a cada modelo geoelectrico obtenido de manera automática, en todos los casos no superó el 2.5 %.

En todos los casos, las capas mas superficiales de los cortes geoelectricos, hasta una profundidad de 50 m aproximadamente, se corresponden con depósitos actuales. En particular aquellas que comprenden los primeros metros de profundidad, se caracterizan por presentar valores muy altos de resistividad aparente como consecuencia de la compactación, que por lo común presenta la superficie del terreno en los puntos de estudio.

Las capas que le suceden en profundidad y que comprende el resto del tramo superficial, presentan una alternancia en los valores de resistividad aparente. Los mas altos se corresponden con un material sedimentario formado por clastos que alcanzan el tamaño de bloque, en algunos casos fuertemente cementados y consolidados, que en algunas situaciones constituye un elemento confinante de los acuíferos (Plusagua, 2004). En general, los valores bajos de resistividad aparente se encuentran asociados a una litología texturalmente fina. No obstante, los valores bajos definidos para las capas inmediatamente por encima del basamento riolítico impermeable, podrían relacionarse no sólo a estos tipos litológicos, sino también a la presencia de agua con un importante contenido salino. Esto pudo ser observado en excavaciones realizadas a los efectos del abastecimiento local de agua (jagueles). Asimismo, en el pozo de exploración profunda la conductividad del acuífero en contacto con

el basamento superó los 9000 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Plusagua, 2004). En todos los casos estas características se ven resaltadas por las condiciones de sequía del medio al momento de la realización de los sondeos.

En particular para los SEV's 11 al 16, la disposición saltuaria de los mismos, como así también la importante separación que median entre ellos y la irregularidad del basamento, impide el desarrollo de cortes geoelectricos representativos. De la misma forma, la falta de un conocimiento geológico directo de profundidad, no facilita la asociación de las capas geoelectricas más profundas a unidades geológicas definidas. No obstante estos SEV's, además de vincular aquellas capas que alcanzan los 50 m a depósitos modernos, permiten establecer espesores sedimentarios totales. De la misma manera, y a partir del contraste eléctrico que media entre lo sedimentario y el basamento, cuyo valor de resistividad aparente llega a ser hasta 8 veces superior, estos sondeos permitieron definir sin inconvenientes la profundidad del basamento. Por su parte, la disposición regular y sistemática de los SEV's 1 a 10, facilitó la elaboración de un corte geoelectrico que permitiría establecer una correlación con las unidades geológicas del lugar, como así también definir los rasgos del basamento. Este corte fue desarrollado en un sentido norte-sur, con una extensión que alcanzó los 8.6 km, estableciéndose la altimetría de los mismos desde los modelos digitales de elevación de las imágenes ASTER (Fig. 5). A partir de estos sondeos pudo reconocerse un conjunto de capas superficiales que alcanza los 47 m, que representan el material sedimentario moderno, semejante a la de los SEV's 11 a 16. Entre los SEV's 8 a 10 en particular, suceden a esos depósitos dos capas que yacen sobre el basamento, y que de acuerdo a las unidades geológicas definidas para la zona, podrían estar asociadas al Grupo Chubut y Formación La Colonia.

