

Producto 11.

**Ingeniería de detalle
100% - Geotecnia**

Agosto de 2016



Informe Estudio Geotécnico



**Contrato No.
1-02-25500-0690-2011**

Fecha: Agosto de 2016

REALIZAR EL DISEÑO A NIVEL DE INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE "CANOAS" EN LOS COMPONENTES ASOCIADOS AL SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO CON ASISTENCIA QUÍMICA

INGESAM
Ingenieros Consultores / **Miembro Cols 1579**

**CDM
Smith**

CONTROL DE REVISIONES

| | |
|---|-----------|
| TITULO DEL DOCUMENTO: Informe Producto No.11 – Versión Final “Informe Estudios Geotécnicos” | |
| CLIENTE: ACUEDUCTO DE BOGOTA | |
| PROYECTO: PTAR CANOAS | No. 89244 |
| PROPUESTA: | No. |

DESCRIPCION DE REVISIONES.

| VERSION | DESCRIPCION Y/O ESTADO | FECHA DE APROBACION | OBSERVACIONES |
|---------|---|---------------------|---|
| 0 | Informe Estudios Geotécnicos | 13-05-2016 | Versión preliminar para revisión de Interventoría y del Cliente |
| 1 | Informe Estudios Geotécnicos, Versión 1 | 01-18-2016 | Incluye la información complementaria a la versión 0, del 13 de Mayo de 2016. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

DESCRIPCIÓN DE ANEXOS.

| |
|---|
| <p>Anexo 1. Sedimentadores Primarios. Anexo 2. Tratamiento Preliminar. Anexo 3. Edificios de Procesos. Anexo 4. Tanques Digestores y Almacenamiento de Lodos. Anexo 5. Edificio Zona de Administración. Anexo 6. ByPass, Efluente Final y Estructuras Complementarias. Anexo 7. Vías y Aledaños. Anexo 8. Cimentación de Tuberías. Anexo 9. Estudio de Respuesta Local. Anexo 10. Movimiento de Tierras.</p> |
|---|

CONTROL DE REVISION Y APROBACION.

| | |
|---|--|
| <p>REVISADO POR: (AREA/CARGO/FIRMA)</p> <p align="center">Solomon Abel Asistente Co-director Nacional Consortio CDM Smith - INGESAM</p> | <p>APROBADO POR: (AREA/CARGO/FIRMA)</p> <p align="center">Robert Gaudes Director Internacional de la Consultoría Consortio CDM Smith - INGESAM</p> |
|---|--|

©2016 CDM SMITH. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: DOCUMENTOS Y DISEÑOS SUMINISTRADOS POR EL SERVICIO PROFESIONAL, INCORPORADOS EN ESTE DOCUMENTO, SON PROPIEDAD DE CDM SMITH Y EAB, NO SERÁN UTILIZADOS, NI TOTAL NI PARCIALMENTE, PARA CUALQUIER OTRO PROYECTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CDM SMITH Y/O EAB.

PRODUCTO 11. INFORME DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

APROBACIÓN DEL INFORME

| | |
|---|--|
| <p>Robert Gaudes Director Internacional de la Consultoría Consortio CDM Smith - INGESAM</p> | <p>Fernando Silva Director de la Interventoría Unión Temporal Canoas</p> |
| <p>Reinaldo Pulido Supervisor del Contrato de Consultoría N° 1-02-25500-0690-2011 Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá</p> | |



**EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE
BOGOTÁ E.S.P.**

CONTRATO No. 1-02-25500-0690-2011

**REALIZAR EL DISEÑO A NIVEL DE INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DE "CANOAS" EN LOS COMPONENTES ASOCIADOS AL SISTEMA DE
TRATAMIENTO PRIMARIO CON ASISTENCIA QUÍMICA**

PRODUCTO No. 11

**INFORME ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
Versión Final**

Preparado por:
CONSORCIO
CDM Smith - INGESAM SAS

Agosto de 2016

Tabla de contenido

| | | |
|-----------|---|-----|
| Sección 1 | Diseños Geotécnicos de la Fase I de la PTAR Canoas | 1-2 |
| 1.1 | Información del Subsuelo | 1-3 |
| 1.2 | Diseño geotécnico de estructuras | 1-3 |
| 1.3 | Movimiento de tierras y secuencia constructiva | 1-4 |
| 1.4 | Incertidumbres de los Análisis de Ingeniería Geotécnica presentados | 1-5 |

