

**“DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y DE
EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN DEL PROYECTO TORRES DEL
BICENTENARIO”**

ERIKA VIVIANA CELIS DIAZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2012

**“DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y DE
EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN DEL PROYECTO TORRES DEL
BICENTENARIO”**

ERIKA VIVIANA CELIS DIAZ

**Trabajo de grado realizado en la modalidad de práctica empresarial como
requisito para recibir el título de Ingeniera Civil**

Director de Proyecto de Grado:

Ing. WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

Docente de Planta Escuela de Ingeniería Civil – UIS

Director de la Práctica

Arq. NELLY RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

CONSTRUCCIONES O&P S.A.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2012

*DEDICO MI TRABAJO DE GRADO A DIOS POR DARMÉ LA FUERZA Y EL
CORAJE PARA HACER ESTE SUEÑO REALIDAD POR SER MI PADRE Y
CONFIDENTE, Y REGALARME CADA MARAVILLOSO DÍA PARA CUMPLIR
CADA UNA DE MIS METAS.*

*A MIS PADRES QUIENES HAN LUCHADO TODA SU VIDA POR MI
BIENESTAR Y EDUCACIÓN, SIENDO ELLOS EL APOYO INCONDICIONAL
PARA MI REALIZACIÓN HOY COMO PROFESIONAL. DEPOSITANDO SU
ENTERA CONFIANZA EN MI PARA RESOLVER CADA RETO QUE SE ME
PRESENTABA AL TRANSCURRIR EL TIEMPO, SIN DUDAR EN UN SOLO
INSTANTE DE MI INTELIGENCIA Y CAPACIDAD.*

*A MI NOVIO LUIS CARLOS QUIEN CON SU FORMA DE SER Y DE ACTUAR
SE CONVIRTIÓ EN OTRO MOTIVO PARA MEJORAR MI CALIDAD DE VIDA Y
PARA VIVIRLA A SU LADO, GRACIAS POR SER MI APOYO INCONDICIONAL
Y POR TODO EL AMOR QUE ME BRINDAS.....TE AMO*

*Y GRACIAS A TODAS LAS PERSONAS QUE DIRECTA O INDIRECTAMENTE
ME BRINDARON SU APOYO Y COLABORACIÓN PARA EL BUEN RESULTADO
DE ESTE PROYECTO*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, por guiarme por el mejor camino, darme fuerzas y no desfallecer ante los problemas. Gracias por brindarme los medios para realizar mis estudios de Ingeniería Civil y para llegar a la culminación de mi carrera.

A mi Madre Myriam Díaz, por todos sus cuidados y gran amor que se mantienen a pesar de los años, de los problemas y las angustias pues entre las dos los hemos superado. Gracias a ti hoy cumpla unos de los sueños que soñamos juntas durante todo el tiempo de mi carrera, porque tú te esforzaste para enseñarme valores y hacer de mí una persona íntegra y responsable, queriendo ver en mí realizados tus sueños frustrados. Porque estas incondicionalmente a mi lado, tus brazos siempre se abren cuando necesito un abrazo, tu corazón sabe comprender cuando necesito una amiga, tu fuerza y tu amor me han dirigido por la vida y me han dado las alas que necesitaba para volar. Porque cuando me sentí sola y creí desfallecer fue en ese tiempo cuando más cerca de mi corazón te sentí y con todo tu amor me sostuviste.

A mi Padre Rubén Darío Celis, a pesar de no ser yo una persona demostrativa de mi cariño, para mí has sido un ejemplo de vida, de crecimiento de evolución. Un hombre que ha sabido enfrentar momentos difíciles en su vida como la muerte de sus seres más queridos. Pero a pesar de todo eso seguiste en pie, firme como un roble, mi padre querido para mí mi más sincero agradecimiento por haber contribuido a ser lo que hoy ves en mí.

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, por ser mi escuela, por brindarme sus espacios y profesores para mi formación profesional en el campo de la Ingeniería Civil.

A la empresa Construcciones O&P S.A. por permitir la realización de este proyecto en una de sus obras en construcción y poder practicar lo aprendido en la universidad en el ejercicio de la vida real.