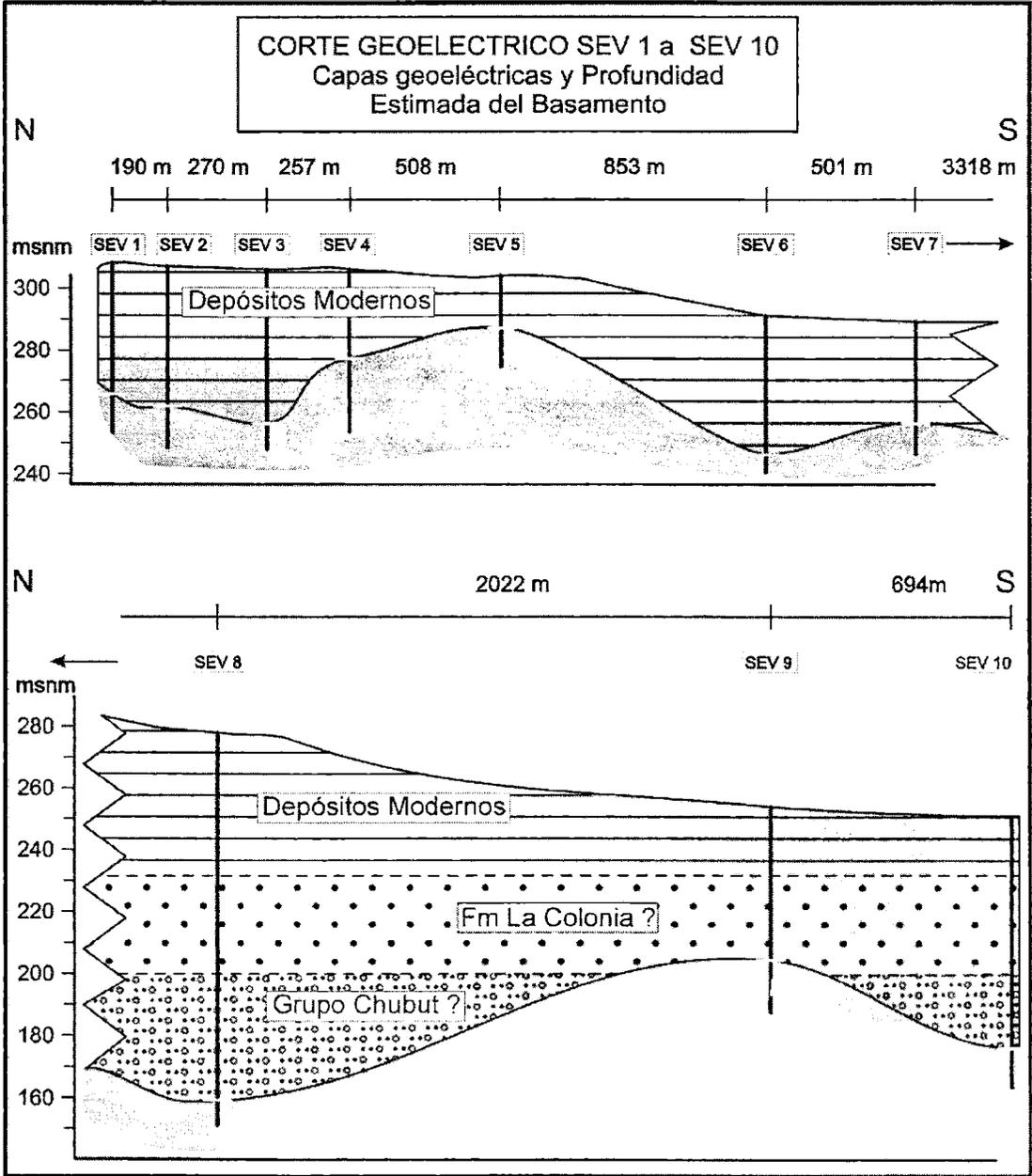


Figura 5. Corte geoelectrico elaborado a partir de los Sondeos Eléctricos Verticales (1 a 10) dispuestos a lo largo de una línea de rumbo norte-sur. Capas geoelectricas y las unidades geológicas relacionadas

CONSIDERACIONES DEL METODO

Los datos del pozo de exploración correspondientes a perfilajes eléctricos de Resistividad Normal Larga, Resistividad Normal Corta, Potencial Espontáneo y tipos

litológicos descriptos a partir del detrito de perforación (Plusagua, 2004), fueron empleados tanto para la parametrización y ajuste de los diferentes modelos geoelectricos, como así también, para establecer la confiabilidad del método de prospección

geoelectrica en la determinación de la profundidad del basamento. La comparación de la profundidad absoluta (definida en el pozo de exploración) y aquella estimada a través del modelo obtenido a partir de la curva de campo del Sondeo Eléctrico Vertical realizado en la vecindad del mismo, permiten establecer una similitud entre ambos valores. Mientras que el valor real determinado alcanza 25 m, el estimado a partir de la curva de campo resulta de 26.5 m (Fig. 2). En principio, la prospección geoelectrica constituye un método geofísico satisfactorio en la exploración del basamento de la región de estudio. Por otra parte, el alto valor resistivo del basamento volcánico constituido fundamentalmente por facies hipabisales, marca por lo común un fuerte contraste eléctrico con el material sedimentario que lo sobreyace, lo que permite estimar el contacto sin mayores inconvenientes.

CONCLUSIONES

El conjunto de SEV's desarrollados en el área, permitió reconocer a través de las propiedades eléctricas del medio, características morfológicas y físicas del subsuelo. Se pudo establecer en todos los casos que las capas geoelectricas superiores, que en conjunto alcanzan aproximadamente los 50 m, se encuentran vinculadas a depósitos sedimentarios modernos, en los que la textura, grado de diagénesis y contenido intersticial de agua, condicionó el desarrollo del número de capas, con valores de resistividad aparente marcadamente contrastados.

En el caso de las capas geoelectricas más profundas, en particular para los SEV's 11 al 16, pese a la dificultad de poder asociarlas a formaciones geológicas, permitieron establecer características morfológicas del basamento. De acuerdo a una línea media que relaciona estos SEV's en un sentido este-oeste, se reconoce que la morfología del basamento resulta muy irregular, con el desarrollo de una

marcada depresión en la parte intermedia de la extensión. Tanto en el extremo oriental como occidental de esta línea, la Fm Marifil se presenta aflorante o a escasa profundidad, mientras que en el sector comprendido entre Sierra Chata y Telsen, se evidencia una depresión cuya profundidad estimada alcanza al menos los 174 m.

