

6. Procesado de Datos

El procesado de los datos involucra una serie de pasos los cuales se mencionan a continuación:

La primera parte consiste en limpiar las series de tiempo, esto se realiza por medio del programa Maprososf/SE de la compañía Metronix; en este apartado se eliminan los tramos de la serie en lo que se distingue ruido como es el caso de las líneas de alta tensión.

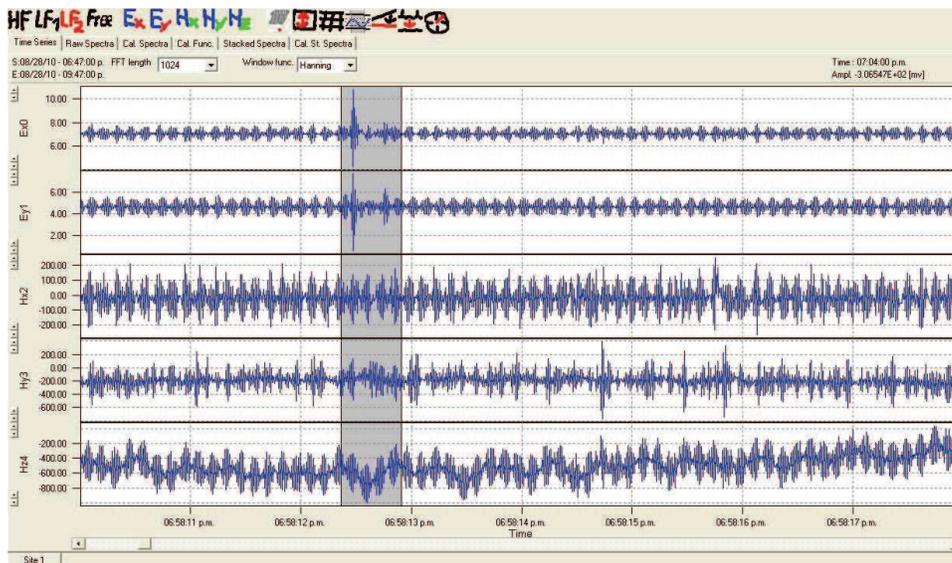


Figura 30. Ventana de un segmento de la señal en la que se presenta ruido.

Teniendo las series temporales limpias, se generan las curvas de resistividad y fase para cada sitio, esto es posible variando parámetros de la estimación del tensor de impedancias, como el tamaño de la ventana, la transformada rápida de Fourier (FFT), si se elige o no una restricción de coherencia, entre otros.

El segundo paso dentro del procesado de datos es la manipulación de los datos con el programa WinGLink. El primer paso dentro de este segundo bloque es la creación de una base de datos en la cual se cargan los datos previamente procesados en el Maprososf/SE, esta base de datos presenta las curvas finales de resistividad y de fase, las cuales se pueden limpiarse nuevamente, eliminando los datos más ruidosos y los que no cumplen con las

condiciones fijadas para cada modo (TE o TM), es decir, se eliminan los puntos fuera de tendencia o que presentan barras de error grandes.

Según Pellerin y Hohmann (1990), realizar la corrección de *static shift* con las curvas de TEM (Transitorio Electromagnético) en los datos de MT, método propuesto originalmente por Stermberg (1988). Pellerin y Hohmann (1990) comentan que la inversión de los datos de TEM es la mejor técnica para eliminar los efectos del *static shift*, también mencionan que una vez teniendo la curva de resistividad del TEM y la curva de MT sin importar el modo que se esté utilizando (TM-TE) la curva de TM se mueve ya sea en su parte baja o alta, de tal manera que ajuste con la de TEM de tal manera que con este ajuste se elimina el efecto estático, con esto se sienta la base para la corrección y la modelización 1D.