A todos mis compañeros y profesores de la Escuela de Ingeniería Civil, quienes compartieron junto a mí, todos los fracasos y triunfos, y que estuvieron siempre hay conmigo apoyándome.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	17
2.1 RESEÑA HISTÓRICA	17
2.2 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	17
2.3 MISIÓN	18
2.4 VISIÓN	18
2.5 POLÍTICAS CORPORATIVAS	18
2.5.1 Política de calidad	18
2.5.2 Política de responsabilidad social empresarial	18
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO “TORRES DEL BICENTENARIO”	20
3.1 UBICACIÓN	21
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	22
3.3 DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DEL PROYECTO	22
3.4 ESPECIFICACIONES GENERALES:	23
3.4.1 Movimiento de tierra	23
3.4.2 Estudio de suelos.	24
3.4.3 Excavaciones y cimentación	33
4. ACTIVIDADES QUE SE REALIZARON DURANTE EL TIEMPO DE PRACTICA	41
4.1 PARTICIPACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE ACTAS DE VECINDAD	42
4.2 SUPERVISIÓN DE MOVIMIENTO DE TIERRA	43
4.3 EXCAVACIONES PARA LA CIMENTACIÓN	44

4.4 ELABORACION DEL FILTRO	44
4.5 CIMENTACIÓN	45
5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y DE EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN (Aporte Personal)	46
5.1 EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE MOVIMIENTO DE TIERRA	46
5.1.1 Planeación	46
5.1.2 Estudio de planos	47
5.1.3 Cantidades de obra	48
5.1.4 Programación	49
5.1.5 Planos de trabajo	50
5.1.6 Cotizaciones	51
5.1.7 Presupuesto	51
5.1.8 Contratación	51
5.1.9 Ejecución de la actividad	52
5.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE LA EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN	63
5.3 REPLANTEO Y LOCALIZACIÓN	65
5.3.1 Procedimiento para la ejecución.	65
5.4 EJECUCIÓN DE LAS EXCAVACIONES	66
5.4.1 Procedimiento para la ejecución.	66
5.5 EJECUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN	72
5.5.1 Procedimiento constructivo de la cimentación	73
6. CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Proyecto torres del Bicentenario	20
FIGURA 2. Localización general proyecto torres del bicentenario,	21
FIGURA 3. Movimiento De Tierra	23
FIGURA 4. Excavaciones para Cimientos	33
FIGURA 5. Movimiento de tierra	43
FIGURA 6. Nivel Freático	45
FIGURA 7. Trabajos de cimentación	45
FIGURA 8. Levantamiento topográfico	53
FIGURA 9. Ejecución movimiento de tierras	54
FIGURA 10. Remoción de estructuras existentes	54
FIGURA 11. Instalación del campamento	55
FIGURA 12. EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA,	56
FIGURA 13. NIVELES DE EXCAVACIÓN,	57
FIGURA 14. Cargue material removido	58
FIGURA 15. Excavaciones para cimentación	64
FIGURA 16. Caballete	66
FIGURA 17. Cota de excavación del ciclópeo	68
FIGURA 18. Ciclópeo	68
FIGURA 19. Instalación motobomba	69
FIGURA 20. Equipo de protección personal	71
FIGURA 21. Cota de cimentación	75
FIGURA 22. Suelo de cimiento	76
FIGURA 23. Zapata en t invertida	77
FIGURA 24. Solado pobre	77
FIGURA 25. Ciclópeo	78
FIGURA 26. Refuerzo de la cimentación	79

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. Propiedades Del Suelo	30
TABLA 2. Factores De Seguridad	30
TABLA 3. Rendimientos maquinaria (Retroexcavadora)	40
TABLA 4. Causas frecuentes que afectan las excavaciones	70

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Plano Geológico General	83
ANEXO B. Características y Localización de los Sondeos	84
ANEXO C. Plano de Localización de Sondeos	85
ANEXO D. Fotografía de los sondeos realizados en campo	86
ANEXO E. Ensayos de Laboratorio	87
ANEXO F. Resultado de Sondeo 1	88
ANEXO G. Tablas de interpretación de resultado de sondeos	90
ANEXO H. Análisis de Estabilidad de Laderas, Proyectos Torres del Bicentenario	91
ANEXO I. Tabla. Profundidades a las cuales aparece suelo competente	92
ANEXO J. Control Cargue de Volquetas (11 de Noviembre de 2011).	93
ANEXO K. Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos	94

RESUMEN

TITULO: DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y DE EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN DEL PROYECTO TORRES DEL BICENTENARIO*

AUTOR: ERIKA VIVIANA CELIS DIAZ**

PALABRAS CLAVES: Excavación, Movimiento de Tierra, Cimentación, Filtro Francés, Explanación, Terraplenes, Estudio de Suelos.

