

# CÓMO MAPEAR LOS DEPÓSITOS DE RESIDUOS CON RESISTIVIDAD E IP

Con el conocimiento que tenemos hoy somos conscientes que hay una serie de acciones que tienen que tenerse en cuenta cuando un relleno sanitario se va a cerrar y llenar otra vez, pero ésto no ha sido así siempre. Muchos vertederos cerrados han sido llenados y cubiertos con tierra y luego dejados como eran. A medida que las ciudades crecen vertederos antiguos que solían estar lejos de las zonas urbanas pueden ahora estar cerca de las ciudades, o incluso dentro de ellas. En la superficie del vertedero antiguo todo parece estar bien, pero debajo de éste se encuentran residuos enterrados. Eso podría causar graves problemas ambientales.

## PROBLEMA

A menudo los vertederos antiguos tienen altas concentraciones de metales pesados, de nutrientes y de sustancias orgánicas en el fondo y como rara vez se construyeron con la contención como objetivo, arriesgan contaminantes tanto subterráneos que rodean como agua superficial debajo. Para el medio ambiente la protección y la re-utilización de la tierra hay un número de cuestiones que deben ser investigadas y consideradas, por ejemplo la cantidad de residuos que hay enterrados, a qué profundidad se encuentran y la condición de suelo que los cubre.

## SOLUCIÓN

Las imágenes de resistividad son un método ideal para mapeos geológicos y propiedades hidrogeológicas de los terrenos, pero como los residuos tienen una alta variación de la resistividad, pueden ser difíciles de diferenciar desde el suelo haciendo solamente mediciones de resistividad. Los residuos enterrados y las fugas de éstos tienen una alta concentración de los iones resultando una gran capacidad de carga.

La capacidad de carga se puede medir haciendo Polarización Inducida (IP) y puede ser combinada con mediciones de la resistividad.

El método para combinar resistividad e IP han demostrado gran éxito para obtener el máximo de información sobre el suelo y los residuos. Como los vertederos generalmente cubren grandes áreas y el contenido de residuos no se distribuyen de forma equili-

brada haciendo sólo una medición 2D no dará una información completa del vertedero. Es por eso que se recomienda la realización de mediciones de tal manera que un conjunto de datos 3D se logren. Con un conjunto de datos 3D incluso pequeñas variaciones en la geología y la composición de los residuos, pueden ser vistos y darán mucho más información sobre el estado de la vertedero.

CON EL TERRAMETER LS ABEM, COMPARADO CON OTRO SISTEMA PARA UN COMBINADO DE RESISTIVIDAD Y LA MEDICIÓN DE IP, NO SÓLO VA A AHORRAR DINERO, SERÁ MÁS FÁCIL SU USO EN TERRENO AUMENTADO LA EFICACIA.



## Procedimiento en terreno

Una medición de resistividad 2D o 3D se realiza teniendo un alto número de electrodos de acero insertados en el suelo. Los electrodos están conectados a cables de conductores múltiples que tienen un punto de conexión por cada electrodo. Los cables a continuación, están conectados al medidor de resistividad. El número de electrodos y los cables pueden variar dependiendo de cómo el sistema de resistividad está configurado. El sistema consta de un selector de electrodos automático sin movimiento o costo adicional de electrodos se requieren, una vez que el configuración de campo se termina y la recopilación de datos se inicia.

Para las mediciones de IP ( polarización inducida) , la configuración de campo se ve muy similar, pero los electrodos de acero no se pueden utilizar como Efectos potenciales (SP) causada por electrodos de acero que pueden provocar que la calidad de los datos no sean tan buenos. En lugar de éstos, un tipo especial de electrodos llamado electrodos no polarizables tienen que ser usado.

Estos cables no pueden ser utilizados por la trasmisión de corriente, por lo cuál, para hacer mediciones IP tradicionalmente se usa un set de electrodos extras. Cómo la mayoría de los electrodos no polarizables tienen un líquido especial que regularmente hay que cambiar, no sólo aumenta la inversión inicial, sino que los costos de mantenimiento suben. El procedimiento de campo se vuelve más difícil y el tiempo que se debe utilizar se multiplica.