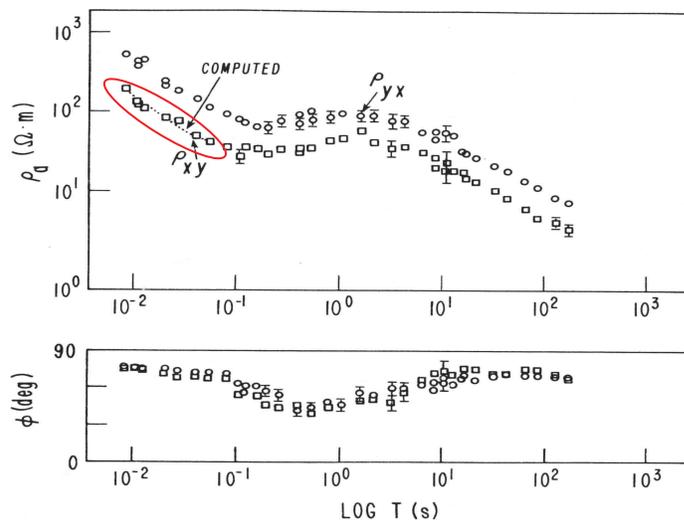


Figura 31. Ejemplo de curvas de de resistividad aparente afectadas por static shift (modos XY – YX, en cuadrados y círculos, respectivamente) y la curva de respuesta del TEM calculada (línea punteada) para corregir los datos afectados por la distorsión, también se indica la fase (Pellerin y Hohmann, 1990).

El segundo paso es la creación de la curva de los modelos 1D para cada sitio de adquisición, este paso involucra el ajuste de la curva mediante la inversión de Occam, para la generación de un modelo cuya características son de alguna manera las características esenciales de cualquiera de las posibles soluciones, una de las cuales presumiblemente es la estructura verdadera.

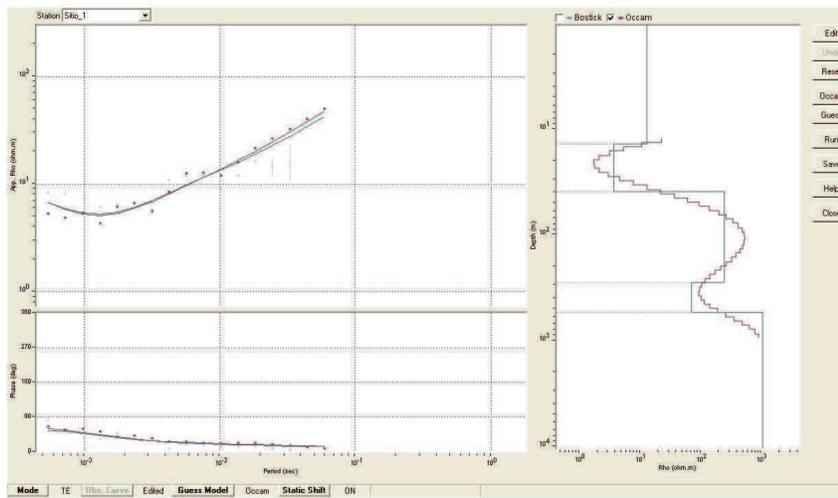


Figura 32. Ejemplo de la inversión unidimensional utilizando el esquema de Occam.

Para la inversión de Occam, en color morado en la Figura 32, es posible ajustar los parámetros de número de capas, número de iteraciones al igual que si se quiere restringir las profundidades estimadas para cada inflexión. La inversión de Occam 1D para MT fue propuesta por Constable et al. (1987), dicho algoritmo hace referencia a la simplificación de la no unicidad de modelos, siendo que no siempre el modelo que más satisface a los datos es necesariamente el mejor, por lo que basándose en el principio de corte de Occam que dice: “la explicación más simple y suficiente es la más probable, más no necesariamente la verdadera”, se busca obtener modelos suavizados para reducir la sobreinterpretación de los datos y la eliminación arbitraria de discontinuidades.

La curva de ajuste en color verde, es el modelo de capas más congruente con la inversión de Occam, este modelo representa los valores de resistividad contra profundidad, con lo que se genera la sección de resistividades 1D, como primera interpretación del medio prospectado.

El tercer paso del procesado es la generación de un perfil geoelectrico, en el que se encuentran proyectados los puntos de adquisición, habiendo creado el perfil se pueden crear las secciones de resistividad 1D y el modelo 2D.

