

Prospección geoelectrica de vertederos de residuos sólidos con el dispositivo de Wenner

Alexander ROZYCKI
ETSI de Minas de Madrid

RESUMEN

La técnica de SEV se sigue utilizando en la prospección de vertederos de residuos sólidos. La extensión horizontal de un vertedero es a menudo pequeña respecto al dispositivo eléctrico necesario para penetrar en la profundidad deseada. En consecuencia, los límites laterales del vertedero pueden afectar a las curvas medidas de SEV.

En el texto, se analizan los cambios en las formas de las curvas de SEV, cuando éstas están afectadas por uno o dos límites laterales. Los datos se han obtenido a través de la simulación numérica en 2D. Se ha elegido el dispositivo de Wenner como dispositivo de medidas.

La deformación observada en las curvas de SEV depende de la distancia entre el punto de atribución de un SEV y el límite que le afecta. Cuando se miden varias curvas de SEV, una cerca de otra, el conjunto de las curvas distorsionadas de los SEV tiene una tendencia. Dicha tendencia es distinta en los modelos resistivos al compararla con los modelos conductivos. Las curvas distorsionadas tienen un patrón de comportamiento distinto para los modelos tipo 1 (un límite lateral) que para los modelos tipo 2 y 3 (dos límites laterales).

Una vez reconocido el tipo de modelo, las curvas distorsionadas pueden ser corregidas. Es decir, se puede eliminar la influencia de los límites laterales que los afectan. La interpretación en 1D de las curvas corregidas ofrece mejores parámetros geoelectricos que la interpretación en 1D de cualquiera de las curvas distorsionadas. Los datos de dicha interpretación pueden ser utilizados para el modelo inicial en la inversión en 2D, o bien pueden constituir las estimaciones aproximadas del subsuelo.

Para detectar la presencia de los límites laterales se describe un procedimiento especial para la adquisición de datos.

Palabras clave: SEV, efectos laterales, medio ambiente.

ABSTRACT

The VES method is one of the geophysical techniques, used frequently in the prospection of solid waste deposits. The horizontal dimensions of a waste disposal are very

often small in respect to the electrical arrays which are necessary to penetrate at desired depth. In consequence the lateral limits can affect the measured VES curves.

The change of shapes observed on VES curves, when affected by one or two lateral limits, are studied in this text. The data were obtained by numerical simulation and the Wenner array was chosen as the measurement array.

The deformation observed at a VES curve depends on the distance between the central point of VES and the lateral limit. When several VES curves are measured close one to another, the set of distorted curves show a trend. The trend is different for resistive models compared to conductive models. The distorted curves have their own characteristic pattern for one lateral limit (model type 1) and for two lateral limits (model type 2 or 3).

Once recognized the type of a model, VES curves can be corrected. The interpretation of corrected curves yields the better geoelectrical parameters than the interpretation of any of the distorted curves.

To detect the presence of lateral limits a special procedure of the field work can be applied.

Key words: VES, lateral effects, environment.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se observa un cambio en la política de las administraciones públicas respecto a la problemática del medio ambiente. Entre otros temas se observa la creciente preocupación sobre antiguos vertederos incontrolados.

Cualquier solución que lleve al saneamiento de un vertedero requiere el conocimiento de ciertos datos básicos referentes al vertedero en cuestión. Habitualmente no se posee ninguna clase de datos, incluso ni sobre los vertederos clausurados en la última década.

Sin embargo, cualquier acción para sanear un vertedero necesita el conocimiento de ciertos datos sobre él, para la planificación económica e ingenieril de la solución adecuada. Algunos de los datos referentes a un vertedero se pueden considerar como críticos. Entre ellos los más importantes son el espesor, la extensión, el contenido y la interrelación hidrológica entre el vertedero y las rocas encajantes. Muchos de dichos datos pueden ser proporcionados por las técnicas geofísicas de manera más económica que cualquier otro método de prospección.

La exactitud de datos referentes a un vertedero depende a veces de la etapa de su plan de saneamiento. A menudo, en la etapa inicial sólo se requieren unos datos aproximados que conciernen exclusivamente a su extensión y espesor. Es frecuente que dichos datos sean obtenidos por la técnica de sondeos eléctricos verticales (SEV).

La teoría de interpretación de SEV en 1D impone fuertes restricciones al modelo geoelectrico admisible. A veces, la forma de la curva de SEV sugiere que dichas condiciones no se cumplan. Si esta distorsión es suficientemente fuerte,

entonces puede ser fácilmente reconocida porque el ángulo de inclinación de la curva está fuera del rango admisible por la teoría de interpretación en 1D. Sin embargo, cuando dicha distorsión es tenue, un modelo matemático se ajusta muy bien a los datos experimentales. Los parámetros geoelectricos de dicho modelo pueden ser totalmente equívocos sin ninguna correspondencia con la realidad.

