

### **3. ESTUDIO GEOFÍSICO**

#### **3.1 Introducción**

La fase del estudio geofísico se realizó al mismo tiempo que la Fase del Estudio de Reconocimiento Geológico. El propósito de llevar a cabo este estudio geofísico fue para verificar las principales conclusiones relacionadas con la estructura geológica de las áreas de interés descritas durante el mapeo de detalle y para establecer posibles puntos destinados a posteriores perforaciones de sondeos.

En los planos N° GF001 y GF002 se presentan las posiciones de los lugares de estudio. Todavía se estuvieron realizando investigaciones geológicas durante el programa geofísico, dentro del cual se recogerá el mapeo de superficie y de sondeos, y los análisis de muestras de calicatas. En la especificación del trabajo se contempla un requisito que se basa en la realización de 30 sondeos eléctricos verticales (SEV), destinados a facilitar la obtención e interpretación de datos. La disposición general de electrodos era en líneas de 150 m longitudinalmente. Algunos de los sondeos se sustituyeron por imágenes eléctricas completas, que según el criterio de IMC eran más apropiadas. En total se realizaron 4,950 metros lineales de estudio geofísico.

#### **3.2 Metodología**

En el Apéndice GF1 se resume el informe de resistividad eléctrica obtenido, y a continuación se describen los dos métodos utilizados.

##### **3.2.1 Imagen Eléctrica**

El procedimiento destinado a la obtención de datos para el método de imagen eléctrica lleva consigo tener que colocar uno o dos cables multifásicos de hasta 155m de longitud cada uno, en línea recta desde el punto de partida. Estos se tienden sobre el terreno con hasta 64 electrodos conectados a los cables a intervalos regulares. Los cables estarán conectados al equipo de resistividad a través de un conmutador controlado por un ordenador, con una distribución de los electrodos que se utilizará para recoger las lecturas, tal y como se muestra en la Figura GF-1.

Durante el ciclo de lectura, una corriente eléctrica conocida pasa a tierra, entre los dos electrodos externos, y cuyo voltaje medido se encuentra en los dos electrodos internos. Las resistividades de contacto son distintas en cada electrodo, y están bastante rebajadas por la instrumentación de registro que funciona en base de una entrada de corriente continua y por un voltímetro de alta independencia. La aparente resistividad del terreno periférico al centro de los electrodos se calcula utilizando el valor conocido entre los electrodos. Con las distintas posiciones y espacios entre los electrodos se consigue automáticamente una serie de lecturas de las que se obtiene una matriz de resistividad aparente y que, en esta fase, se conocerá como pseudo-corte. Más adelante se utilizará un PC (ordenador) basado en un software especial (M.H. Loke<sup>1</sup>). Este emplea una técnica de diferencias-finitas para proporcionar un modelo matriz real sobre las variaciones de resistividad en el terreno, a partir del cual se obtendrán las resistividades observadas. El método está sujeto al supuesto de que las resistividades no varíen en la línea electródica. Por lo tanto, el modelo de software que se obtiene es el de 2-D.

La influencia de los conductores que están cerca de la superficie; como son: las alambradas, y las tuberías soterradas, puede observarse generalmente sobre los tramos estudiados y, en la mayor parte de los casos, se consideran como anomalías de resistividad poco importantes. Los procedimientos de lectura tienen un elevado nivel de automatización, que proporcionan, una manera bastante directa de obtener el corte de las propiedades eléctricas del terreno. Para poder diferenciar este resultado de otro tipo de información sobre resistividades, tales como: sondeos o mapeo, se denominará normalmente “Estudio de Imagen Eléctrica”.

### 3.2.2 Sondeo Eléctrico Vertical

Dicho método es popularmente conocido como “sondeo de resistividad”, y recoge los primeros datos sobre el estudio de imagen eléctrica. De hecho, el sondeo corresponde a un conjunto de lecturas verticales extraídas a partir del estudio de imagen. El estudio acústico se basa en el supuesto de que el terreno esté formado por capas con material que tenga diferentes resistividades eléctricas, colocadas paralelas a la superficie del terreno. Para que el método resulte aplicable, el barrenado por el cual se habrá mantenido la suposición será mayor que el intervalo de electrodos en ambas direcciones horizontales. No obstante, las desviaciones transversales en la línea electródica son menos importantes que las longitudinales, así, pues, diferentes resistividades eléctricas, colocadas paralelamente a la superficie del terreno.