Lista de Anexos

- Anexo 1: Ssedimentadores primarios
- Anexo 2: Tratamiento preliminar
- Anexo 3: Edificios de procesos
- Anexo 4: Tanques digestores y almacenamiento de lodo
- Anexo 5: Edificios de la zona de administración
- Anexo 6: ByPass, efluente final y estructuras complementarias
- Anexo 7: Vías y aledaños
- Anexo 8: Cimentación de tuberías
- Anexo 9: Estudio de respuesta sísmica local
- Anexo 10: Movimientos de tierra

Sección 1

Diseños Geotécnicos de la Fase I de la PTAR Canoas

Los diseños geotécnicos de la PTAR Canoas fueron realizados por CDM-Smith - INGESAM, con la asesoría geotécnica de Ingeniería y Geotecnia S.A.S. y la ejecución de un subcontrato de diseño con la firma Ingeniería y Geoesgos IGR S.A.S.

Durante el desarrollo de la Consultoría se efectuaron reuniones de trabajo multi-disciplinarias del diseñador con el Cliente, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAB), y la Interventoría del proyecto. En dichas reuniones se revisaron los avances de los trabajos de consultoría geotécnica y se acordaron los valores límite para tener en cuenta en los diseños con respecto a los asentamientos totales y diferenciales, y las distorsiones permisibles de las diferentes estructuras del proyecto. Estos valores límite se incluyen en los análisis de asentamiento de cada una de las estructuras.

Es importante notar que por la naturaleza del proyecto, una planta de tratamiento de aguas residuales, los requerimientos que condicionan el diseño geotécnico dependen básicamente del correcto funcionamiento hidráulico y de la resistencia de las estructuras. Esto implicó la necesidad de recomendar obras especiales, tales como rellenos livianos, mejoramiento de los suelos de fundación mediante lechada de concreto inyectado (jet grouting), sistema túnel liner para el ByPass y emisario final. Por otra parte, para poder cumplir con los requerimientos de asentamientos en algunas estructuras se consideró necesario recomendar cimientos profundos (pilotes), con el fin de obtener asentamientos menores a los admisibles.

El presente estudio geotécnico contiene:

- Informe de estudio geotécnico
- Anexos de estudios geotécnicos por zonas:
 - Anexo 1: Ssedimentadores primarios
 - Anexo 2: Tratamiento preliminar
 - Anexo 3: Edificios de procesos
 - Anexo 4: Tanques digestores y almacenamiento de lodo
 - Anexo 5: Edificios de la zona de administración
 - Anexo 6: ByPass, efluente final y estructuras complementarias
 - Anexo 7: Vías y aledaños
 - Anexo 8: Cimentación de tuberías
 - Anexo 9: Estudio de respuesta sísmica local
 - Anexo 10: Movimientos de tierra

Cada uno de los anexos contiene las memorias de cálculo elaboradas para los análisis y los modelos 2D y 3D realizados en las diferentes estructuras.

1.1 Información del Subsuelo

Para obtener la información básica de perfiles del suelo y propiedades y parámetros del suelo (de resistencia al corte, compresibilidad, deformabilidad y permeabilidad) CDM-Smith INGESAM efectuó un programa detallado de exploración del subsuelo, ensayos in situ (de campo) y ensayos de laboratorio.

En total en el Producto 7 se perforaron 1289,15 metros en terreno (con ensayos de penetración estándar y ensayos de resistencia con veleta), 1260,7 en suelo y 28,45 metros en roca meteorizada. También se realizaron 389,76 metros de sondeos con CPTu (Cone Penetration Test), 206 metros de sondeos con DMT (Dilatometer Marchetti Test), ensayos geofísicos: 166 metros de Down Hole y líneas de refracción sísmica.

En el lecho y los bordes del jarillón del Río Bogotá se ejecutaron 106 metros de perforación para verificar el material que compone tanto el fondo como los taludes del jarillón aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga de la PTAR Canoas.

