

Metro de Bogotá:

# Ahorros y ventajas de las pruebas de carga previas a la construcción

Empresa Metro de Bogotá

Fotos: Cortesía Empresa Metro de Bogotá



↑ Foto 1. Se realizó la prueba de carga en pilotes ubicados en nueve puntos del trazado de la primera línea.

Con el fin de verificar la confiabilidad de los diseños, comprobar el comportamiento de los suelos y reducir costos, la Empresa Metro de Bogotá realizó pruebas de carga en pilotes ubicados en nueve puntos del trazado de la Primera Línea.

En diciembre de 2018 los medios de comunicación de la ciudad y del país registraron el inicio de las pruebas de carga para la cimentación del viaducto elevado que conformaría la Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB). Sin embargo, este tipo de verificación, que para la Empresa Metro es de suma importancia, tiene consigo una gran complejidad técnica.

Lo primero a tener en cuenta es que la PLMB funcionará a lo largo de un viaducto elevado. Los trenes cruzarán la capital a 14 metros de altura desde el suroccidente hasta el centro-oriente de la ciudad. Este viaducto estará soportado sobre pilotes a lo largo de todo el trazado. De acuerdo con los estudios de factibilidad, los 23,9 kilómetros del viaducto estarán soportados en 270 mil metros lineales de pilotes preexcavados y fundidos *in-situ*.

Dada la importancia de estos elementos, la Empresa Metro de Bogotá decidió hacer pruebas con el fin de verificar que los pilotes fabricados *in situ*, de acuerdo con las especificaciones consignadas en los estudios de factibilidad tengan la capacidad de carga necesaria para soportar el viaducto y que se comportarán adecuadamente durante la operación del Metro.

Como complemento a los estudios de factibilidad, se decidió fabricar nueve de estas columnas, a las cuales se les instalaron elementos hidráulicos conocidos como celdas Osterberg –nombre relacionado con el del creador-. El doctor Jorj Osterberg, fue un ingeniero civil estadounidense nacido a comienzos del siglo pasado y considerado uno de los pioneros de la ingeniería geotécnica. Se destacó por crear diversos tipos de medición y equipos para la elaboración de ensayos, en particular, la llamada celda de Osterberg (también conocida como O-Cell), que revolucionó las pruebas de pilotes.

Explicada de manera simple, la celda Osterberg está constituida por dos platos metálicos paralelos entre los cuales se coloca una serie de gatos hidráulicos. Situada en el interior de un pilote de tamaño real, comienza a ejercer presión hacia arriba y hacia abajo buscando crear esfuerzos internos que hagan fallar la estructura. Esto permite obtener datos de alta precisión acerca de la resistencia máxima del pilote y de la distribución de las cargas en su interior.

Para el caso de la Primera Línea del Metro de Bogotá se definieron nueve puntos a lo largo del corredor, en tramos cuyo terreno presenta suelos de comportamiento homogéneo, de acuerdo con los estudios realizados durante la etapa de factibilidad. El objetivo primordial de estas pruebas era verificar la confiabilidad del diseño en relación con el comportamiento de los cimientos proyectados, calibrar el factor de adherencia entre el suelo y el pilote (es decir, el comportamiento del suelo alrededor de la columna de concreto) y de este modo poder determinar las características ideales de las cimentaciones proyectadas en el trazado del viaducto.

Aunque la realización de estas pruebas de carga representó un costo adicional para la etapa de factibilidad previa a la ejecución de las obras, los datos que arrojan pueden significar un ahorro de hasta 10% en la ejecución de la etapa de cimentación del viaducto, es decir, más de un 13% de economía en el presupuesto total de la obra, calculado en alrededor de \$200 mil millones de pesos colombianos.



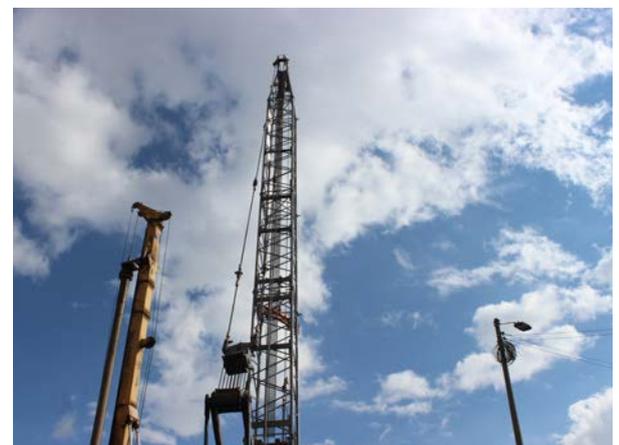
↑ Foto 2. Armado del pilote de prueba.



→ Foto 3. Ejecución de las pruebas.