### IP ( POLARIZACIÓN INDUCIDA ) CON ELECTRODOS DE ACERO

El Terrameter LS ABEM tiene un único diseño de sus canales de medición lo que hace que sea posible hacer mediciones de ( IP) con electrodos de acero y lograr una gran calidad de los datos. Así, utilizando el Terrameter LS ABEM en comparación con un sistema diferente para una resistividad combinada y la medición de la propiedad intelectual no sólo ahorrará dinero necesario para los accesorios y mantenimiento, le será más fácil de usar y aumentar la eficiencia en terreno.

### UNA SEÑAL MÁS ALTA A UN RADIO RUIDOSO

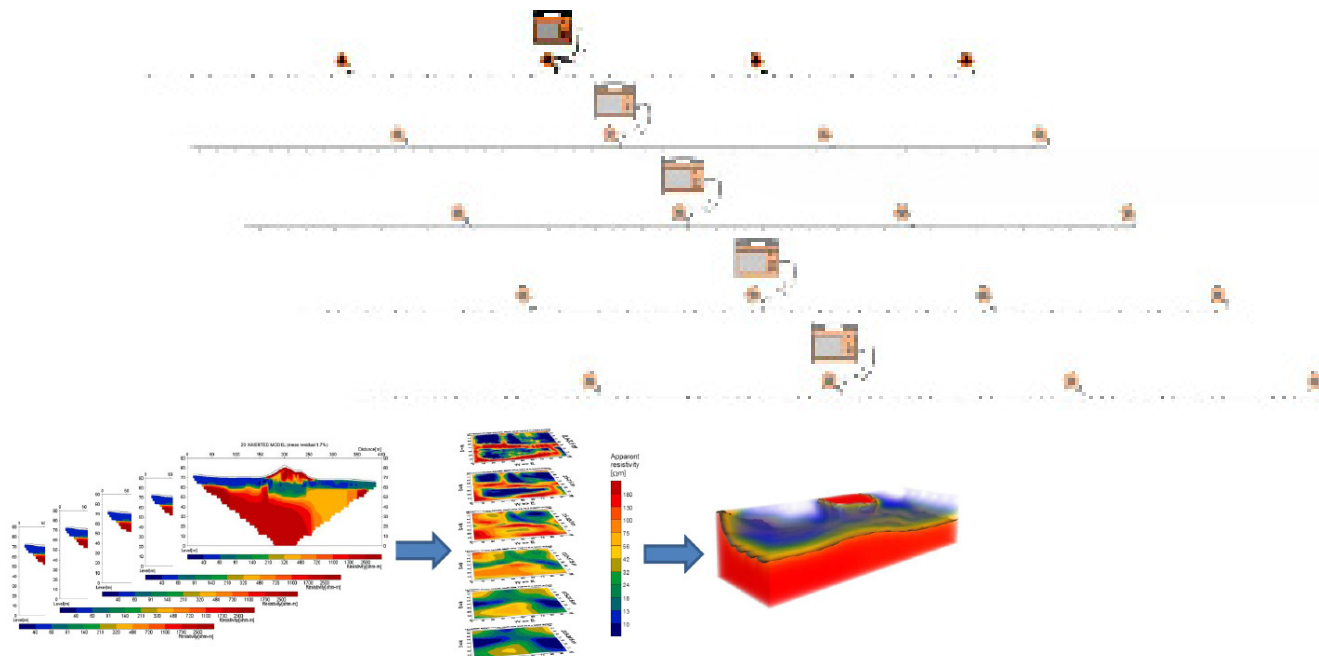
El Terrameter LS ABEM también puede utilizar una matriz llamada "matriz de degradado Múltiple". Así como la matriz Schlumberger y Wenner es una anidada matriz, lo que significa que el potencial de electrodos siempre está colocado dentro de los electrodos de corriente. Po ésto la señal de ruido es mucho mayor en comparación con otras matrices como por ejemplo dipolo-dipolo o dipolo-Pole.

Una mayor señal de ruidos da mejores posibilidades de lograr datos con buena calidad. Como las señales de entrada para las mediciones de IP generalmente son muy, muy pequeñas, ésta es una gran ventaja para conseguir buena calidad de datos para las mediciones de IP. Utilizando la matriz múltiple gradiente el Terrameter LS ABEM puede tomar hasta 12 mediciones por cada inyección de corriente, por lo que es una matriz muy rápida y una buena forma de mantener el valioso tiempo a un mínimo reducido.



A MENUDO LOS VERTEDEROS ANTIGUOS TIENEN ALTAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS, NUTRIENTES Y SUSTANCIAS ORGÁNICAS EN EL FONDO..

