

Fase II, PTAR El Salitre:

Sistema de cimentación

Liliana Roa Ovalle, Trevigalante S.A
Fotos: Cortesía Trevigalante S.A.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Salitre,

hace parte del Mega Proyecto de Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del río Bogotá, obra que desde hace años viene ejecutando La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, que ampliará y optimizará la planta de tratamiento para tratar las aguas residuales del noroccidente de Bogotá para entregarlas al río Bogotá en mejores condiciones. Hoy en día es la única planta de tratamiento existente de las dos previstas para la ciudad. Se localiza en el noroccidente de la zona urbana, cerca de la descarga del río Salitre sobre la margen izquierda del río Bogotá.

Obras de la ampliación de la PTAR

En la actualidad, la PTAR El Salitre, está siendo ampliada y optimizada para permitir el incremento de su capacidad, mejorando: el proceso de tratamiento y las condiciones de las aguas tratadas y entregadas al río Bogotá, y las condiciones ambientales en el área de influencia directa de la PTAR El Salitre. Esta obra, catalogada como el proyecto de ingeniería más grande en inversión y tecnología a nivel nacional, se ha ejecutado en los predios destinados por el Distrito Capital desde 1985 para su construcción, sitio que por más de 30 años funcionó como el botadero a cielo abierto el Cortijo, donde se encuentra la Fase I que entró en funcionamiento a partir del año 2000. Ahora con el nuevo proceso constructivo, se han levantado estructuras de grandes volúmenes y grandes alturas, como la estación de bombeo principal en la captación, desarenadores, clarificadores primarios y secundarios, tanques de aireación, sopladores, digestores, deshidratadores, espesadores, estaciones de bombeo de lodos y de aguas tratadas, edificios para instalaciones eléctricas e hidráulicas, canales y tuberías de conducción, entre otras.

Cimentación de las estructuras

Como parte de las actividades iniciales se realizó el estudio geotécnico que comprendió la exploración detallada directa e indirecta de los suelos del sector, perforaciones para medir el espesor del depósito de residuos sólidos y la cuantificación del volumen, ensayos geofísicos de campo,



↑ Foto 1. Frente de digestores.

ensayos de campo y de laboratorio para caracterizar los suelos, caracterización geotécnica detallada y definición del perfil de suelos en la zona del proyecto, definición de parámetros y criterios geotécnicos de diseño requeridos para la ingeniería de detalle, evaluación de la respuesta sísmica del sitio, evaluación del potencial de licuación de las arenas, definición técnica del tipo de cimentación requerida para las estructuras proyectadas y consideraciones técnicas para los tipos de cimentación definidos.

Con base en los resultados del estudio geotécnico se tuvieron 4 objetivos fundamentales dentro del proyecto en relación con la fase de cimentaciones:

- Establecer los parámetros y criterios geotécnicos necesarios para la ingeniería de detalle de la cimentación de las estructuras previstas.
- Determinar los tipos de cimentaciones requeridos para las estructuras proyectadas, con base en las condiciones definidas con la exploración avanzada que representó el estudio.
- Evaluar el comportamiento de las cimentaciones consideradas, para estimar los asentamientos probables de las estructuras.

Sistema placa-pilotes

En el análisis de suelos se evaluó la posibilidad de construir pilotes de 0,6 m de diámetro y longitudes variables entre 30 m y 50 m, considerando diferentes espaciamientos entre ellos. Estos pilotes son similares a los construidos en gran parte de las principales estructuras de la Fase 1 de la PTAR El Salitre, de los cuales se cuenta con medidas de asentamientos en el tiempo. Para cimentar las nuevas estructuras se realizaron modelos numéricos 3D que fueron calibrados con las mediciones de los asentamientos registrados en estructuras de la Fase 1 de la PTAR El Salitre (digestores, sedimentadores y espesadores, entre otros). Valores tomados de la información básica de referencia.

Teniendo en cuenta diferentes alternativas de diseño en función de la longitud de los pilotes, reducción de asentamientos y densidad de pilotes, se aplicaron los siguientes factores para la definición detallada del número de pilotes en cada estructura:

1. Las cargas aplicadas por cada estructura.
2. El área de las cargas aplicadas. Se estimó una distribución uniforme de las cargas en toda el área de cada estructura.
3. La localización de cada estructura, debido a que los asentamientos calculados cambian en función del espesor del relleno de basura (que ha tenido un proceso de consolidación en el suelo natural); así mismo cambian en función del perfil de suelos (presencia o ausencia de arenas y sus espesores), que varía a lo largo y ancho del lote.
4. Los asentamientos máximos admisibles a largo plazo (por la sobrecarga de la estructura) que puede tener cada una de las estructuras proyectadas se basaron esencialmente en los valores de asentamientos medidos en la mayoría de las estructuras de la Fase 1 de PTAR El Salitre. Son valores que permiten asegurar la funcionalidad de las estructuras.