El conjunto de lecturas recogido en cada sondeo consta de una serie de lecturas<sup>2</sup> “Offset Wenner” (Separaciones normales Wenner) con puntos intermedios y con uno ampliado que se calculó a partir de las lecturas “tripotenciales”, que tienen una disposición de los electrodos algo diferente. No obstante el valor de los puntos colocados es discutible<sup>3 y 4</sup>. Para obtener esta información se utilizó el mismo equipo básico que el utilizado para el método de imagen, salvo los cables, debido a que éstos eran de tipo standard para sondeos descentrados. La recopilación e interpretación de la información se llevó cabo mediante el empleo de un paquete informático RESIX plus de Interpex Ltd.

### 3.2.3 Método para la Obtención de Información

Se ajustó la escala para cada línea de estudio con el fin de que se adaptara a la escala del objetivo en cada lugar, la cual, en algunos casos, estuvo restringida por el espacio disponible. En varias ocasiones se necesitó limpiar y cepillar algunas de las líneas, con el fin de albergar una apropiada longitud con relativa rectitud. Por otro lado, las líneas fueron colocadas junto a los senderos existentes o junto a las vallas limítrofes.

El registro de las posiciones de las líneas estuvo relacionado con las marcas de los terrenos de la zona, es decir, casas o curvas numeradas en la valla que se extiende a lo largo del área de estudio. Se utilizó un sistema GPS para grabar los puntos terminales de algunas de las líneas y una brújula para registrar la dirección de cada línea, en los lugares donde tenían que atravesar arbustos.

Después de colocar el tipo de cable adecuado, se clavaron los electrodos de forma manual o picando un agujero hecho con un martillo y cincel, según el tipo de roca blanda o dura respectivamente. Por lo general fue fácil sujetar el electrodo al terreno gracias al sistema utilizado en el que se echaba una mezcla de un compuesto de bentonita y sal alrededor de

donde se iba colocando el electrodo. Incluso cuando los electrodos estaban colocados fijamente en caliza sólida. Antes de proceder a la lectura de los electrodos, se comprobó y mejoró, cuando fuese necesario, la calidad de cada enclavamiento.

Se ha comprobado que todavía persisten algunos problemas de acústica en las líneas colocadas sobre el tramo este del área de estudio. Esto se debe a la influencia de alejadas tormentas escuchadas en el momento o a actividades eléctricas relacionadas con los trabajos llevados a cabo en la zona Industrial de Haina. Los sonidos fueron parecidos a los escuchados en los lugares abandonados cerca de las áreas industriales en el R.U. Sin embargo, el sonido detectado a profundidades moderadas sobre la línea GN1007 fue reconocido como una parte particular del tramo de resistividad. En la mayoría de las líneas los niveles de acústica fueron muy bajos, en comparación con los registrados en el R.U.

### 3.2.4 Procesamiento de Datos

El procesamiento de datos de imagen lo protagonizó el empleo del paquete software RES2DINV del Campus Geophysical Instruments Ltd., Birmingham, Inglaterra. Los cortes de resistividad expuestos tienen una orientación Noreste (lado izquierdo) hasta Sureste (lado derecho). El índice general de los valores de resistividad en los modelos informáticos están generalmente recogidos dentro de una gama completa de colores, a no ser que el usuario seleccione otra cosa. Los perfiles y la gama de colores de los valores de resistividad se colocan al pie de cada sección de los mapas.

El procedimiento para la obtención de información de los sondeos se realizó mediante el paquete informático RESIX plus. Este paquete alberga una considerable interacción del usuario y muestra una gama de modelos de resistividad en capas, todos ellos consistentes con los datos recogidos. Así, pues, el usuario puede escoger el modelo más conveniente en función de otras necesidades, tales como el conocido nivel freático del agua y de los límites litológicos determinados en los sondeos de perforación cercanos.

Los datos sobre las separaciones "Offset Wenner" son el promedio  $R_w$  de dos lecturas RD1 y RD2 conforme a las disposiciones de los electrodos existentes a lo largo de la línea, a ambos lados del punto central. Las lecturas serán diferentes cuando la estructura sub-superficial sea distinta en los dos extremos del trazado. La diferencia entre cada espacio de electrodos se formula como sigue:

$$\text{Error de separación (offset error)} = \frac{RD1 - RD2}{R_w} \times 100\% = ef$$

Un error superior al 10% se considera de importancia. En la siguiente tabla GF1 se indican los valores RMS de "ef" de cada sondeo.

A partir de las tres lecturas se calculan los datos tripotenciales intermedios, de tal manera que dos de las lecturas deberán sumar la tercera. En la práctica, éste no es exactamente el caso. El error observado entre espacio de electrodo, "eobs" está formulado como sigue:

$$\text{Error de observación} = \frac{RA - (RB + RC)}{RA} \times 100\% = eobs$$