## La ventaja de una imagen 3D



EL PROCESO PARA MEDICIONES 2.5D: LÍNEAS DE MEDICIONES PARALELAS 2D SE AGRUPAN, CUÁNTAS SEAN NECESARIAS PARA CUBRIR EL ÁREA DE ESTUDIO CON LA RESOLUCIÓN ELEGIDA. LOS PERFÍLES 2D PUEDEN FUSIONARSE Y SER INVERTIDOS COMO UN CONJUNTO DE DATOS 3D UTILIZANDO EL SOFTWARE RES3DINV. EL CONJUNTO DE DATOS 3D INVERTIDO PUEDE SER PRESENTADO COMO UN MODELO 3D USANDO HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN COMO VOXLER

### 2D VS MEDICIONES 3D

La diferencia entre una medición 2D y una 3D es que para una medición 2D los cables se colocan en el suelo en una línea recta, dando como resultado un conjunto de datos 2D con información única sencilla debajo de la línea de medida. Para una medición 3D, una serie de cables paralelos se ponen en el suelo, dando lugar a un conjunto de datos 3D con información que abarca el volumen debajo de todos los cables. La ventaja de un conjunto de datos 3D es que hay mucha más información disponible, por lo que es posible interpretar y mapear los residuos con mucho mayor detalle. La desventaja es que se requiere que el equipo esté conectado gran cantidad de tiempo. Pero hay una manera, a veces llamado 2.5D, para lograr el mismo resultado que a partir de una medición 3D usando sólo sistemas de resistividad / IP 2D.

### CÓMO LLEVAR A CABO UNA MEDICIÓN 2.5D

Una medición 2.5D se comienza haciendo una medición 2D regular, pero una vez esa línea medida se termina, la extensión del cable se mueve de manera que se coloca en paralelo con la posición original. La segunda medición 2D se realiza con la nueva posición de extensión por cable. Una vez finalizada la segunda línea medida la extensión de cable se mueve de nuevo, de modo que se posiciona paralela a la segunda línea de medida. Una tercera medición 2D puede hacerse. El proceso de mover la extensión de los cables y la recolección adicional de mediciones 2D se pueden continuar el tiempo que sea necesario, no hay un límite para el número de líneas que se puedan medir. Los conjuntos de datos en 2D pueden fusionarse e interpretarse como una información 3D. La medición

2,5 D manera sencilla de mantener inversiones a un mínimo, pero aún capaz de recolectar gran cantidad de datos 3D. Además de que cuesta menos, más cómodo de manejar y operar en terreno. La interfaz de usuario del Terrameter LS de ABEM hace que sea muy fácil la gestión de una medición. Incluso cuando se incluye un elevado número de líneas de medición.

Cada conjunto de datos 2D se pueden ver por separado, como una parte del volumen total, o exportar y se fusionaron para ser interpretados como un conjunto de datos 3D.

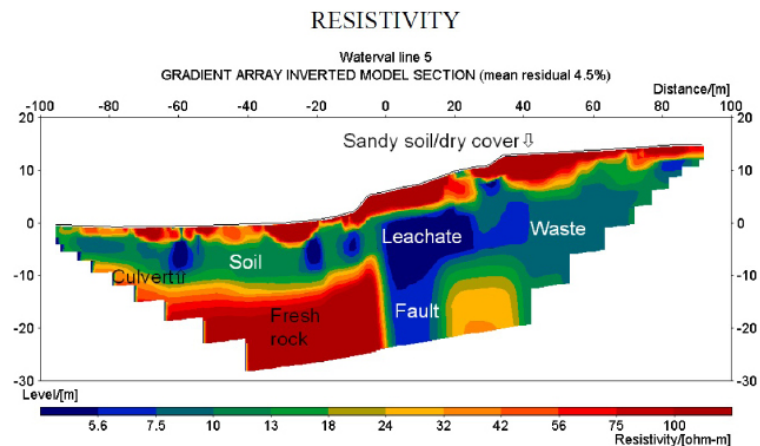
## Ejemplo de medición combinando resistividad y IP

Una combinación de resistividad y de IP que se hizo en un vertedero en Johannesburgo Sudáfrica por la Universidad de Lund, el Instituto de Geotécnica Sueca y la Universidad de Witwatersrand. Llegaron a la conclusión por muestreo de aguas subterráneas que el agua subterránea fuera del viejo vertedero estaba contaminada. El objetivo de la medición era desarrollar un método que pudiera ser utilizado para la detección de contaminación de lixiviado cerca de un vertedero.

