

# Noticreto

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

N° 150

TARIFA POSTAL: REDUCCION SERVICIOS POSTALES NACIONALES S.A. N° 2018-150, 4-72, VENGE DIC. 31 - 2018 - 6531 0130.8499

CONSTRUCCIÓN EN 3D  
POR LA NASA

EL SEXTETO DE LA  
CALIDAD EN PAVIMENTOS

PLATAFORMAS  
DE CONCRETO OFFSHORE

UNA PUBLICACIÓN DE

*Asicreto*



7 708985 000479

COLOMBIA \$18.000

EDICIÓN ESPECIAL

*Innovación en cemento y concreto*



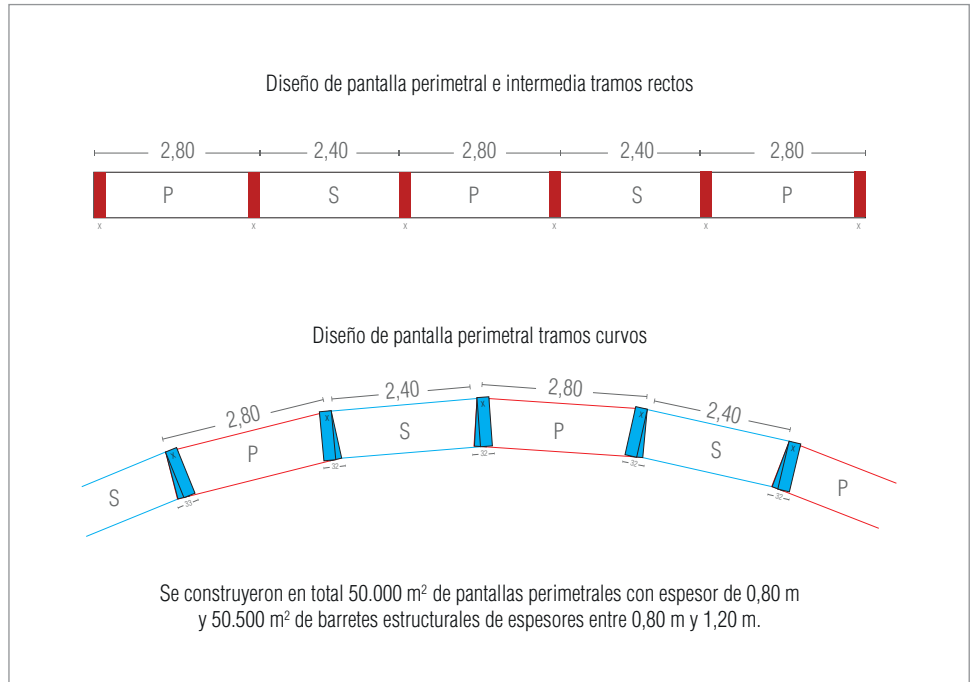
# Innovación tecnológica usada para la ejecución de cimentaciones

Ing. Carlos Orozco  
TREVIGALANTE S.A.

Fotos y esquemas: TREVIGALANTE S.A  
una empresa del GRUPO TREVI GROUP.

**En Bogotá se ha desarrollado uno de los proyectos más importantes** de cimentación profunda realizados en Colombia. El proyecto está compuesto de dos torres de oficinas con altura de 34 pisos y 8 sótanos, un área comercial y espacio público. Para la ejecución de la cimentación se emplearon por primera vez en Colombia dos equipos hidrofresas con modulo fresante, aptas para excavaciones a gran profundidad y condiciones de suelo tan especiales como las de este proyecto. Esta tipología de cimentación ha permitido la construcción con el sistema UP-DOWN<sup>1</sup>.

1: Sistema constructivo que consiste en construir inicialmente las pantallas perimetrales y columnas de soporte de la estructura con barretes o pilotes y una vez construida toda la cimentación se realiza en simultaneo (hacia arriba y hacia abajo) la excavación y adecuación de sótanos y la construcción de la superestructura.



← Hidrofresas proyecto pedregal.

