

ELECTROÓSMOSIS: UN MÉTODO PARA MEJORAR EL SUELO

Yenni Mariana Ramírez-Mazo

Ingeniera Civil e Ingeniera Sanitaria

Ganadora del Premio a la Investigación Estudiantil Universidad de Antioquia
2017, segunda categoría, área de Ingeniería y Tecnologías.

Juan Pablo Osorio, Ingeniero Civil, PhD.

Grupo GeoResearch International – GeoR.

Sergio Agudelo Flórez, Ingeniero Mecánico, PhD.

Grupo de Energía Alternativa – GEA.

Profesores Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

Muchas construcciones rurales del Oriente Antioqueño presentan fracturas causadas por consolidación del suelo. Imagen: Grupo GeoR

“Entender los fenómenos de la naturaleza es una tarea difícil y de tiempo, que el ingeniero científico tiene que descubrir sin desesperarse...” Leonardo Zeevaert (1984)

El suelo, ese que pisamos, recorremos, sobre el que construimos nuestras casas, escuelas, calles... ese en el que nos dicen que *pongamos los pies* cuando estamos algo distraídos, es más que simplemente tierra.

El suelo es un sistema multifase, lo que quiere decir que está conformado por partículas minerales, agua y aire; estos dos últimos elementos ocupan los vacíos (poros) que se forman por el acomodo aleatorio de las partículas minerales.

Como cualquier material, cuando el suelo se ve sometido a un cambio en sus condiciones de esfuerzos, se deforma. En el caso particular de los suelos limosos y arcillosos, al sufrir presión se expulsa agua y aire de sus poros, lo que genera una pérdida de volumen, en un proceso que se conoce como consolidación.

Así, si en un suelo con alto contenido de agua y aire en sus poros, construimos una casa o edificio, esa presión hará que el agua sea expulsada de los poros, que el suelo se consolide y la edificación comience a hundirse poco a poco, lo que con el tiempo puede generar daños significativos en las estructuras que no sean consideradas adecuadamente por los ingenieros geotecnistas.

Los asentamientos en la superficie del terreno, debidos al proceso de consolidación, también pueden darse por efectos debidos al peso del mismo suelo, y no se producen de forma inmediata, sino que toman tiempo. Por ejemplo, en Ciudad de México, que tiene un suelo sumamente blando, se presentan asentamientos regionales que en algunas zonas pueden llegar a los 10 metros.

Aunque el problema de Ciudad de México es un caso extremo, siempre es importante considerar los efectos que posibles asentamientos podrían ocasionar en las estructuras. Los suelos no siempre cuentan con las propiedades adecuadas para soportar las cargas que se proyectan.

Por esto, como exploramos en nuestro proyecto, surge como alternativa la implementación de procesos de mejoramiento del suelo para disminuir la magnitud de los asentamientos que se darán posteriores a la construcción de una edificación, incrementando la capacidad de carga de las cimentaciones y, por consiguiente, la seguridad de la estructura ante posibles fallas.

Uno de los métodos de mejoramiento de suelos es la consolidación por electroósmosis, es decir, drenar el agua contenida en los poros del suelo mediante la aplicación de un campo eléctrico. Este induce a los iones del agua a que se acerquen a los terminales electrodos y, finalmente, salgan de la muestra. Es un proceso que mejora las propiedades mecánicas y químicas del suelo, y es aplicable a suelos arcillosos y limosos blandos.

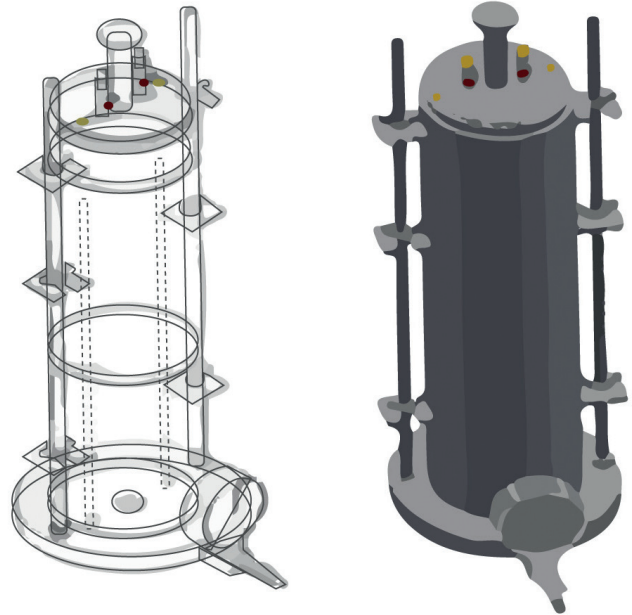
La modelación del proceso de mejoramiento de suelos a escala de laboratorio se realiza a través de la implementación de dispositivos llamados celdas, que permiten determinar la magnitud y tasa de consolidación cuando aplicamos la corriente eléctrica para extraer el agua de un suelo.