No cabe duda que la mejor solución es la interpretación en 2D o 3D. Pero también es cierto que en muchos de los trabajos geoelectricos todavía prevalece la tendencia a interpretar en 1D. Hay varias razones que explican esta tendencia. Por un lado, la inversión en 2D o 3D requiere una cantidad de datos experimentales que el presupuesto de muchos de los proyectos no puede soportar. Por otro lado, la interpretación en 2D o 3D exige más experiencia y más tiempo dedicado al proceso de la inversión de datos.

Para la interpretación de SEV medidos sobre un vertedero es muy importante reconocer si las curvas obtenidas pueden ser interpretadas razonablemente en 1D. Si un vertedero tiene la extensión horizontal comparable con el dispositivo empleado, es muy probable que los límites del propio vertedero puedan afectar a las curvas de SEV.

En cierto modo, un problema parecido fue tratado por Beard (1991). Su conclusión fue que los SEV medidos cerca de discontinuidades laterales pueden ser interpretados con la inversión en 1D con un error aceptable. Barker (Barker, 1981) utiliza la diferencia entre dos SEV, medidos uno cerca del otro, como medida del efecto de la distorsión lateral. Cuando la diferencia es inferior al 10% recomienda utilizar para la interpretación el valor promedio de ambas curvas.

Analizando las curvas de las calicatas eléctricas efectuadas sobre un modelo geoelectrico que contiene una discontinuidad lateral de resistividades, se observa que cerca de la zona de contacto las curvas medidas están fuertemente afectadas por dicho contacto. Esta distorsión muestra una tendencia en función de la distancia de la discontinuidad lateral.

Es obvio que los SEV medidos cerca del contacto lateral van a estar igualmente afectados. En conclusión, en lugar de utilizar el valor promedio de las curvas de SEV distorsionadas es mejor escoger la curva menos afectada por la discontinuidad, o bien utilizando las tendencias de distorsión construir una curva corregida de SEV. Es decir, una curva idéntica a la curva obtenida en la ausencia de la discontinuidad lateral.

2. DISTORSIÓN DE LAS CURVAS DE SEV EN LA PROXIMIDAD DE LOS LÍMITES LATERALES

A pesar de la gran variedad existente de los posibles dispositivos eléctricos los SEV se efectúan habitualmente con el dispositivo de Schlumberger. En el caso de los vertederos, debido a sus escasas potencias, se podría emplear cual-

quiera de los dispositivos de medida. Sin embargo, dos de ellos son especialmente recomendables en la prospección de vertederos debido a su buena resolución vertical. Estos dispositivos son la configuración de Schlumberger y de Wenner (Roy, 1972).

Suponiendo que las curvas distorsionadas de SEV mostrasen una tendencia, lo razonable sería de disponer por lo menos de tres curvas, cada una desplazada respecto a otra por una pequeña distancia. La manera más fácil de obtener dichas curvas es utilizando el sistema multicable (*multicore system*) y el dispositivo de Wenner.

Hay una razón más para la elección de dicho dispositivo. Los vertederos se caracterizan por la gran heterogeneidad de su contenido. El dispositivo de Wenner mide el potencial eléctrico con MN que abarca el volumen del subsuelo superior al mismo para el dispositivo de Schlumberger. Por consiguiente las resistividades medidas por el dispositivo de Wenner van a proporcionar valores menos afectados por las heterogeneidades puntuales del vertedero.

En consecuencia de lo expuesto anteriormente el análisis de la distorsión de las curvas de SEV se realizó para el dispositivo de Wenner utilizando la simulación numérica en 2D. El rango de las resistividades fue desde 1:1.5 ($K=0.2$) hasta 1:50 ($K=0.96$). Las relaciones entre el espesor del recubrimiento y la capa principal del vertedero fueron desde 1:1 hasta 1:30. Cuando el modelo del vertedero contenía más de una capa se analizaron las combinaciones de sus espesores con relaciones desde 1:1 hasta 1:4.

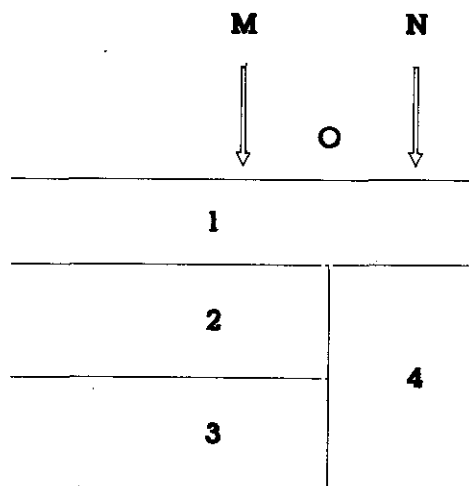


Fig. 1. Esquema del modelo tipo 1.