DESCRIPCIÓN

En este documento se plasma las funciones desarrolladas por el autor en la práctica empresarial realizada en el proyecto Torres del Bicentenario en el cargo de auxiliar de ingeniería civil. Con la información recopilada en el transcurso de la práctica se realizó una descripción de los procesos de Movimiento de Tierra y de excavación para la Cimentación, con el objetivo que la persona responsable de supervisar estas dos actividades tenga una guía para realizar su trabajo en menor tiempo y de una manera más organizada.

En los primeros capítulos se describen los objetivos que se desearon alcanzar al desarrollar la práctica, después se encuentra una reseña de la constructora dueña del proyecto. A continuación se hace una descripción del proyecto Torres del Bicentenario, el estudio de suelos que se realizó al lote y en el cuarto capítulo se hizo un resumen de las actividades realizadas en la práctica.

Finalmente se encuentra el aporte personal realizado por el autor, que consistió en la descripción de los procesos de Movimiento de Tierra y de Excavación para la Cimentación, esto con el objetivo de dejar un manual que resuma las funciones de un ingeniero residente y todas los inconvenientes que se pueden presentar en la ejecución de estas dos actividades, tales como la lluvia que impide la entrada de las volquetas al terreno del proyecto, el derrumbe de los taludes por cambios en temperatura, la falta de maquinaria para la remoción de tierra y la presencia de nivel freático en el suelo entre otros.

* Proyecto de grado

** Facultad Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro. Codirector: Arq. Nelly Rodríguez Rodríguez

ABSTRACT

TITLE: DESCRIPTION OF THE PROCESS OF EARTH MOVING AND DIGGING FOR FOUNDATION IN THE PROJECT TORRES DEL BICENTENARIO

Author: ERIKA VIVIANA CELIS DIAZ**

KEY WORDS: Excavation, Earthmoving, groundwork, French Filter, flatwork, Earthworks, and Soil Studies.

DESCRIPTION

This document presents all the functions performed by the author during the development of the business practice in the Bicentennial Towers project, while held the position of auxiliary of civil engineering. The information collected during the practice allowed a detailed description of the processes of Earth moving and excavation for the groundwork, in order that the person responsible for overseeing these activities can carry them out efficiently.

The first chapters describe the objectives that pretended to achieve along the practice; immediately there is a review about the owner of the construction project. After that, there is a description of the Bicentennial Towers project, the soil survey that was made to the construction area and in the fourth chapter; there is a summary of activities performed in practice.

Finally there is the personal contribution made by the author, who was the description of the processes Earthmoving and Excavation for the Groundwork, this with the objective of leaving a manual outlining the duties of a resident engineer and all the drawbacks that may arise in implementing these activities, such as rain, which hinders the entry of the dump trucks to the project site, the collapse of the banks due to changes in temperature, or the lack of machinery for the removal of ground and the presence of phreatic level on the floor among others.

* Draft grade

** Physico-Mechanical Faculty. School of Civil Engineering. Director: Wilfredo del Toro. Co: Arch Nelly Rodriguez Rodriguez

INTRODUCCIÓN

Es de resaltar el afán de los seres humanos por dar pasos agigantados hacia adelantos científicos, tecnológicos, urbanísticos y demás que los conlleve a transformar y satisfacer las necesidades de resolver la problemática que afecta directamente a la sociedad en sus actividades cotidianas.

Esta es la razón de ser de la Ingeniería Civil, el alcanzar un conocimiento que sirva de base para llegar al perfeccionamiento y utilización de técnicas que sirvan de herramienta en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, demostrándose con esto la grandeza del ser humano en la historia.

La Universidad Industrial de Santander en Convenio con la empresa Construcciones O&P S.A., dan la oportunidad a los futuros profesionales en Ingeniería Civil, para que enfoquen su proyecto de grado en la Práctica Empresarial como una opción para aplicar y retroalimentar en un proyecto de la vida real conocimientos obtenidos en las aulas de clase del Alma Mater.