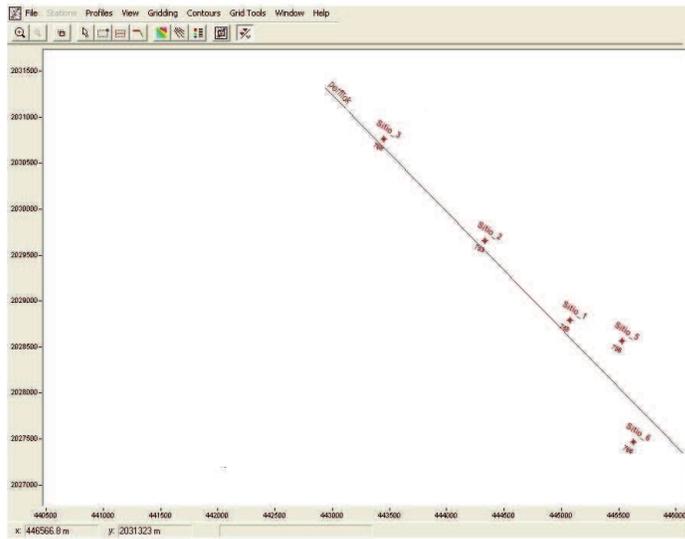


Figura 33. Mapa de ubicación del perfil con los sitios MT adquiridos.

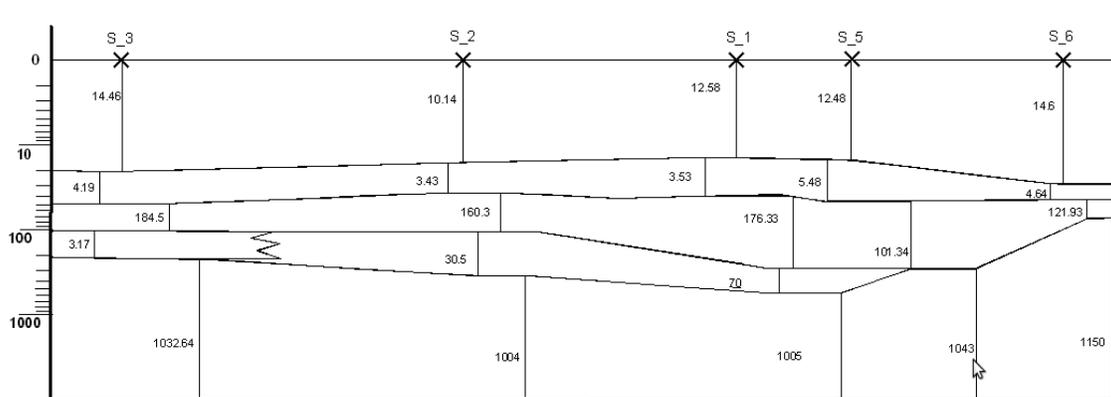


Figura 34. Sección de capas geoelectrica 1D.

Dadas la características de los datos presentes hasta ahora, viendo el comportamiento de las curvas y analizando la información de los diagramas polares respecto a la dimensionalidad del medio, es posible inferir que existe el comportamiento de un modelo 2D por lo que se pudo realizar una inversión para un modelos 2D.