En la modelización numérica se utilizó distinto tipo de modelos. El modelo tipo 1 (Fig.1) contiene solamente un límite lateral. Cuando existen dos límites laterales el modelo se denomina como tipo 2. Si la profundidad del muro

del vertedero es finita respecto al dispositivo eléctrico y existen dos límites laterales que afectan al dispositivo, entonces tal modelo se denomina como tipo 3. El número de capas que tiene el modelo (aparte del recubrimiento), se anota en forma de extensión. El modelo en la Fig.1 se codifica como el modelo tipo 1.2. Por capa principal del modelo se entiende el estrato del propio modelo del vertedero con mayor espesor. El concepto de modelo resistivo o conductivo refleja la relación de las resistividades entre la capa principal y las rocas encajantes. Los subíndices de las resistividades y espesores se numeran desde arriba (1) hacia abajo (Fig. 1). El subíndice de las rocas encajantes tiene el número más alto. Para los modelos con un límite lateral las curvas de SEV se calcularon desde el punto, que corresponde a la proyección del límite lateral a la superficie, hacia el interior del modelo (hacia la izquierda en la Fig.1). Para los modelos con dos límites laterales, los SEV fueron calculados desde el centro del modelo hacia uno de los límites. La primera curva calculada está señalada con el símbolo «O» y las curvas siguientes se calcularon para el desplazamiento igual a «a» («a» es la parte básica del dispositivo de Wenner). Para los modelos tipo 2 y 3, cuando el dispositivo está afectado solamente por un límite lateral, las curvas calculadas están señaladas con el símbolo «B». El símbolo «C» corresponde a la curva de SEV calculada para el mismo modelo del vertedero, pero en ausencia de límites laterales.

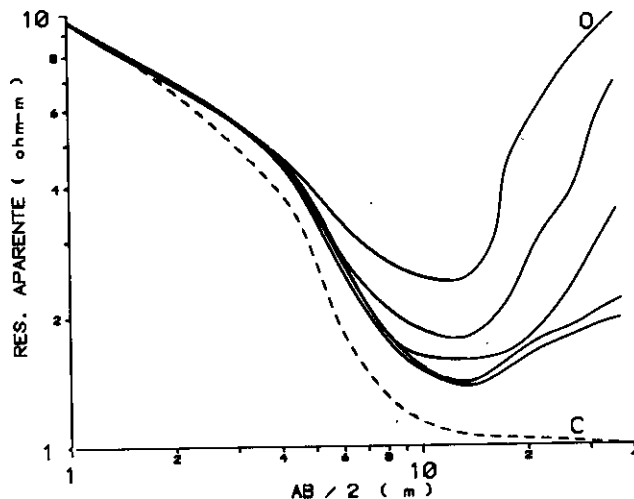


Fig. 2. Modelo tipo 1.1 - conductivo, $R_1/R_2 = 0.1$, $R_1 = R_3$, $E_1 = 2$ m.

El primer ejemplo pertenece al modelo tipo 1.1 - conductivo (Fig. 2). Se observa que las curvas consecutivas desde la curva «O» tienden hacia la curva correcta «C». Primero mejora la parte de la curva que responde a las profundidades más someras y después, a medida que el dispositivo se aleja del límite lateral, mejora la parte posterior de las curvas.

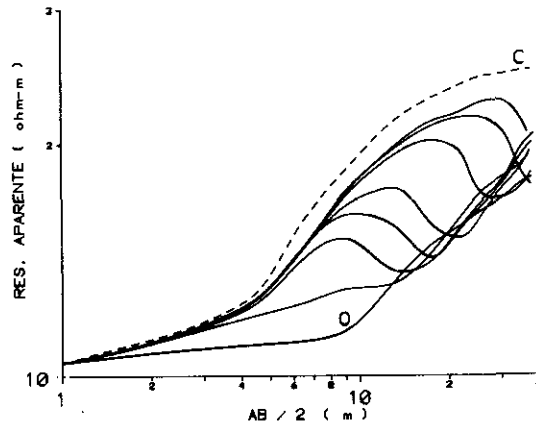


Fig. 3. Modelo tipo 1.1 - resistivo, $R_1/R_2 = 2.5$, $R_1 = R_3$, $E_1 = 2$ m.

El comportamiento de los SEV para el modelo tipo 1.1 - resistivo se representa en la Fig. 3. En este caso también se observa una clara tendencia en la sucesión de las curvas distorsionadas. Una convexidad (respecto al eje $AB/2$) que tiende a unirse con la curva correcta «C» permite distinguir entre un modelo conductivo y resistivo. Dicha convexidad puede ser difícil de reconocer en los modelos tipo 1.2 si los espesores de ambas capas del vertedero son iguales pero una de ellas es conductiva respecto a la otra. Tal ejemplo se representa en la Fig. 4.