La razón de ser de este proyecto se centra en describir los procesos de movimientos de tierra y de excavación para la cimentación, relatando así las actividades que se realizaran a través de la ejecución del proyecto.

El objetivo general es compilar en un texto, una descripción que transmita al lector conocimientos acerca del movimiento de tierra y de las excavaciones para hacer la cimentación de una construcción, en este caso las estructuras son edificios de dieciocho pisos y parqueaderos que conforman un conjunto cerrado llamado Torres del Bicentenario.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar las actividades correspondientes a un auxiliar residente de Ingeniería Civil, en la construcción del proyecto Torres del Bicentenario, en las actividades que corresponden al inicio de las obras.

El aporte de esta práctica se basa en establecer una descripción de los procesos de movimientos de tierra y de excavación para la cimentación.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudio y análisis de los planos de construcción y del programa de obra.
- Colaborar en el proceso de descapote y preparación del terreno, así como en la fase de replanteo.
- Colaborar en la fase de excavaciones haciendo monitoreo de los rendimientos de los equipos y de las cantidades de materiales removidos.
- Colaborar en la planeación y ejecución de las obras de cimentación de las edificaciones.
- Establecer una descripción de los procesos de movimientos de tierra y de excavación para la cimentación.

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

Construcciones O&P S.A., empresa líder de la región en el sector de la construcción desde 1976 con experiencia en la prestación de servicios de ingeniería y arquitectura aplicados a la gerencia de proyectos de obras, diseño y construcción de obras para los sectores público y privado, así como para la inversión, promoción y comercialización de proyectos urbanísticos y de edificaciones para vivienda, comercio, oficinas e institucionales en el ámbito regional y nacional.

2.2 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Las oficinas de CONSTRUCCIONES O&P S.A., se encuentran ubicadas en la calle 45 # 34-09 en la ciudad de Bucaramanga.

Los proyectos realizados por CONSTRUCCIONES O&P S.A., se encuentran divididos en dos clases tales como:

➤ Proyectos de Vivienda, entre los que se encuentran:

- ❖ Conjunto Residencial el Nogal
- ❖ Conjunto Residencial el Refugio del Parque
- ❖ Unidad Residencial Parque Central
- ❖ Edificio Torre Boulevard

➤ Proyectos Institucionales, entre los que se encuentran:

- ❖ Centro Empresarial Suramericana
- ❖ Hotel y Centro Empresarial Chicamocha
- ❖ Centro Médico Odontológico Comfenalco

2.3 MISIÓN

CONSTRUCCIONES O&P S.A. proporciona a sus compradores soluciones de vivienda cómodas, funcionales y seguras, dentro de un ambiente armonioso con su entorno, construido bajo normas de calidad.

2.4 VISIÓN

CONSTRUCCIONES O&P S.A. llegará al 2020 como una empresa constructora exitosa, con presencia en varias regiones del país, que se distinguirán por el diseño y la calidad de sus obras, que respetarán el medio ambiente con soluciones funcionales e innovadoras de alta valorización.

2.5 POLÍTICAS CORPORATIVAS

2.5.1 Política de calidad. En Construcciones O&P S.A. se orientan las actividades, funciones y procesos a lograr la plena satisfacción de los clientes mediante el cumplimiento de los requisitos y compromisos adquirido con cada uno de ellos.

2.5.2 Política de responsabilidad social empresarial. La empresa interviene activamente en el desarrollo de la comunidad, liderando la cultura, apoyando la educación y favoreciendo políticas de bienestar social.

2.5.3 Política de salud ocupacional. La empresa consciente de la necesidad e importancia de preservar y mejorar la salud de los trabajadores y para dar cumplimiento a las disposiciones contempladas en la Ley 9ª de 1979, el Decreto 614 del 14 de mayo de 1984 y la Resolución 1016 de marzo 31 de 1989, establece el presente programa de Salud Ocupacional, el cual consiste en la Planeación, organización, ejecución y evaluación de las actividades de Medicina Preventiva, Medicina del Trabajo e Higiene y Seguridad Industrial

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO “TORRES DEL BICENTENARIO”

FIGURA 1. Proyecto torres del Bicentenario



Fuente: oyconstrucciones.com/seccion.asp?id=2051

3.1 UBICACIÓN

FIGURA 2. Localización general proyecto torres del bicentenario,



Fuente: Google Earth

El proyecto TORRES DEL BICENTENARIO, se encuentra ubicado en la Carretera Antigua Floridablanca con Calle 113, frente al barrio Niza, en el Municipio de Floridablanca. El acceso al proyecto se encuentra por la calle 112^a, este ingreso es el que quedará para la entrega final del conjunto.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Torres del Bicentenario es un proyecto de vivienda y comercio, que se compone de cuatro Torres independientes de dieciocho pisos cada una, con cuatro apartamentos por piso y dos ascensores por torre. Aparte se encuentran sistemas de parqueaderos cubiertos más una bodega por apartamento, un lobby de acceso, zonas sociales comunes, juegos infantiles, alameda comercial.