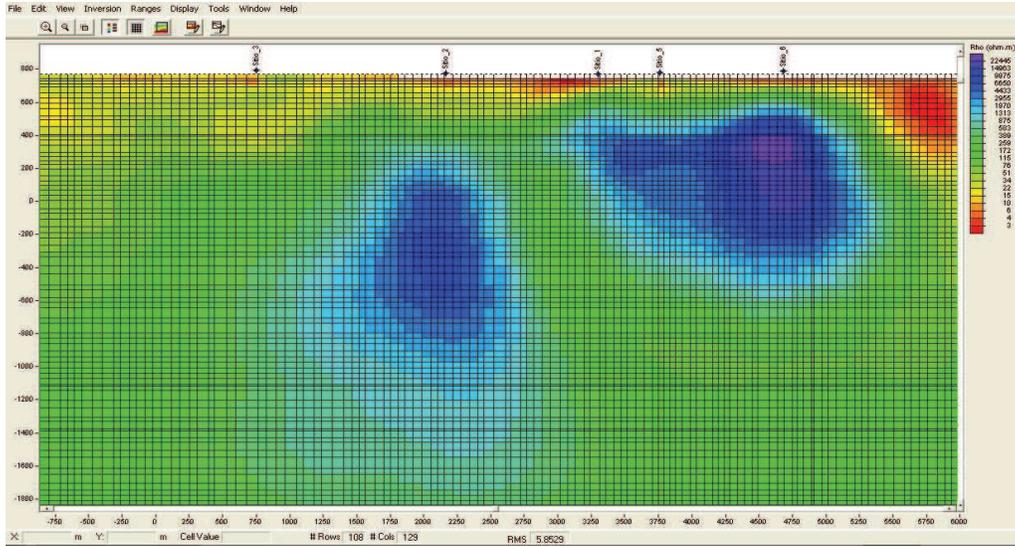


Figura 35. Modelo geoelectrica 2D para los modos TM y TE, con valores desde 1 hasta 0.001 Hz.

En la geología siempre existirá una dirección principal de orientación de las estructuras, llamada comúnmente *strike*, si esta dirección coincide con alguna de las direcciones de las mediciones del campo electromagnético se puede hablar de dos modos de polarización. Para la realización del modelo 2D no hubo la necesidad de rotar los datos, puesto que como los análisis indican existe una orientación predominante N-S, tomando en cuenta que la adquisición se realizó orientando los sensores en dirección NS y EW, por lo que los datos ya se encuentran en dirección del *strike*. Así, la inversión se realizó de manera directa, únicamente variando los parámetros de la inversión.

Para este caso se realizó la inversión de manera separada TE y TM, pero la calidad de los modelos obtenida no fue la esperada, por las cuestiones discutidas en el apartado 4.4 relativo a inversión 2D, así que se decidió hacer la inversión conjunta (TE+TM) siendo ésta la que mejor modelo otorga, pues la generación de este modelo es coherente con el modelo generado de 1D.

La mejor forma de hacer perceptibles los efectos de la resistividad o conductividad del medio es mediante la combinación de los modos TE y TM, donde el conductor y la resistencia se visualizan con mejor claridad, que de manera independiente.

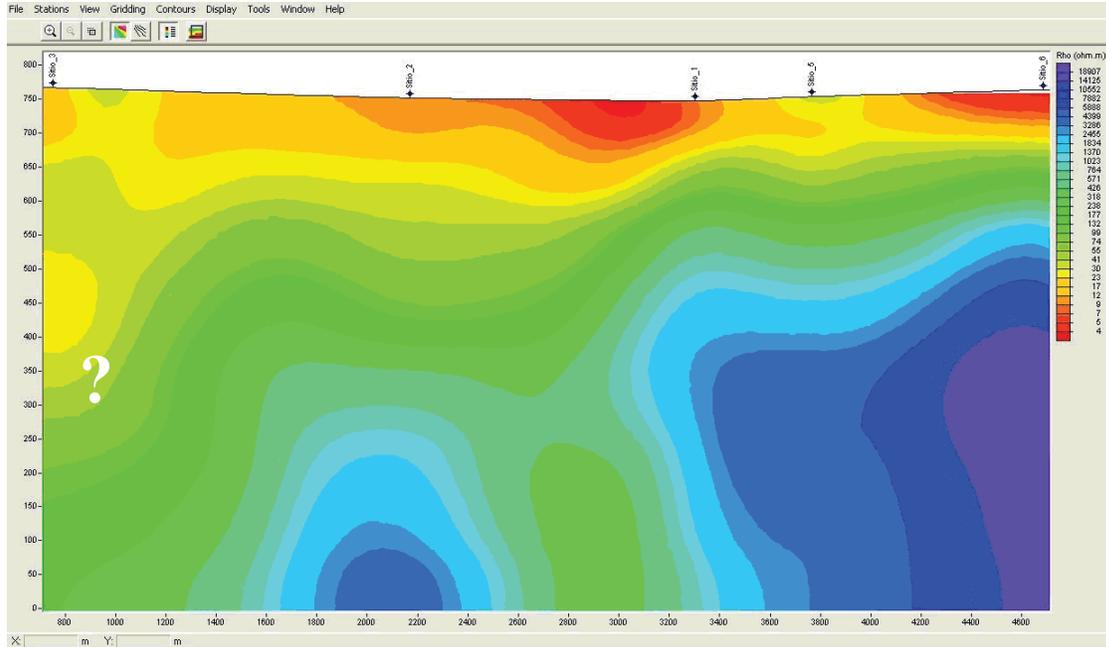


Figura 36. Sección geoelectrica 2D sin malla, el signo de interrogación debajo del sitio 3 indica una mayor incertidumbre en el modelo.