Con este objetivo, en nuestra investigación diseñamos, construimos y pusimos en funcionamiento un prototipo de celda de consolidación electroosmótica, que permita evaluar la técnica en laboratorio.

En el caso de los suelos, al sufrir presión se expulsa agua y aire de sus poros, lo que genera una pérdida de volumen, en un proceso que se conoce como consolidación.



Montaje experimental en laboratorio. Foto: Yenni Mariana Ramírez Mazo



Prototipo de celda de consolidación electro-osmótica para evaluar en laboratorio la consolidación del suelo.
Imagen: Grupo GeoR
Graficación: Angélica Wiesner.

El aparato consiste, básicamente, en un contenedor de suelo, electrodos (ánodos y cátodos), suministro de energía y diales de deformación.

Para llevar a cabo el diseño y la construcción del prototipo, se hicieron consideraciones del volumen que tendría la cámara contenedora de suelo, la preparación de la mezcla suelo-agua y el tratamiento a las posibles fugas del sistema y la concepción del drenaje de agua.

Luego, se contemplaron los insumos requeridos, la geometría de la cámara contenedora de suelo y el suministro de la corriente eléctrica, así como los dispositivos de medición de la presión de entrada para el sistema de carga, voltaje aplicado, asentamiento del suelo, presión intersticial, tiempo y drenaje de agua.

Con toda la información y recursos listos, pasamos a construir el prototipo con cada uno de sus elementos, así como a elaborar las piezas de la celda por medio de un torno de alta precisión. Se implementó el sistema de aplicación de carga y se instrumentó el equipo.

Por último, en la fase experimental, se identificó y clasificó el suelo, se preparó una muestra de suelo con propiedades ya conocidas (para evaluar bien el procedimiento) y se aplicó el proceso de mejoramiento por electroósmosis.

Las pruebas de laboratorio para obtener mediciones de magnitud y eficiencias del método permitieron verificar el funcionamiento de la celda, mediante parámetros como el contenido de humedad, pH, reducción de volumen, coeficientes de compresibilidad, consolidación y permeabilidad.

Tras diseñar, construir y probar esta celda, buscamos continuar el proyecto, investigando el comportamiento de las variables del suelo y del proceso electroosmótico.

Nuestro trabajo contribuye al avance en el diseño e implementación de instrumental para el muestreo y análisis en laboratorio de las condiciones de suelo. Los resultados de este proyecto son de gran utilidad en la ampliación de fronteras de conocimiento en la aplicación de la técnica de estabilización de suelos, dado que la utilización de la técnica en campo ha estado supeditada a prácticas empíricas, con altos niveles de incertidumbre.

El proyecto brinda insumos prácticos para que el método de mejoramiento pueda ser aplicado, a futuro, por parte de las empresas prestadoras de servicios de ingeniería civil, teniendo en cuenta que hasta la fecha no se conocen registros de uso de la técnica de consolidación por electroósmosis en Colombia. ✖



En edificaciones como esta, del Oriente Antioqueño, se presentan agrietamientos por causa de la consolidación del suelo, similar a lo que ocurre, en gran magnitud, en Ciudad de México.
Foto: Profesor Juan Pablo Osorio



Surge como alternativa la implementación de procesos de mejoramiento del suelo para disminuir la magnitud de los asentamientos que se darán posteriores a la construcción de una edificación.

Glosario

Electroósmosis: Proceso de transporte de agua a través de un medio permeable, resultado de aplicar corriente eléctrica.

Asentamiento: Deformación vertical en la superficie de un terreno ante la aplicación de cargas externas o debido al peso propio del suelo.

Electrodo: Elemento conductor que transmite o recibe una corriente eléctrica al estar en contacto con el medio que la transporta. El electrodo positivo recibe el nombre de ánodo y el electrodo negativo se denomina cátodo.

Suelo arcilloso: Suelos con tamaños de partícula menores a 0,002 mm, las partículas no se pueden diferenciar a simple vista. Tienen una alta capacidad de retención de agua lo cual ocasiona periodos de consolidación muy extensos al aplicarle cargas.

Suelo limoso: Suelos con tamaños de partícula son menores a 0,075 mm y mayores a 0,002 mm, las partículas pueden ser visibles, aunque muy diminutas. Cuando son sometidos al agua y luego secados forman terrones que pueden desmoronarse a baja presión.