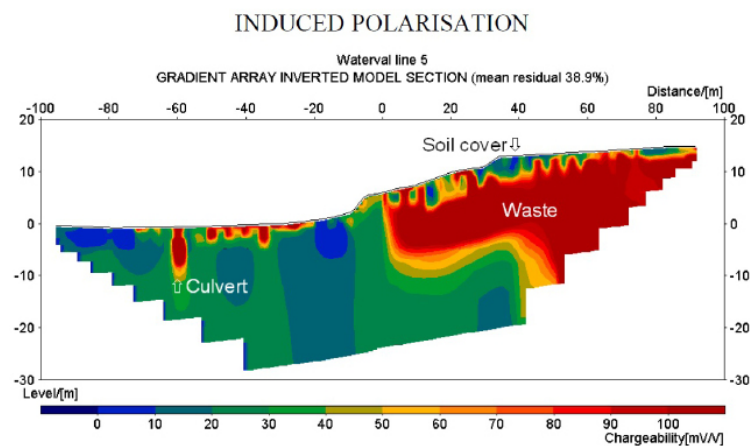
Para obtener la mayor cantidad de información posible una medición 2.5D compuesta por 11 (once) líneas 2D paralelas se hizo. Como los requisitos de profundidad fueron sólo a unos 30 metros, una extensión de cable de imagen de 2 m de separación de electrodos se utilizó para obtener la más alta resolución de datos posible. La matriz de gradiente múltiple fue elegida para obtener la mayor calidad de datos posibles y hacer mediciones más rápido.

Los resultados de la medición de resistividad y de IP se compararon con los resultados de muestreo de aguas subterráneas y para los resultados de investigaciones previas, y demostró que el método de combinar mediciones de resistividad y Polarización Inducida con éxito podría ser utilizado para detectar la contaminación de las aguas subterráneas para localizar los residuos enterrados. Los resultados también mostraron que el método podría ser utilizado para mapeo y monitoreo de la migración de lixiviados.

MODELO DE SELECCIÓN CON RESISTIVIDAD E IP DE UNO DE LAS ONCE LÍNEAS DE MEDICIÓN 2D.



EL MODELO DE LA SECCIÓN SUPERIOR MUESTRA LOS RESULTADOS DE RESISTIVIDAD Y PUEDE CLARAMENTE VERSE QUE MEDIANTE EL USO DE RESISTIVIDAD SOLA NO ES POSIBLE DETECTAR DONDE SE ENCUENTRA EL DE RESIDUOS COMO LOS RESIDUOS SITUADOS EN LA PARTE DERECHA DE LA SECCIÓN TIENE APROXIMADAMENTE LA MISMA RESISTIVIDAD COMO EL SUELO EN LA PARTE IZQUIERDA DE LA SECCIÓN.



EL MODELO INFERIOR MUESTRA LOS RESULTADOS DE PROPIEDAD INTELLECTUAL Y CON ESTA INFORMACIÓN ADICIONAL LOS RESIDUOS PUEDEN FÁCILMENTE SER IDENTIFICADOS COMO SU CAPACIDAD DE CARGA SIGNIFICATIVAMENTE MAYOR QUE EL SUELO CIRCUNDANTE. LA BAJA RESISTIVIDAD EN LA PARTE INFERIOR DERECHA DE LA IMAGEN SUPERIOR PODRÍA.

INDICAR QUE HAY UNA FALLA, POSIBLEMENTE, FUGAS DE AGUA DE LIXIVIADOS DENTRO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Find all technical specifications, manuals and contact information at [www.abem.se](http://www.abem.se)

**REFERENCES** • Rosqvist, H., Dahlin, T., Fourie, A., Röhrs, L., Bengtsson, A. and Larsson, M. 2003. *Mapping of leachate plumes at two landfill sites in South Africa using geoelectrical imaging techniques*, Procs. Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula (Cagliari), Sardinia, Italy, 6-10 October 2003, 10p • Dahlin, T. And Zhou, B.. *A numerical comparison of 2D resistivity imaging with 10 electrode arrays*. Geophysical Prospecting, 2004, 52, 379-398. • Dahlin, T., Johansson, S., Rosqvist, H. and Svensson, M.. *Resistivity-IP characterisation and short term monitoring at Filborna waste deposit*. 14032. EAGE, SPE EUROPEC 2012

**ABEM**  
Part of the Guideline Geo Group