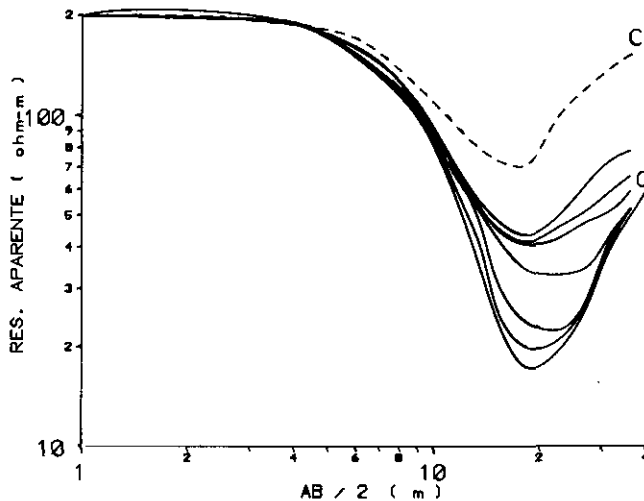


Fig. 4. Modelo tipo 1.2 - resistivo, $R_1/R_2 = 20$, $R_2/R_3 = 0.04$, $R_1 = R_4$, $E_1 = 4$ m, $E_2 = 2$ m.

Se observa que la tendencia se manifiesta más claramente en las curvas más alejadas del límite lateral. Un efecto parecido se obtiene también cuando el recubrimiento está compuesto por dos capas con las características mencionadas anteriormente.

Para todos los modelos tipo 1 se puede destacar una propiedad. Si se emplea la clasificación de la forma de las curvas en términos de la curva «A», «K», «Q» y «H», entonces las curvas distorsionadas clasificadas de la misma manera coinciden con la curva correcta. Dicha propiedad puede ser aprovechada en la interpretación de las curvas distorsionadas.

Dentro de los rangos de los valores utilizados en la modelización numérica se puede concluir que la distancia desde el límite lateral, donde se observa la distorsión, es de 3 a 5 veces superior a la longitud final del dispositivo de medidas. Esto significa que en algunos casos las curvas de SEV estarán afectadas por ambos límites laterales. Tal situación fue modelizada con la distancia entre los dos límites laterales, igual a tres longitudes finales del dispositivo de medidas.

En presencia de dos límites laterales, el conjunto de las curvas distorsionadas se comporta de distinta manera que en el caso anterior. Dicho conjunto, en su parte afectada, adquiere forma parecida al número ocho (Fig. 5). Dicho patrón se puede considerar como característico cuando existe la influencia de dos límites laterales. Se observa en la misma figura, que cuando el centro del dispositivo está fuera del modelo del vertedero (es decir, está afectado principalmente por un límite lateral), el conjunto de las curvas distorsionadas («B») recupera las propiedades del modelo tipo 1. En la Fig. 5 las curvas «B» muestran una tendencia monótona desde la curva «B1» hacia la curva «C».

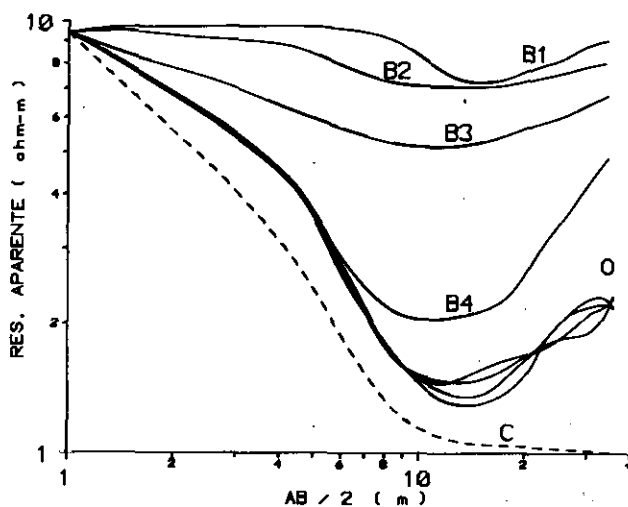


Fig. 5. Modelo tipo 2.1 - conductivo, $R_1/R_2 = 0.1$, $R_1 = R_3$, $E_1 = 2$ m.

El patrón en forma de «ocho» es característico para los modelos tipo 3. Dos ejemplos se representan en las Figs. 6 y 7. Como se observa en las tres últimas figuras, el patrón «ocho» puede ocupar distinta posición respecto a la curva correc-

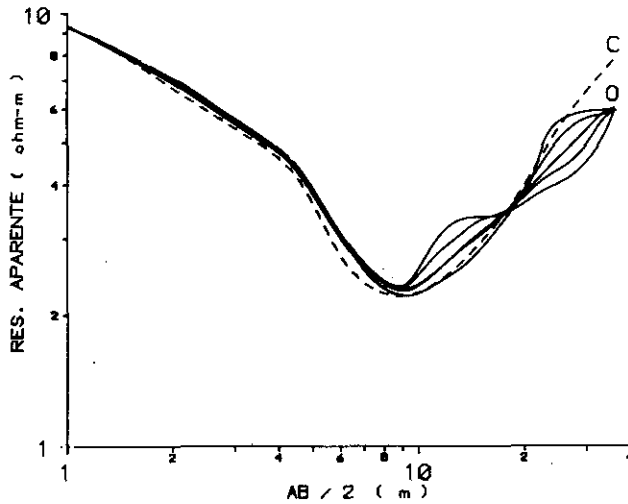


Fig. 6. Modelo tipo 3.1 - conductivo. $R_1/R_2 = 10$. $R_2/R_3 = 0.1$. $R_1 = R_4$, $E_1 = 2$ m, $E_2 = 20$ m.