### Descripción del suelo

El estudio de suelos muestra el siguiente perfil estratigráfico:

- 0,0 m a 4,0 m Rellenos de arcillas superficiales, tierras variadas y escombros
- 4,0 m a 25 m Arcillas y arenas finas
- 25 m a 55 m roca arenisca cuarzosa ligeramente fracturada en el costado oriental del proyecto.
- 55m a 71m Bancos de arenisca cuarzosa muy fracturada con juntas lixiviadas. en el costado oriental capas gruesas de arcillolitas y limolitas varicoloreadas compactas y ligeramente fracturadas

### Descripción de la cimentación

La cimentación del Proyecto Pedregal consta de los siguientes componentes:

#### Muro pantalla

Se construyeron 780 metros lineales de muro pantalla, que se ejecutaron con los métodos tradicionales de modulación: paneles primarios y paneles secundarios. Los paneles secundarios se traslapaban 20 cm a cada costado del módulo primario; es decir, se fresaron 20 cm de concreto de cada módulo primario contiguo, lo que fue posible gracias a la utilización de los equipos tipo hidrofresa.

Características del módulo pantalla:

- Paneles (primarios y secundarios)
- 73 metros de profundidad media
- 800 mm de espesor del muro pantalla
- 2800 mm de longitud de cada panel

#### Barretes

Se construyeron 265 barretes estructurales de espesor entre 800 y 1.200 mm y longitudes variables entre 40 m y 75 m. Distribución, cantidades y secciones de los barretes:

- Torre 1:
  1. 37 barretes simples de 1.200 mm de espesor

2. 8 barretes triples de 1.200 mm de espesor

3. 33 barretes simples de 800 mm de espesor

- Torre 2:

1. 12 barretes simples de 1.200 mm de espesor

2. 85 barretes simples de 800 mm de espesor

3. 1 barrete triple de 800 mm de espesor

- Centro comercial:

1. 3 barretes simples de 1.200 mm de espesor

2. 1 barrete triple de 800 mm de espesor

3. 85 barretes simples de 800 mm de espesor

### Metodología y equipos

#### Construcción de muros pantallas y barretes estructurales:

La secuencia de construcción del muro pantalla perimetral se realizó de la siguiente manera:

1. Construcción de vigas guías: estructuras temporales que sirven como guía en los primeros metros de excavación para la almeja y/o hidrofresa.
2. Modulación topográfica de los paneles primarios y secundarios: la ejecución del muro pantalla se realizó en secciones de 2,8 m según el módulo fresante, es así que, antes del inicio de la ejecución del muro pantalla, sobre la viga guía construida se identificó topográficamente la tipología de cada uno de los elementos a ejecutar (primario o secundario)
3. Pre-excavación: de acuerdo con la secuencia preestablecida en el método constructivo, se realizó una pre-excavación de los paneles primarios y secundarios usando una almeja mecánica de 2,20 m de largo por 0,80 m de ancho, a profundidades variables, con el objeto de facilitar la inserción del módulo fresante y garantizar la completa inserción de las bombas de aspiración en el lodo de perforación.

➔ Vista general del Proyecto Pedregal.



4. Excavación de paneles primarios y secundarios con hidrofresa<sup>2</sup>: Luego de la pre-excavación del panel, se instaló el marco metálico de referencia de la hidrofresa con sus respectivos controles topográficos. A continuación, se colocó el módulo fresante en la excavación ya ejecutada para continuar la excavación hasta la profundidad designada por el proyectista. De acuerdo con las características del terreno se utilizaron ruedas de corte helicoidales compuestas de dientes cónicos designadas para materiales duros (rocas, areniscas), y ruedas de corte paralelas, compuestas de dientes planos, destinadas a la excavación de materiales blandos (arcillas plásticas). La excavación se soportó con la adición de bentonita sódica activada, preparada en la planta de fabricación de lodos, compuesta por un turbo-mezclador, tanques y silos de almacenamiento de agua y bentonita, dos desarenadores y deslimadores con capacidad de 450 m<sup>3</sup>/h, y el equipo centrífugo.