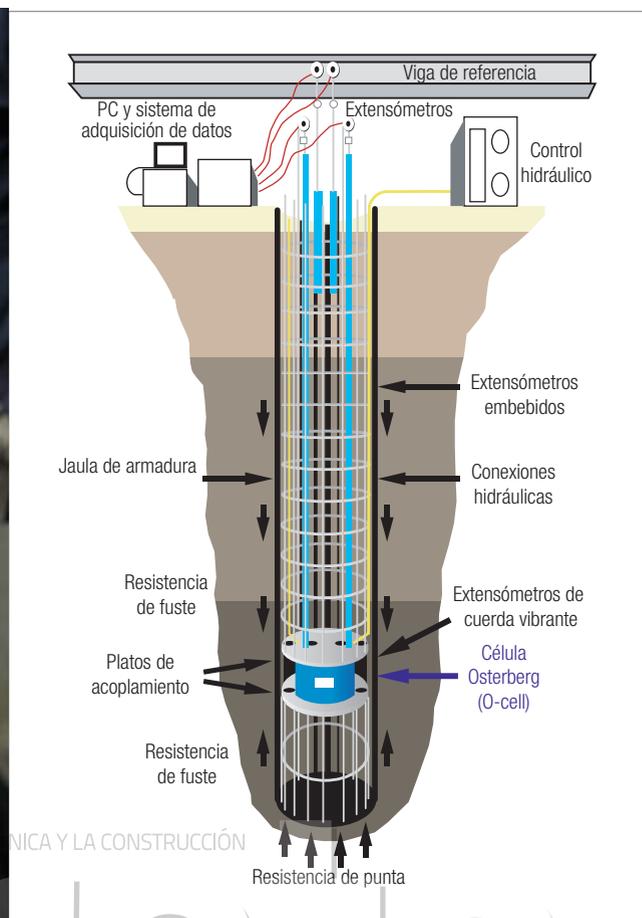
→ Foto 4. Revisión de la información geotécnica sobre el trazado.



→ Foto 5. Prueba de carga Primera Línea Metro de Bogotá.



↑ Foto 6. Esquema de prueba con celdas de Osterberg.



Estas pruebas permitirán calcular de manera más exacta los costos del proyecto, los riesgos constructivos y los plazos de ejecución de la megaobra, ofreciendo mayor seguridad frente al cumplimiento del cronograma previsto, lo que a su vez reducirá los niveles de incertidumbre y generará ahorros en los presupuestos. Todo ello debe redundar finalmente en ofertas más beneficiosas para la Ciudad por parte de los aspirantes a la licitación.

El primer paso fue revisar la información geotécnica existente sobre el corredor del trazado de la PLMB. En los lugares cuya información no era suficiente se realizaron nuevas perforaciones para obtener muestras del suelo que pudieran estudiarse con el objetivo de tener un perfil geotécnico completo y estudios precisos. Con la información geotécnica completa se procedió a realizar el armado de las canastas y la instalación de las celdas, posteriormente se realizaron excavaciones de profundidad media de 70 metros en los lugares seleccionados, se instalaron las canastas en las perforaciones realizadas anteriormente y se vació concreto en ellas dando como resultado los pilotes de 1,60 m de diámetro aproximadamente. Las propiedades del concreto utilizado para estas pruebas fue concreto Tremie de resistencia a la compresión de 28 MPa acelerado a 7 días con el objetivo de lograr agilizar la fecha de ejecución de las pruebas de carga y de no esperar a 28 días, teniendo en cuenta los volúmenes requeridos por cada pilote y el sistema constructivo de colocación, se empleó en la mezcla una tecnología de manejabilidad extendida con un intervalo

de mínimo 2 horas a máximo 6 horas dependiendo del volumen total a instalar, logrando tener la fluidez adecuada durante el llenado del elemento. Durante la colocación se lograron tasas de 42 m<sup>3</sup>/hora de concreto vaciado dado a la tecnología utilizada en la mezcla.

Posteriormente se efectuaron las pruebas de carga bidireccional con las celdas Osterberg en cada uno de los nueve pilotes y se realizaron informes de interpretación con base en los resultados de cada revisión. En total se realizaron nueve pruebas de carga a lo largo del trazado del tramo 1 de la Primera Línea del Metro:

- Costado occidental de la calle 75 (al norte)
- Calle 68
- Calle 26 con avenida Caracas,
- Calle 8 sur con carrera 27
- Rotonda de la avenida Primero de Mayo con carrera 50
- Cruce de la avenida 68 con avenida Primero de Mayo
- Calle 42 Sur con carrera 78F Bis A
- Portal Américas
- Reserva del río, cerca al trazado de la ALO.

Gracias a estas pruebas, hoy se tiene una idea más exacta del comportamiento de los terrenos y de las especificaciones que deberán tener los pilotes que van a soportar el viaducto, presentándose como un ejemplo de buenas prácticas que repercuten en ahorros en tiempo, dinero, riesgos e incomodidades durante la etapa de construcción de la Primera Línea del Metro de Bogotá. 



## ¡PREPÁRATE DESDE YA!

Separa en tu agenda los días 23 al 25 de septiembre de 2020 y forma parte del **Encuentro Técnico más importante de América Latina**, sobre construcción con cemento, concreto y prefabricados: **La Reunión del Concreto RC 2020**, en Cartagena, Colombia. Prepárate para **3 días** de encuentro con más de:



**2.000 colegas**, reunidos en torno a más de **100** actividades técnicas



Seminarios, conferencias, talleres y plenarios en **4 salones simultáneos**



Muestra comercial de más de **150 stands**



**2 actividades sociales**

Síguenos en nuestras redes sociales:



**Más información**  
[reunion@asocreto.org.co](mailto:reunion@asocreto.org.co)  
[www.asocreto.org.co](http://www.asocreto.org.co)

**#RC2020**