Además se instalaron piezómetros abiertos y con celda de Casagrande para monitorear el nivel de las aguas subsuperficiales.

En el laboratorio se efectuó una inspección geológica y geotécnica detallada de todas las muestras, para hacer una selección de muestras representativas sobre las cuales se efectuaron ensayos de identificación y clasificación (límites de plasticidad, peso, humedad y granulometría), ensayos de resistencia al corte (compresión confinada, ensayos triaxiales consolidados no drenados y ensayos triaxiales cíclico), ensayos de compresibilidad (consolidación unidimensional) y ensayos de expansión en consolidómetro.

Con el fin de evaluar la presencia de minerales expansivos se efectuó un programa de ensayos mineralógicos de muestras representativas.

Los resultados de los ensayos de campo y laboratorio se interpretaron en conjunto con la descripción geológica con el propósito de definir los perfiles típicos de suelo, con sus propiedades respectivas, para el diseño geotécnico de las diferentes estructuras del proyecto.

Se deberá entregar una copia al Contratista de los productos 2. Trabajos de campo para ingeniería preliminar de enero de 2014 y del Producto 7 Trabajos de campo para ingeniería de detalle de agosto de 2015. En estos productos se presentan todos los trabajos de campo y laboratorio realizados para la caracterización geotécnica del suelo de la zona del proyecto de la PTAR Canoas – Fase I.

1.2 Diseño geotécnico de estructuras

Para efectuar el diseño geotécnico de las cimentaciones de las diferentes estructuras de la PTAR Canoas – Fase I, estas se subdividieron en grupos de estructuras de acuerdo con su localización dentro de la PTAR y de su función como se explica más adelante.

El consorcio CDM Smith - INGESAM efectuó el diseño de las estructuras más grandes del proyecto, los sedimentadores (Anexo 1). Este diseño se realizó con ayuda de la oficina principal de CDM Smith en los Estados Unidos de América. De igual forma el Consorcio CDM Smith – INGESAM desarrolló los diseños

de la cimentación de los tanques más pesados y altos, que corresponden a los digestores y tanques de almacenamiento de lodos (Anexo 4)

Ingeniería y Georriesgos IGR S.A.S., bajo la dirección de CDM Smith INGESAM, ejecutó los diseños de los siguientes conjuntos de estructuras, agrupadas en los siguientes productos:

- Estructuras de la zona de procesos
- Estructuras de tratamiento preliminar
- ByPass, efluente final y estructuras aledañas
- Estructuras de la zona de administración
- Vías y aledaños
- Cimentación de tuberías- Diseño de cimentación de tuberías

La firma JEOPROBE., bajo la dirección de CDM Smith - INGESAM, realizó el estudio de respuesta local de la zona de la PTAR Canoas que se presenta en el Anexo 9. Estudio de respuesta local

1.3 Movimiento de tierras y secuencia constructiva

- a) A continuación se describe los criterios adoptados y las recomendaciones con respecto a la secuencia constructiva de las excavaciones y rellenos del proyecto.
- b) Se debe realizar un descapote general de todo el predio de la Fase I.
- c) Las excavaciones abiertas más profundas y de mayor volumen se deben realizar primero.
- d) Las excavaciones para movimientos de tierras se deberán ejecutar en dos etapas, y siguiendo la secuencia descrita en el presente documento.
- e) La secuencia constructiva recomendada obedece exclusivamente a los resultados de la modelación geotécnica tridimensional (3D), presentada en el Anexo 1 y Anexo 2 del estudio de suelos, mediante las técnicas de los elementos finitos y las diferencias finitas, en la cual se evaluaron las obras necesarias para cumplir con los límites de asentamientos totales y diferenciales, para un periodo de diseño de 50 años.
- f) En los informes de diseño geotécnico del Producto 11, Ingeniería de detalle al 100%, se presentan los criterios de diseño, la caracterización geotécnica y los límites de asentamiento para cada estructura.
- g) En caso que en obra se efectúen modificaciones a la secuencia constructiva del movimiento de tierras recomendada en este informe, se deberá evaluar el impacto de dichas modificaciones en las deformaciones de los suelos de fundación de las estructuras del proyecto. En cualquier caso, se deberán cumplir con los límites de asentamientos totales y diferenciales especificados por CDM Smith - INGESAM para cada estructura para un período de operación de 50 años. La evaluación de las modificaciones a la secuencia de construcción las debe realizar el especialista en Geotecnia del constructor, y dichas modificaciones deberán ser aprobadas por la EAB y la Interventoría de Construcción.