La torre uno tiene tres tipos de apartamentos, se diferencian en el área construida son de 62, 70 y 71 mts² las otras tres torres solo tiene apartamentos de 70 y 71 mts².

La construcción del proyecto se ha dispuesto por fases, en la fase I se construirá la Torre 1, el Lobby de acceso, los parqueaderos de visitantes y los pertenecientes a los apartamentos de la torre 1, un local comercial de 500 mts², el Salón Social multifuncional donde funcionará Salón de Reuniones, Cinema, Gimnasio y Salón de Juegos.

La fase II, que contendrá la torre 2, la construcción de las piscinas, la zona de juegos infantiles, los parqueaderos pertenecientes a dicha torre.

La fase III, donde se construirá la torre 4, la habitación de depósito de basuras y los parqueaderos correspondientes a esta última torre.

3.3 DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DEL PROYECTO

El proyecto Torres del Bicentenario consta de 288 apartamentos, que se encuentran distribuidos en 4 torres de 18 pisos por torre, para un total de 72 apartamentos por torre. Cada torre posee 4 apartamentos por piso uno de 70 M² otro de 71 M² y otro de 61 M².

En las zonas comunes del proyecto se construirá un lobby de acceso al conjunto, un salón social con gimnasio, zona de juegos y cinema, zona de juegos infantiles, plazoletas comunales, estacionamientos para cada apartamento y 30 estacionamientos para visitantes además de estacionamientos para discapacitados todos cubiertos, un cuarto de depósito de basuras, dos piscinas una de adultos y otra de niños.

3.4 ESPECIFICACIONES GENERALES:

3.4.1 Movimiento de tierra

FIGURA 3. Movimiento De Tierra



Fuente: El Autor

3.4.1.1 Sinónimos: Explanación, Excavaciones y Terraplenes, Cortes y Llenos.

3.4.1.2 Definición: El Movimiento de Tierra responde al procedimiento en el que se afloja material de la corteza terrestre, conduciéndolo de su localización a un

depósito o botadero. Este procedimiento se lleva a cabo con el objeto de moldear el terreno en el que se quiere construir.

3.4.1.3 Materiales:

➤ El Suelo:

Se encuentra formado por una mezcla entre minerales, materia orgánica, bacterias, agua y aire. Por una parte el suelo se compone de materia orgánica que se deriva de la acumulación de plantas destruidas y resintetizadas parcialmente y de los residuos animales, y por otra de partículas Inorgánicas tales como grava, arena, limo y arcilla.

Dos materias que permiten el estudio de un suelo, son la Mecánica de Suelos y la Geología, por medio de estas se puede determinar la naturaleza del suelo y al relacionar este estudio con un análisis matemático se puede conocer la estabilidad que presenta el suelo ante la obra a realizar.

3.4.2 Estudio de suelos. En el momento en el que se desea construir una edificación sobre un terreno se debe hacer con anterioridad un estudio por parte de un ingeniero especialista en suelos. Este estudio pretende analizar la capacidad soporte del terreno por medio de ensayos que se realizan tomando muestras a diferentes profundidades y sitios en el plano, ya tomadas las muestras en campo se dirigen a un laboratorio para su respectivo estudio y así determinar clasificación, composición, resistencia y diferentes estratos que componen el suelo.

3.4.2.1 Estudio Geotécnico y Estabilidad de Excavaciones

➤ Investigaciones Preliminares

Se realizó una visita de inspección preliminar al lote estudiado con el objeto de determinar las características físicas, geológicas y geotécnicas generales del lote

y las limitantes geotécnicas principales; y en esta forma programar los trabajos de campo y de laboratorio.

