

## COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DETECCIÓN GEOELÉCTRICA DE FUGAS PARA APLICACIONES EN LIXIVIACIÓN

Abigail Beck, PE and Mark E. Smith, PE, GE<sup>1</sup>

Los métodos de detección geoelectrica de fugas en geomembranas se pagan solos por el simple valor de la solución rica en minerales que se perdería de otro modo. Integrar la detección de fugas al proceso de la construcción en vez de usarlo como un método de mitigación evita reparaciones costosas en incluso irrealizables, como también problemas ambientales posteriores debido a pérdidas excesivas. Existen dos métodos de detección geoelectrica, el de dipolo y de lanza de agua. Este artículo tratará los beneficios técnicos y financieros de ambos

El método de lanza de agua se realiza directamente sobre la lámina apenas terminada la instalación y el Aseguramiento de Control de Calidad en la Construcción (CQA) y previo a la colocación de la capa protectora u overliner. Este método puede detectar perforaciones invisibles al ojo humano. Estando el equipo bien calibrado y usando un correcto levantamiento, no debiera quedar defectos sin detectar. Existe una disminución en la sensibilidad de este método en taludes con pendientes pronunciadas debido a que el agua tiende a caer por el talud en vez de penetrar en una perforación, pero incluso perforaciones de 2mm pueden ser encontradas en un talud de 2.5:1. El método de lanza de agua es aplicable a canchas de lixiviación, piscinas vacías y cualquier otra instalación descubierta.

El método dipolo es realizado sobre geomembrana cubierta con Overliner o mineral en el caso de una cancha de lixiviación, o en una piscina luego del llenado con cualquier líquido conductivo, como agua o solución de proceso. El método de dipolo en suelo es mucho menos sensitivo que el método de dipolo en agua. A medida que el espesor del overliner aumenta o la conductividad del suelo disminuye (por lo general esto depende del contenido de agua y la mineralogía), la perforación mínima detectable aumenta y la credibilidad del método disminuye. La exactitud de este método deja de ser confiable cuando se supera los dos metros en el overliner. El dipolo en agua es inherentemente más sensitivo, pero este método produce muchas señales de falso positivo.

Al realizar una detección Geoelectrica en una cancha de lixiviación se puede elegir entre el sistema de lanza de agua, luego de la instalación de la geomembrana; el dipolo, posterior a la colocación del overliner, o ambos. La ventaja del uso del método de lanza de agua es tanto la sensibilidad y la facilidad de la reparación. El riesgo inherente al realizar solo la detección por medio de lanza de agua es que la mayoría de las fallas en la geomembrana son

---

<sup>1</sup> Abigail Beck es Ingeniero Civil de Vector Engineering, Inc. en Grass Valley, California. beck@vectoreng.com  
Mark E. Smith es Presidente de Vector Engineering, Inc. y vive en Lima, Perú. smith@vectoreng.com

ocasionadas durante la colocación del overliner. Una simple muesca en un buldózer puede fácilmente producir más daño que todo el resto de los defectos combinados. Por otro lado, si sólo se realiza el método de dipolo, la mayor parte de las pequeñas perforaciones pasará inadvertida. Para instalaciones con baja carga hidráulica, perforaciones pequeñas pueden ser insignificantes, a menos que exista un gran número de tales defectos. Al realizar ambos sistemas de detección, ya sea de lanza de agua, previo a la instalación del overliner o dipolo, posterior a ésta, existe un alto índice de confianza en que los defectos tanto mayores como menores serán encontrados antes que comiencen las operaciones de lixiviación.

Cualquiera de estos métodos puede ser usado en piscinas. El método de lanza de agua puede ser usado antes del llenado con la ventaja de una reparación más sencilla. Una piscina puede ser analizada usando la técnica de dipolo en agua luego del llenado, con la ventaja que la carga hidráulica es aplicada al revestimiento, lo cual frecuentemente activa fugas que no existían con cargas bajas. La desventaja de usar dipolo en agua es que tiende a producir falsos positivos, especialmente donde existe contaminación con residuos o partículas metálicos sobre la geomembrana, muchos de los cuales deben ser investigados.

Para realizar una comparación estrictamente financiera de la aplicación de los diferentes métodos de detección geoelectrica, el análisis de la relación beneficio-costó utilizado por Smith et al., (2005) fue modificado con los precios actuales del oro y el cobre y los tamaños de las perforaciones y las estadísticas de frecuencia fueron actualizados (Forget et al., 2005). Aunque se ha simplificado del alcance estadístico realizado por Smith, el análisis compara los beneficios financieros de realizar los distintos tipos de detección en una cancha y piscina. El precio del oro se fija en US\$ 600 la libra y el cobre a US\$ 2.80 la libra. La siguiente tabla muestra los parámetros utilizados para analizar los beneficios al escoger ya sea el método de lanza de agua, de dipolo o ambos y la relación beneficio-costó resultante. Todas las presunciones y parámetros que no se muestran en la tabla son los mismos utilizados por Smith. Todos los análisis asumen que un CQA convencional fue realizado previo a la detección de fugas. Los rangos de pérdida fueron calculados usando las frecuencias estándar de los tamaños promedio de las perforaciones (10 ó 1,500 mm<sup>2</sup>) que se encontrarían por lo general en cada situación.

	Frecuencia Perforación/ha		Carga Hidráulica	Costo Detección/ha	Fuga Evitada L/día/ha	Beneficio/Costo	
	10mm <sup>2</sup>	1.500mm <sup>2</sup>				Au	Cu
Piscina: cualquier método	4	0	5m	\$5.382	3.205	7,3	8,3
Pad: lanza de agua y dipolo	4	0,5	1m	\$6.458	606	1,1	1,3
Pad: sólo lanza de agua	4	0	1m	\$3.229	502	1,9	2,2
Pad: sólo dipolo	3	0,5	1m	\$3.229	481	1,8	2,1

El análisis muestra que en aplicaciones con cargas altas como piscinas, la relación de beneficio-costo puede ser extremadamente alta haciendo de la detección geoelectrica de fugas una etapa final obvia en la construcción o la reparación de canchas y/o piscinas. Aplicar tanto el método de lanza de agua como el de dipolo, da como resultado un beneficio financiero mas bien modesto (C/B de 1.1 a 1.3), sin embargo esto crea un sistema de contención con un riesgo ambiental o de cumplimiento de normas significativamente mejor con un beneficio neto en el costo de operación. En todos los casos, el costo del análisis es una inversión inicial pequeña que asegura excelentes rendimientos durante la vida del proyecto.

---

Primero publicado en: Revista Minera Crisol, Abril-Mayo de 2006, Santiago de Chile y Ecoamerica revista, Mayo 2006, Santiago de Chile. Abigail Beck, PE, ingeniero civil de Vector Engineering, Inc en Grass Valley, California, EE. UU. [beck@vectoreng.com](mailto:beck@vectoreng.com). Mark E. Smith, PE, GE, Presidente de Vector Engineering, Inc., Lima, Peru. [smith@vectoreng.com](mailto:smith@vectoreng.com).