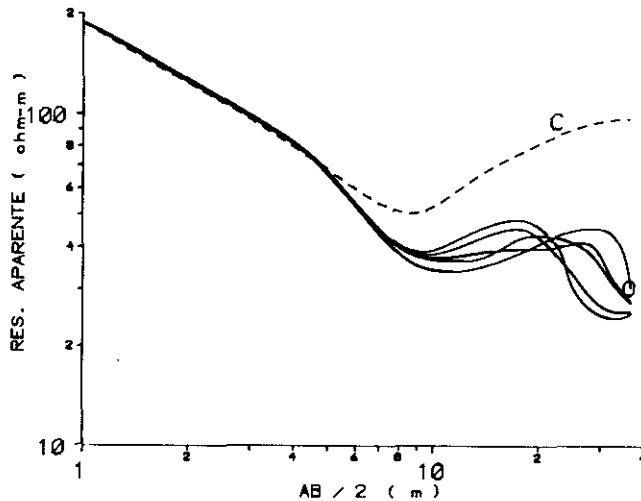


Fig. 7. Modelo tipo 3.2 - resistivo. $R_1/R_2 = 20$. $R_2/R_3 = 0.04$. $R_3/R_4 = 25$. $E_1 = 2$ m, $E_2 = 2$ m, $E_3 = 20$ m.

ta. En la Fig. 6 está por encima de ella, en la Fig. 7 por debajo y en la Fig. 5 es coincidente. Cuando el recubrimiento es escaso y el contraste entre las resistividades del vertedero y las rocas encajantes es fuerte, es posible distinguir entre el modelo

conductivo y resistivo. En otros casos el patrón «ocho» se ubica casi de manera horizontal sin la posibilidad de determinar a cual de los dos modelos corresponde.

3. POSIBILIDADES DE LA INTERPRETACIÓN DE LAS CURVAS DISTORSIONADAS DE SEV

Una curva interpretada de SEV puede ajustarse a los datos experimentales con muy bajo error. Sin embargo, esto no siempre significa que los parámetros geoelectricos interpretados reflejan las distribuciones existentes en el subsuelo. En la interpretación en 1D, la dificultad consiste en el hecho de que habitualmente el interpretador no puede reconocer si la curva interpretada está afectada por algún efecto lateral. Esta información adicional podría ser obtenida si el interpretador dispusiese de varias curvas, cada una desplazada respecto a otra, en lugar de una.

La adquisición de las curvas adicionales aumenta el coste de los trabajos de campo. Sin embargo, dicho coste puede ser razonablemente bajo para el dispositivo de Wenner. Cuando se elige correctamente (1.5 «a») el valor de desplazamiento, la mayor parte de los electrodos pueden ser utilizados para la obtención de las tres curvas de SEV.

La posibilidad de disponer por lo menos de tres curvas, en lugar de una, es una gran ventaja. Si las tres curvas son prácticamente idénticas, la distorsión no existe o no es significativa. En el caso contrario, ya en el campo, se puede tener conciencia de que las medidas están distorsionadas, lo que permite tomar inmediatamente las decisiones adecuadas. Por ejemplo se puede incrementar el número de SEV para tener los datos suficientes para la buena inversión de datos en 2D.

Cuando las curvas distorsionadas pertenecen al modelo tipo 1, se puede determinar fácilmente la dirección hacia el límite lateral. Por tanto, el nuevo grupo de los SEV puede ser ubicado en un sitio más favorable, cuando esto sea posible.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente se pueden utilizar las propiedades de las curvas distorsionadas para construir una curva corregida la cual va a ser interpretada. Obviamente, dicha curva no tiene que ser idéntica a la curva obtenida en la ausencia de los límites laterales. Su interpretación da los resultados mejores que cualquiera de las curvas distorsionadas. Los parámetros geoelectricos interpretados de la curva corregida pueden servir para la construcción del modelo inicial en la interpretación 2D, o bien pueden ofrecer estimaciones aproximados sobre el subsuelo con los cálculos en 1D.

