

Obra: cimentación mediante pilotes de la Central Térmica de Pecém (Fortaleza, Brasil)

# Prueba de carga sobre pilotes ejecutados con polímeros

Durante los últimos tiempos se está produciendo un importante avance del uso de lodos a base de polímeros en la ejecución de cimentaciones especiales, esta nueva tecnología está desplazando el uso de sistemas tradicionales de estabilización (lodos bentoníticos y camisas recuperables). Una de las principales ventajas es la mejora de la calidad global de la cimentación, además de otros beneficios medio ambientales y mejoras en la gestión de la obra. Este artículo aporta una prueba documentada sobre la adherencia en fuste de los pilotes ejecutados mediante lodos poliméricos, versando el mismo sobre una prueba realizada sobre pilotes ejecutados con esta técnica.

La compañía GEO —especialista en el desarrollo de lodos de fluidificación para cimentación y estabilización en geotecnia—, ha tenido la oportunidad de participar en un obra con la empresa brasileña *Brasfond*, donde se han realizado 1270 pilotes mediante el sistema G3® de GEO. La obra tiene como objetivo la construcción de la nueva central térmica de Pecém, en Fortaleza (Brasil).

### La obra

Dicha obra está situada a 70 km de Fortaleza, en el estado brasileño de Ceará. La construcción de las cimentaciones de una nueva central térmica incluyó la ejecución de 1.270 pilotes con diámetros de 1.000 mm y profundidades de hasta 17 metros (Foto 1).

*Brasfond* (empresa especialista responsable de la ejecución de los pilotes), solicitó los servicios de GEO con el objetivo de garantizar la estabilidad de las excavaciones, y la calidad de los elementos de cimentación ejecutados con el uso de polímeros del Sistema G3®.

Los terrenos perforados, están formados por unas arenas blandas y poco compactas (NSPT 5/15), desde la superficie hasta los 6/8 metros. Debajo existe una capa de arcilla con bolos (NSPT 30/45) con profundidades variables entre los 15 y 17 metros.

Los pilotes se han empotrado 2 a 3 metros en roca gneis medianamente alterada (W3) bajo las arcillas anteriormente descritas.

### Los pilotes

Los pilotes han sido ejecutados utilizándose el polímero sintético *PolyMud*® como polímero base del Sistema G3®, para garantizar la estabilización de la perforación y mantener valores bajos en contenido en arena para mantener la calidad del hormigonado (Foto 2).

Los parámetros de trabajo del fluido se han mantenido dentro de las normas recomendadas por GEO. Así, la viscosidad (embudo de Marsh) se ha mantenido entre 60 y 65 segundos, la densidad entre 1,00 g/cm<sup>3</sup> y 1,04 g/cm<sup>3</sup>, el pH entre 11 y 12, y los contenidos de arena entre 0,5% y 1,0%.

### Las pruebas

Para garantizar la calidad de los pilotes, se han realizado 7 pruebas de carga estática, de acuerdo con la Norma Brasileña NBR12131, para garantizar que los elementos de cimentación sean adecuados para la estructura pro-

Palabras clave: BENTONITA, CAKE, ESTABILIZACIÓN, LODO POLIMÉRICO, MEMBRANA, PANTALLA, PILOTE, POLÍMERO, POLYMUD, PRUEBAS DE CARGA, SISTEMA G3, SUELO.

BENTONITE, DIAPHRAGM WALL, G3 SYSTEM, MEMBRANE, PILES LOAD TEST, POLYMER, POLYMUD, SOIL STABILIZATION.



Dpto. Técnico de

GEO-GROUND ENG. OPERATIONS, S.L.

yectada y confirmar la carga de trabajo nominal prevista de 320 t.

La estructura de reacción utilizada para las pruebas, han sido dos pilotes de diámetro 1.200 mm y con empotramientos variables entre 2 y 3 metros (Foto 3).

La prueba se compone de una fase de compresión, con aumentos de presión, y de una fase de descompresión, de alivio de la presión ejercida. Se han aplicado 10 niveles de presión con aumentos no superiores al 20% de la carga de trabajo prevista para el pilote ensayado. La fase de descompresión está compuesta, por lo menos, por cuatro niveles (NBR12131).

La capacidad de carga de un pilote depende esencialmente de dos factores de resistencia: la resistencia de punta y la fricción lateral. Mientras que la primera depende de la resistencia del terreno de empotramiento y de la resistencia del propio hormigón, en la otra influye una serie de parámetros. La resistencia del hormigón; los parámetros de resistencia del suelo atravesado; el perfil de la excavación y, por último, los parámetros de resistencia de la superficie de contacto hormigón-suelo.

### Resultados

Los resultados han sido realmente positivos: se ha alcanzado el triple de la carga nominal de trabajo. Las pruebas de carga comprobaron que los polímeros del Sistema G3® garantizan una elevada capacidad de carga a través de la mejora de los parámetros que influyen en los valores de adherencia del fuste del pilote.



■ [Foto 1].- Vista de la obra.



[Foto 2].- Disposición de la planta de lodos para 3 equipos de perforación.

Las pruebas realizadas han dado un espectro de resultados que dependen esencialmente del valor de empotramiento en el suelo firme (**Cuadro 1**). Por medio del control de los pilotes de reacción, fue posible determinar en qué momento, o a partir de qué nivel de carga, pasaba a ser determinante la capacidad de resistencia de punta, o sea, a partir de qué carga era eliminada la fricción lateral.