Al sur de la localidad de Telsen, y a partir de los diez sondeos dispuestos en forma sistemática sobre una línea de rumbo nortesur, fue posible desarrollar una transecta geoelectrica a lo largo de 8.6 km de longitud. Esta transecta se caracteriza por presentar además del conjunto de capas superiores asociadas a la cobertura moderna, y que alcanzan un espesor total de hasta 49 m, dos capas marcadamente contrastadas que podrían vincularse a formaciones geológicas.

De estas capas, la más superficial que sucede inmediatamente en profundidad a los depósitos modernos, presenta su límite superior aproximadamente a los 230 msnm. Posee un espesor estimado a los 31 m y podría estar asociada a la Fm La Colonia. La segunda apoya directamente sobre el basamento, cuya morfología condiciona su espesor, el cual se torna sumamente irregular y que llega a estar ausente en el sondeo 8. Posee su límite superior en aproximadamente los 200 msnm, con un espesor que alcanza los 49 m y que podría asociarse al Grupo Chubut. Entre los sondeos 1 y 7 ambas capas se hayan ausentes.

Por otra parte, este corte geoelectrico además de destacar la morfología irregular de las riolitas, permite reconocer para este sector una tendencia a la profundización del basamento hacia el sur, dirección en que las volcanitas de Marifil dejan de aflorar quedando tan sólo expuestas las sedimentitas de la Formación La Colonia. Mientras que en el tramo norte del corte, este basamento se presenta aflorante o subaflorante, hacia el sur esta profundidad alcanza los 127 m.

Agradecimientos: A la empresa PLUSAGUA por facilitar informes de exploración del área, equipos de geoelectrica con los que se desarrollaron las tareas de campo y por el aporte en la discusión y la interpretación de las curvas de campo. A Verónica Guler por la colaboración en las tareas de campo y a los revisores por las sugerencias realizadas. Este trabajo fue parcialmente financiado por los proyectos PIP-CONICET 6416 y FONCYT-PICT 26057.

REFERENCIAS

- Alic, V., Haller, M., Feraud, G., Bertrand, H. y Zubia, M. 1996. Cronología 40Ar/Ar39 del volcanismo Jurásico de la Patagonia Extrandina. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires. Actas (5): 243-250.
- Ardolino, A. L. y Franchi, M. 1996. Hoja Geológica 4366-I. Telsen. Provincia de Chubut. Subsecretaría de Minería de la Nación. Boletín 215. Buenos Aires.
- Benson, R., Glaccum, R. and Noel, M. 1988. Geophysical techniques for sensing buried waste and waste migration. Technos Inc, USA. pp: 91 - 116.
- Bobachev, A., Modin I., Shevnin, V. 2000. IPI2WIN Software. Moscow State University. Moscov.
- Cortiñas, J., S. 1996. La Cuenca de Somuncura - Cañadon Asfalto: Sus límites, ciclo evolutivo del relleno sedimentario y posibilidades exploratorias. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires. Actas (1): 147 - 163.
- Haller, M., Meister, A., Monti, A. y Weiler, N. 2000. Hoja 4366-II Puerto Madryn, Provincia del Chubut. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 289. Buenos Aires.
- Navarro, E. y Labudía, C. 2004. Avances en el estudio de depósitos sedimentarios del Grupo Chubut y Formación La Colonia en el área de Telsen (Pcia. de Chubut). X Reunión Argentina de Sedimentología, San Luis. Resúmenes: 115-116.
- Orellana, E. 1982. Prospección geoelectrica en corriente continua. Segunda edición corregida y ampliada, Ed. Paraninfo, Madrid. pp 579.
- Plusagua, 2004. Pozo exploratorio a los efectos del abastecimiento de agua Bajo el Gualicho. Informe inédito. Bahía Blanca.
- Vander Velpen, B. 1988. Resist version 1.0. Software. ITC Msc. Research Project. Netherland.
- Widhausen, A. 1921. Informe sobre un viaje de reconocimiento geológico en la parte nordeste del territorio del Chubut, con referencia especial a la cuestion de la provisión de agua a Puerto Madryn. Ministerio de Agricultura de la Nación. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Boletín 24, Serie B (Geología), Buenos Aires. pp 101.
- Zhody, A., R. 1973. A computer program for the automatic interpretation of Schlumberger sounding curves over horizontally stratified media geological survey. Springfield. USA.
- Zhody, A., R. 1989. A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves. Geophysycs, USA. 54(2): 245 -253.