Finalmente, con base en estos factores, se determinó para cada estructura proyectada: el tipo de cimentación profunda, la densidad de pilotes mínima requerida para el control de los asentamientos, la cantidad de pilotes necesarios por cada estructura de acuerdo con la forma de su área a nivel de cimentación, las características de los pilotes (diámetro y longitud) y la cantidad de metros lineales de pilotes en cada estructura.

Proceso constructivo de los pilotes

Los pilotes son elementos estructurales que permiten transmitir las cargas de la superestructura y la infraestructura a estratos profundos que posean la capacidad de carga suficiente. Para el proyecto de ampliación y optimización de la PTAR El Salitre, en las estructuras de los tanques se emplearon pilotes preexcavados y en la estructura de pretratamiento, pantallas y barretes preexcavados.

El proceso constructivo consiste en realizar la excavación de los elementos hasta llegar a la profundidad de diseño establecida, donde se instala el acero de refuerzo y se procede a realizar el vaciado con concreto tipo Tremie, que se vierte usando una tubería y un embudo para que la mezcla fluya a través del elemento. El proceso culmina cuando el concreto desplaza, de abajo hacia arriba, el fluido de perforación y llena la excavación hasta la cota requerida de diseño.

Entre los retos que surgieron para construir la cimentación estaban, los suelos demasiado blandos para soportar el peso de los equipos y, además, un nivel freático que podía afectar la construcción de los pilotes por la falta de cabeza hidráulica; para disponer de una plataforma de trabajo adecuada fue necesario realizar un relleno en piedra de 0,8 m de espesor, con recebo en la parte superior, para desde allí realizar los pilotes.

El terreno estaba constituido principalmente por arenas, arcillas, material orgánico y un relleno en el último estrato conformado por basuras. En algunas zonas se



↑ Fotos 2 y 3. Frente de pretratamiento.

hallaron gases y flujo de agua. El fluido de perforación utilizado –un polímero base y un polímero para control de filtrado y nivelador de pH– hizo posible manejar y controlar con acierto los contenidos de arenas y flujo de agua presentes en los elementos, permitiendo la adecuada fundida de pilotes. La zona contaba, además, con suelos excesivamente blandos para soportar el peso de los equipos, pero también con nivel freático que podía afectar la construcción de los pilotes debido a la falta de cabeza hidráulica de los clarificadores secundarios; presentaba alto nivel freático y arenas en la zona superior, lo que obligó a instalar camisas metálicas recuperables de 10 m de longitud antes de iniciar la excavación de cada pilote.

El concreto

En la ejecución de estas obras se utilizó un concreto antideslave, altamente cohesivo, ideal para aquellos elementos en contacto con agua durante el proceso de colocación y, como en este caso, agua del terreno destinado para la ampliación de la PTAR El Salitre. Las características de este concreto impiden la penetración de líquidos en el elemento estructural y evitan la pérdida de finos –pasta y agregado–; disminuyen y controlan la segregación del concreto, y aumentan la durabilidad. No se afectan el tiempo de manejabilidad ni los tiempos de fraguado y no se necesitan equipos especiales para la colocación.

Una obra en tiempo récord

Pilotes				
Estructura	Especificaciones de pilotes	Cantidad de pilotes	Pilotaje (m ³)	Pilotaje (m)
Entrada-Pretratamiento	Longitud efectiva de 30 a 50 m, 0,6 m de diámetro, concreto de 31 MPa (4.500 psi)	350	3.100	10.964,0
Clarificadores primarios		476	5.580	19.735,2
Clarificadores secundarios		1.221	7.890	27.905,2
Total		2.047	16.570	58.604,4
PANTALLAS Y BARRETES (0,8 m de espesor y profundidad máxima de 32 m)				
Estructura	Pantallas (m ³)	Barretes (m ³)		
Pretratamiento-Estación de bombeo	5.200	5.030		

↑ Tabla 1. Datos del sistema de cimentación.

La actividad de cimentación profunda para los frentes mencionados comenzó en el mes de octubre de 2017 y finalizó en noviembre de 2018. Para atender la obra fue necesario instalar 5 frentes de trabajo con piloteadoras y grúas auxiliares, y para el frente en los tanques de pretratamiento donde se ejecutaron pantallas, se utilizaron una grúa principal y dos auxiliares.

Bibliografía:

- Producto Final – Anexo No. 18 Geotecnia Básica Avanzada y Topografía. Hazen and Sawyer, P.C. / Nippon KOEI.
- Ficha Técnica: “Concreto Antideslave”, Cemex Colombia.