Durante el proceso de excavación se realizaron continuos controles de verticalidad de la excavación mediante equipos de instrumentación con software de monitoreo remoto.

5. Desarenado y limpieza del muro pantalla o barrete: una vez alcanzada la profundidad de diseño instruida por el especialista de suelos del proyecto, y previo al vaciado del concreto, se realizó la limpieza y desarenado del panel cambiando la bentonita por una fresca.
6. Instalación de armaduras de refuerzo: una vez corroboradas las propiedades del lodo (densidad  $\leq 1.10 \text{ g/cm}^3$ , viscosidad 38-50 seg y contenido de arena  $\leq 2\%$ ) se procede a colocar la armadura de refuerzo, que para este proyecto tenían un peso promedio de 20 ton.
7. Vaciado de concreto: el vaciado de concreto se realizó mediante tubería tipo tremie de D=10". Teniendo en cuenta los volúmenes de concreto que se necesitaban colocar (180m<sup>3</sup> en promedio), se requirió la colocación de 2 tuberías. Se utilizó concreto tremie tipo *antideslave*, ideal para elementos que se encuentren afectados por presiones hidrostáticas.

➔ Equipo de última tecnología que garantiza desviaciones mínimas a grandes profundidades.



- Agregado de tamaño máximo 1/2"
- Resistencia a la compresión de 4500 psi a 28 días
- Manejabilidad de 6 horas
- Asentamiento de 8 +/- 1 pulgadas

### Control de calidad

Un sistema de control de calidad para los elementos de cimentación fue desarrollado por el Departamento de Calidad del proyecto. En los elementos de cimentación (barretes y pantallas) se realizó un doble control de verticalidad mediante instrumentos de medición de los equipos hidrofresa (DMS), y de excavación con almejas (Jean Lutz), y un control post-excavado realizado mediante el equipo de medición de verticalidad Koden. Todos los elementos de cimentación de pantallas y barretes han cumplido con los parámetros de verticalidad exigidos en el contrato:


- $\leq 0,8\%$  desviación para las pantallas y barretes.

Además, y a solicitud de la Interventoría del proyecto, se realizaron 20 pruebas cross-hole distribuidas en Torre 1 (10 pruebas), Torre 2 (5 pruebas) y Centro Comercial (5 pruebas) con el objeto de determinar la calidad de los elementos de cimentación. Estas pruebas dieron resultados positivos, verificándose la calidad de la cimentación realizada en el proyecto.

### Conclusiones

Desde la ejecución del proyecto EL PEDREGAL se cuenta con tecnología y equipo de vanguardia en la ejecución de cimentaciones en terrenos de geología compleja. Las principales ventajas de esta tecnología son: garantía en la desviación de verticalidad de los módulos inferior al 0,80% aumento de la impermeabilidad de la pantalla debido al fresado de la junta entre módulo primario y secundario. Constancia en los rendimientos independientemente de las condiciones geológicas encontradas. Facilidad de adaptación de las herramientas para los diferentes tipos de suelos.

### Bibliografía

Trevigalante S.A, Referencia Técnica: América Centro Mundial de Negocios El Pedregal, Bogotá, Colombia, junio 2018. 

2: Hidrofresa: La hidrofresa es un equipo de última tecnología que permite la construcción de muros pantallas o barretes con una desviación máxima de la vertical de 1,0%, a profundidades de hasta 200 m. Con esta tecnología, es posible excavar muros pantalla en capas de suelo y lechos rocosos con resistencia a la compresión, UCS, de hasta 80 MPa. El sistema de control de la hidrofresa se encuentra ubicado en las ruedas de corte y en el bastidor; este sistema monitorea la velocidad de rotación de las ruedas, el avance, la velocidad de avance y la verticalidad de la excavación, enviando estos datos a un monitor instalado en la cabina de la grúa. El ajuste de la verticalidad se efectúa por el sistema de "flaps" instalados en el módulo fresante los cuales permiten corregir la excavación en los 3 ejes de la excavación.