- h) En los planos civiles del movimiento de tierras C-00-101 a C C-00-129 se presenta las tres plataformas siguientes:
- Plataforma I: Contiene las estructuras de tratamiento preliminar desde la Cámara Inicial hasta la Cámara de Mezcla Rápida.
 - Plataforma II: Comprende las estructuras de sedimentación primaria y obras complementarias.
 - Plataforma III: En esta plataforma quedan localizadas las estructuras y edificios de Procesos para el Tratamiento de Lodos.
 - Por otra parte, aunque no se presenta en los planos de movimiento de tierras, existe una excavación subterránea lineal para la construcción del ByPass, el efluente final y las estructuras complementarias, localizadas a lo largo del trazado del ByPass.
- i) Los planos de movimientos de tierras (C-00-101 a C-00-129) indican dos etapas de excavación para cada plataforma.
- j) La secuencia de la ejecución del movimiento de tierras y construcción de las diferentes estructuras es la siguiente, de acuerdo con las etapas de excavación presentadas en los planos de movimientos de tierras (C-00-101 a C C-00-129):
- La Plataforma II, del área de los sedimentadores, es la primera para ser excavada. En esta plataforma, en la etapa 2, se efectuarán las excavaciones verticales en la huella de los dieciséis (16) tanques sedimentadores.
 - Una vez se complete el 50% de la excavaciones de la Plataforma II, se procederá a efectuar las excavaciones de la Plataforma I.
 - Después de que se finalicen las excavaciones de las etapas 1 y 2 de la Plataforma II se puede efectuar la excavación general y las excavaciones locales de la Plataforma III.
 - La construcción del By Pass se realizara después de efectuar el 100% de las excavaciones generales de las Plataformas I, II, y III, con el fin de que la estructura del ByPass no experimente las grandes deformaciones que producirán las excavaciones generales.
 - En todas las tres plataformas, se efectuará primero la etapa de excavación general, y después se ejecutarán, en una segunda etapa, las excavaciones temporales locales de las estructuras. La estabilidad de dichas excavaciones locales temporales es responsabilidad del constructor.

En el Anexo 10. Movimiento de tierras se presentan los análisis y modelaciones realizadas para la estabilidad de excavaciones temporales y definitivas.

1.4 Incertidumbres de los Análisis de Ingeniería Geotécnica presentados

A continuación se describen las limitaciones en cuanto a la incertidumbre de los diseños geotécnicos efectuados para la PTAR Canoas.

Los suelos son materiales discontinuos (tienen espacios vacíos), heterogéneos (sus propiedades mecánicas cambian de punto a punto), anisotrópicos (en un mismo punto las propiedades mecánicas

cambian según la dirección en que se midan), y tienen un comportamiento esfuerzo-deformación no lineal – no elástico.

Los métodos convencionales de análisis, aceptados en la práctica de la Ingeniería Geotécnica, asumen alguna, algunas o todas de las siguientes simplificaciones respecto al comportamiento mecánico de los suelos: material continuo, homogéneo, isotrópico y comportamiento esfuerzo-deformación lineal-elástico.

Por consiguiente, es de esperar que existan discrepancias entre las predicciones efectuadas con dichos métodos de análisis y el comportamiento real medido de los suelos.

En consecuencia, todos los cálculos que se realizan en Geotecnia implican algún grado de incertidumbre. Debido a la complejidad del comportamiento mecánico esfuerzo-deformación real de los suelos, la incertidumbre en los cálculos de deformaciones (asentamientos y desplazamientos laterales de las estructuras) es mayor que la incertidumbre en los cálculos de estabilidad (capacidad portante del suelo de cimentación y cálculos de estabilidad de estructuras de contención).