Para los modelos tipo 1, la curva corregida puede ser obtenida utilizando las tendencias de las curvas distorsionadas. En la Fig.8 se representan las típicas distribuciones (normalizadas) de dichas diferencias de resistividades. En dicha figura se observa que cerca de del límite lateral las diferencias se comportan de manera no lineal (ajustándose a una función $\ln(\text{distancia})$). En la parte más alejada, las diferencias se ajustan a una recta. Cuando un modelo tipo 1 contiene alternativamente capas conductoras y resistivas, entonces en la distribución de las diferencias de resistividades, cerca del límite lateral, puede aparecer un tramo paralelo al eje de las distancias.

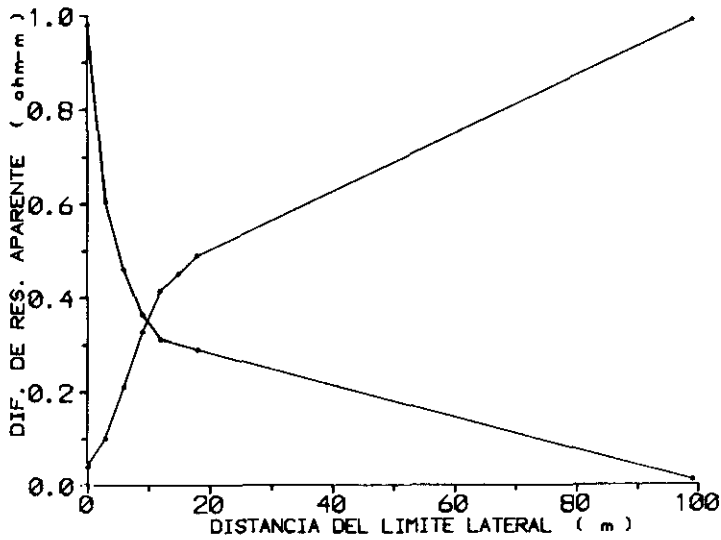


Fig. 8. Distribución de las diferencias de resistividades aparentes en función de la distancia al límite lateral. Curva ascendente - modelo resistivo. Curva descendente - modelo conductivo.

TABLA 1
COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS INTERPRETADOS Y EL VERDADERO

MODELO VERDADERO	DATOS SIN CORRECCIÓN				DATOS CORREGIDOS		
	INTERPRETAC. CON PARÁM. DEL MODELO		INTERPRETAC. CON MÁX. AJUSTE		INTERPRETAC. CON MÁX. AJUSTE		
R ohm-m	E m	R ohm-m	E m	R ohm-m	E m	R ohm-m	E m
10,0 1,0	2,0	12,1 0,7	5,0	9,9 0,5 48,0	2,6 5,1	10,0 2,1	2,1
		R.M.S.=59,4%		R.M.S.=16,3%		R.M.S.=0,6%	
10,0 25,0	2,0	10,5 20,9	9,3	10,5 20,9	9,3	10,0 25,6	2,1
		R.M.S.=1,6%		R.M.S.=1,6%		R.M.S.=1,6%	
200,0 10,0 0,4	2,0 2,0	195,7 11,6 0,8	2,5 3,8	195,6 8,9 0,6 1,6	2,5 3,0 23,0	195,5 11,8 0,5	2,1 1,4
		R.M.S.=5,6%		R.M.S.=1,3%		R.M.S.=0,9%	

En la Tabla 1 se representan los resultados de la interpretación (1D) de 3 SEV. La primera columna contiene los valores verdaderos de los modelos. En las columnas siguientes se representan los datos de interpretación realizados de distintas maneras. En la segunda columna, los valores interpretados han sido obtenidos utilizando los valores de la columna 1 como el modelo inicial. En las columnas 3 y 4, se presentan los datos obtenidos del proceso de interpretación en el cual el modelo inicial fue libre de cualquier restricción. De la Tabla 1 se puede deducir que el procedimiento utilizado para la columna 3 suministra más capas de las que existen en realidad. Estas capas adicionales fueron necesarias para bajar el error de ajuste (RMS). Se observa, que a pesar del error de ajuste más alto, los datos de la columna 2 se aproximan mejor a la realidad que los datos de la columna 3. Esto significa que el empleo del número correcto de capas del modelo interpretado es más importante que el error final de ajuste. En la columna 4 se observa que los mejores resultados se obtienen de la interpretación de las curvas corregidas.

La interpretación (1D) de las curvas distorsionadas para los modelos 2 y 3 es más complicada. Con los conocimientos actuales la mejor manera de proceder sería reconocer si el modelo es conductivo o resistivo y construir una curva corregida que pasaría por el centro del patrón característico. Cuatro ejemplos de tal interpretación se representan en la Tabla 2.