Análisis de Sensibilidad

La sensibilidad del método para ondas electromagnéticas está en función de las anisotropía del medio, esto quiere decir que podrá presentar diferentes características según la dirección de los posibles cuerpos a profundidad, dando por resultado que el grado de anisotropía afectará las lecturas de la direccionalidad geoelectrica (*strike*) de los cuerpos provocando una lectura diferente para cada modo.

En el documento de Jones (2006), menciona en su análisis que los modos TE y TM, caracterizan de mejor manera cualidades independientes del medio, sin hacer a un lado la caracterización conjunta TE-TM, de tal manera que, el modo TE, caracteriza estructuras horizontales, pero para lograr esto se necesitan lecturas de mayor periodo, haciéndose más sensible a los cambios horizontales teniendo una mayor atenuación al encontrarse con estructuras de este tipo, siendo el modo TM más sensible a los cambios verticales, sin la necesidad de lecturas de periodo largo y alcanzando la misma profundidad de penetración.

El análisis de la sensibilidad se realizó por medio de prueba y error, sobre el modelo de malla 2D, esto con el fin de visualizar el momento en el que el ajuste de la curva sobre los datos presenta un cambio en la curva original.

Lo anterior se logra poniendo un cuerpo resistivo en la base del modelo, la ubicación del cuerpo va ir variando respecto a la profundidad, de tal manera que sea posible distinguir un cambio en el ajuste de la curva, esto como respuesta al cuerpo resistivo, si el ajuste de la curva del modelo con el cuerpo resistivo no presenta un cambio respecto al ajuste de la curva de los datos originales, significa que el modelo es insensible a esa profundidad, por lo que se tiene que disminuir la profundidad del cuerpo, esta variación de la profundidad se detendrá hasta que se encuentre la frontera, en la que la respuesta del modelo que contiene al cuerpo, presente un cambio respecto a la curva original, sólo así, para este caso, se podrá definir la profundidad a la que el modelo es confiable

En este trabajo se utilizó esta metodología para probar la profundidad a la que el modelo es fiable y ésta ronda los 1500 m de profundidad aproximadamente.

El signo de interrogación presente en el modelo 2D, responde a que se tiene una incongruencia en esa zona entre las secciones geoelectricas generadas a partir del modelo 1D y el modelo 2D. Esto resulta de la dimensionalidad manifiesta por el medio. Es decir, que al hacer el análisis dimensional se determinó que el medio se comporta esencialmente como un medio 2D. En este sentido, el modelo más apropiado sería el calculado integrando los dos modos de polarización. ya que tanto TE como TM no son iguales (estas respuestas serían idénticas si se tratara de un modelo unidimensional). Tomando esto como premisa y sabiendo que el modelo 1D presenta una muy buena visualización del modelo de capas, se optó por generar ambos modelos. El modelo 1D fue generado a partir del invariante rotacional denominado media geométrica, para tratar de integrar la respuesta de ambos modos. El modelo 2D generado a partir del software WinGLink, sólo puede invertir los modos TE, TM o TE+TM, en este trabajo se invirtieron ambos modos simultáneamente, es decir, no se utilizó un invariante como en el caso del 1D. En este sentido, no implica que ambos modelos tengan que ser iguales dado que ajustan respuestas diferentes.

Las secciones obtenidas con ambas metodologías fueron muy similares, excepto debajo del sitio 3 donde el espesor del conductor parece incrementarse. En este sitio las curvas de resistividad aparente y fase mostraban una calidad regular, sobre todo el modo TM, por lo que existe una mayor incertidumbre en el modelo (lo cual se representa con un signo de interrogación en la Figura 36).