Los pilotes con mayores valores de empotramiento (2,90 m) dieron mejores resultados, con valores de carga alrededor de 1.100 t (método gráfico de *Mazurkiewsky*). Los pilotes con empotramiento de 2,70 m dieron resultados considerablemente inferiores, alrededor de 850 t, mientras que en los pilotes con 2,00 m de empotramiento, la carga no superó las 500 t.

## Conclusión (relación polímero - pruebas de carga)

La distribución de los resultados muestra la importancia de la fricción lateral en el conjunto de resistencia de los pilotes ensayados. En



[Foto 3.- Colocación del bastidor metálico.

este proyecto se ha optimizado la adherencia en fuste, existiendo factores fundamentales para llegar a los resultados obtenidos:

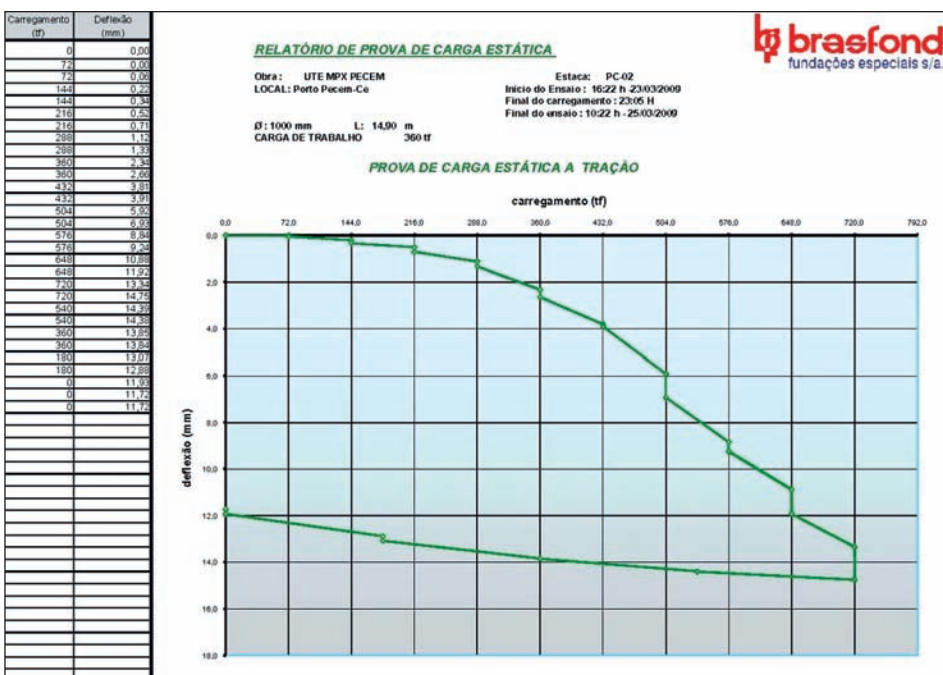
- La estabilización del suelo aseguró excavaciones con geometría regular. Comprobado por los valores bajos de sobreconsumo.
- La membrana existente en la superficie del suelo es eliminada por completo, durante el ascenso del hormigón. El **Poly-Mud®** está diseñado para que en contacto con el hormigón se descomponga, resultando de este modo mejorada la fricción hormigón-suelo.
- Se procedió a la limpieza de la punta de cada pilote y los parámetros del lodo se han mantenido dentro de los valores recomendados. Esto proporcionó unos

contenidos en arena muy bajos y como consecuencia una baja contaminación del hormigón.

- Tiempo transcurrido entre el final de la perforación e inicio de hormigonado, al ser prácticamente inmediato se reduce la posibilidad de contaminación del hormigón.

Todos estos factores justifican la mejora de la fricción demostrada en las pruebas de carga llevadas a cabo.

Existen otras experiencias en las cuales se ha utilizado el lodo polimérico de GEO en la perforación de anclajes de cable, utilizándose el lodo con un doble fin, por un lado el arrastre de detritus y por otro la estabilización de la perforación. Aunque los ensayos de tesado sobre estos anclajes no están suficientemente documentados, los resultados han sido igualmente satisfactorios al caso que nos ocupa.



[CUADRO 1].- Curva carga y descarga vs deformaciones.

## Agradecimientos

Expresar el agradecimiento a todas las personas y entidades que han colaborado aportando fotografías, gráficos, acceso a documentación, etc., y todo lo preciso para poder publicar el artículo.

Agradecimiento especial al equipo directivo de *Bransfond* —N. Libano y A. Caputo— por la oportunidad para colaborar juntos para la ejecución de esta obra. Además de al equipo técnico formado por O. Jacob, M. Petracco y G. Faccin por la total accesibilidad desinteresada a toda la información necesaria.

### GEO-GROUND ENG. OPERATIONS

Avda. Vía Láctea, s/n - Local, 25  
28830 S. Fdo. de Henares (Madrid)

☎: 912 773 179 • Fax: 912 919 776

E-mail: [info@geosoil.com](mailto:info@geosoil.com)

Web: [www.geosoil.com/espana](http://www.geosoil.com/espana)