TABLA 2
COMPARACIÓN ENTRE EL MODELO VERDADERO E INTERPRETADO

MODELO		MODELO	
R	E	R	E
ohm-m	m	ohm-m	m
0,4	10,0	0,4	9,2
10,0		16,7	
		R.M.S.≈2,5%	
250,0	10,0	236,0	11,9
10,0		19,8	
		R.M.S.≈4,7%	
200,0	2,0	193,0	2,4
10,0	2,0	9,8	2,2
250,0	10,0	110,7	6,0
10,0		13,4	
		R.M.S.≈1,8%	
200,0	2,0	201,0	2,3
10,0	2,0	9,6	3,2
0,4	10,0	0,6	10,2
10,0		4,8	
		R.M.S.≈3,2%	

La conclusión más importante es que los modelos interpretados pueden tener el mismo número de capas que los modelos verdaderos. Sin embargo, se observa también, que el error en las estimaciones de los espesores puede alcanzar el 40% y en las resistividades hasta el 100%. En contrapartida se puede decir que la interpretación directa (1D) de cualquiera de las curvas distorsionadas simplemente no tiene sentido.

Todos los ejemplos analizados hasta este momento corresponden a modelos en los cuales el límite lateral buza con 90° . Para evaluar la influencia de dicho ángulo sobre la distorsión de las curvas se han repetido los cálculos para algunos de los modelos calculados anteriormente cambiando el valor del ángulo desde 45° hasta 90° con el paso de 5° . Un ejemplo se representa en la Fig. 9. La curva es tipo «HK» y se observa que la variación es de pequeña magnitud. Para los modelos resistivos el cambio consiste en la disminución de los valores de resistividad aparente entre el 87% y 96%. En los modelos conductivos la tendencia es contraria y las curvas pueden alcanzar los valores superiores entre 10% y 20%.

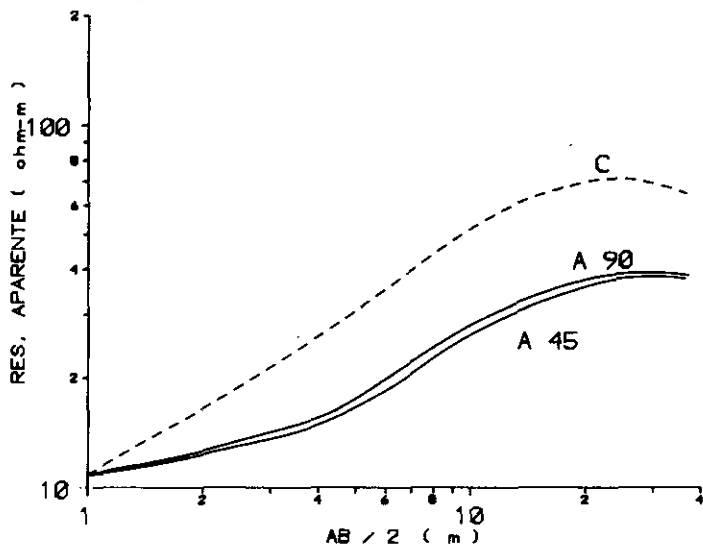


Fig. 9. Variación de las curvas de SEV, afectadas por un límite lateral, en función del ángulo de su buzamiento.

Debido a la regularidad que muestran las curvas distorsionadas con el cambio de ángulo en la inclinación que tiene el límite lateral y su pequeña magnitud, las conclusiones deducidas para los modelos con el ángulo de 90° se pueden considerar válidas en el rango entre 45° y 90° .

El procedimiento expuesto anteriormente ha sido comprobado en un vertedero ubicado en el Sur-Este de Madrid (Villaverde). En la Fig. 10 se representan con línea continua tres curvas de SEV medidas en dicho emplazamiento. El

modelo ha sido reconocido como el tipo 1.2 - conductivo. En la misma figura se representa con la línea discontinua la curva corregida de los SEV. La interpretación de la curva corregida se representa en la Tabla 3. Para contrastar los resultados de la interpretación se realizó una calicata eléctrica con dos niveles de penetración. Las gráficas correspondientes se representan en la Fig. 11. En dicha figura se observa claramente la existencia de un contacto lateral. La distribución de las resistividades aparentes indica que de acuerdo con la clasificación introducida anteriormente el ejemplo pertenece a un modelo geoelectrico conductivo.

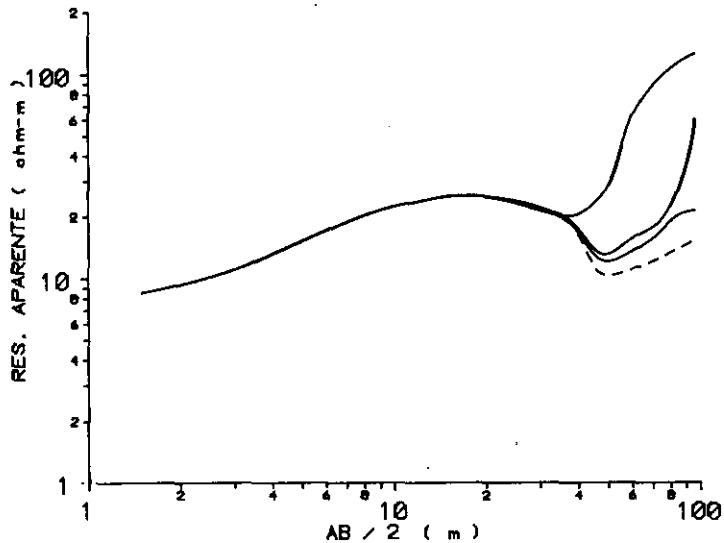


Fig. 10. Un ejemplo de curvas de SEV afectadas por un límite lateral. La curva discontinua representa la curva corregida.

TABLA 3
INTERPRETACIÓN DE LA CURVA CORREGIDA

CAPA	R (ohm-m)	E (m)
1	8,24	2,4
2	170,5	2,9
3	5,36	5,7
4	215,5	R.M.S.=4,84%

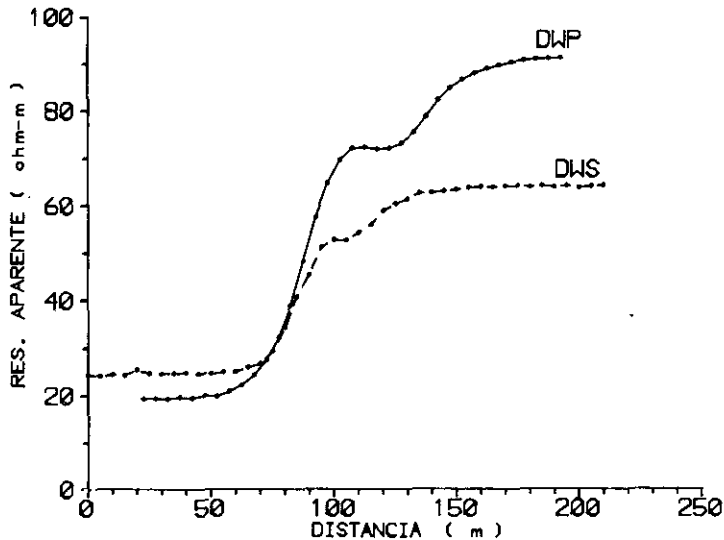


Fig. 11. Calicata eléctrica. Curva continua (DWP) - A25M25N25B, curva discontinua (SWP) - A15M15N15B.

4. CONCLUSIONES

La investigación de vertederos con la técnica de SEV puede llevar frecuentemente a la situación de que los límites laterales del vertedero puedan afectar a las curvas medidas. Se calcularon distintos modelos utilizando la modelización numérica en 2D. El análisis de los resultados de la modelización lleva a los siguientes conclusiones:

- existe una zona, en la proximidad de los límites laterales, donde las curvas de SEV están afectadas por dichos límites;
- comparando un conjunto de SEV, donde cada SEV está desplazado respecto a otro, se puede reconocer dicha influencia;
- el conjunto de curvas de SEV, medido de dicha manera, no es un grupo aleatorio, sino forma un conjunto, que muestra una tendencia en función de la distancia entre el punto de atribución del SEV y el límite lateral, estando a su vez afectado por los coeficientes de reflexión del potencial eléctrico. Dichas tendencias son distintas tanto para los modelos resistivos como para los modelos conductivos;
- el conjunto de curvas distorsionadas de SEV se comporta de manera diferente en los modelos tipo 1 que en los modelos tipo 2 y 3;
- utilizando la clasificación «A», «K», «Q», «H» de las curvas de SEV se observa que las curvas distorsionadas en los modelos tipo 1 pertenecen a la misma clase que la curva correcta;

- el cambio de ángulo en la inclinación del límite tiene poca influencia en las curvas distorsionadas;
- una vez reconocido el tipo de modelo, se pueden aprovechar dichas tendencias para construir una curva corregida;
- las curvas corregidas pueden ser interpretadas en 1D. Los resultados de la interpretación pueden servir para el modelo inicial en la interpretación en 2D, o bien como estimaciones aproximadas del subsuelo. Dichas estimaciones ofrecen mejores resultados que la interpretación (1D) de cualquiera de las curvas distorsionadas. Dicho procedimiento es más efectivo para los modelos tipo 1 que para los modelos tipo 2 y 3.

Las presentes conclusiones sugieren otra forma de adquisición de datos y su interpretación. El procedimiento descrito puede ser aplicado a otros dispositivos eléctricos de corriente continua.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BARKER, R. D. (1981): «The offset system of Electrical Resistivity Sounding and its use with multicore cable». *Geophys. Prospect.*, 29: pp. 128-143.
- BEARD, L. P., and Morgan, F. D. (1991): «Assessment of 2-D resistivity structures using 1-D inversion». *Geophysics*, 56: pp. 874-883.
- ROY, A. (1972): «Depth of investigation in Wenner three-electrode and Dipole - Dipole DC resistivity methods». *Geophys. Prospect.*, 20: pp. 329-340.