Se investigaron los textos y planos del estudio de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga realizado por Ingeominas y los estudios geotécnicos realizados por Geotecnología S.A.S., en las zonas cercanas al lote estudiado.

➤ **Localización del lote:**

El lote se encuentra localizado en la calle 112 sobre la vía antigua a Floridablanca, en el barrio La Castellana, del municipio de Floridablanca – Santander; limita por el norte con viviendas del barrio El Dorado, al sur con la vía antigua a Floridablanca, al oriente con el conjunto residencial La Castellana y al occidente con el barrio El Dorado.

El lote funciona actualmente como parqueadero.

Área aproximada del lote estudiado: 7.500 metros cuadrados.

➤ **Características Físicas del lote**

• **Características topográficas:**

El lote está localizado en el sector sur de la meseta de Bucaramanga sobre un relleno de espesor variable hasta de 5.0 metros, el cual se encuentra sobre una ladera.

En el lote no se observan escarpes ni gradas que indiquen movimientos importantes.

- **Clima**

Floridablanca se localiza ecológicamente en el bosque seco tropical con transición al fresco húmedo premontano. El piso térmico sobre el cual se encuentra la ciudad de Floridablanca, es templado con variaciones importantes de temperatura.

Las principales características del clima de la zona son las siguientes:

- Temperatura: Floridablanca presenta una temperatura media de 24° C con 23.7°C en la parte norte de la terraza y 24.3° C en la parte sur más cerca de Girón.
- Precipitación: La lluvia en la ciudad de Floridablanca se caracteriza por presentar un comportamiento anual bien definido así: Un período seco inicial bastante fuerte durante los meses de Enero, Febrero y parte de Marzo, luego se presentan dos período lluviosos entre Abril y Junio y luego entre Septiembre y Noviembre con un período seco intermedio entre Julio y Agosto, donde se presentan algunas lluvias importantes. La precipitación anual promedio es de 1.130 mm.

- **Drenaje e infiltración**

El drenaje superficial es bueno debido a la pendiente alta del terreno, lo cual facilita la infiltración de la escorrentía.

- **Nivel freático**

El perfil de suelo se considera bien drenado, se encuentra generalmente en estado húmedo y el nivel freático no apareció en los sondeos realizados.

- **Características geotécnicas generales del área (Ingeominas,2001)**

El lote estudiado no presenta amenazas geotécnicas importantes y se clasifica dentro de la zona geotécnica:

- **Zona 3A Limos Rojos del Abanico Aluvial de Bucaramanga**

(Anexo 1. Plano Geológico General)

➤ **SONDEOS Y ENSAYOS DE CAMPO**

Se realizó un sondeo continuo a percusión en tramos de 50 centímetros de longitud realizando ensayos de penetración estándar SPT y cuatro sondeos a rotación realizando ensayos de penetración estándar cada 3.0 metros.

Para la realización del sondeo a percusión se utilizó un equipo operado por un motor de 16 HP, polea y pesa sobre una guía tubular y para los sondeos a rotación se utilizó una broca de punta de diamante.

Número total de sondeos: 5

Ensayos de campo: Penetración estándar (SPT) Norma AS TM D 1586, I.N.V.E. 111.

Tipo de muestras obtenidas: Muestras en tubo partido y muestras de roca a rotación. (Anexo 2. Características y Localización de los Sondeos).

(Anexo 3. Plano de Localización de Sondeos).

(Anexo 4. Fotografía de los sondeos realizados en campo).

➤ **Ensayos de laboratorio**

Las muestras obtenidas fueron transportadas al laboratorio de suelos de Geotecnología S.A.S., en la ciudad de Bucaramanga. Después de descritas las muestras obtenidas en los sondeos se identificaron las muestras típicas y se realizaron ensayos de laboratorio. (Anexo 5. Ensayos de Laboratorio)

➤ **Resultados y Software utilizado en los sondeos**

Software utilizado

Para la descripción de los perfiles de los sondeos se utilizó el Software Geotechnical Graphics versión 5.0. Este Software comercial permite presentar en forma gráfica la información de los sondeos incluyendo los resultados de los ensayos de campo y laboratorio, la formación geológica y la localización de los niveles freáticos. (Anexo 6. Resultado Sondeo 1, tomado como ejemplo). (Anexo 7. Tablas de interpretación de resultado de sondeos).

➤ **Cálculo de Factores de Seguridad de las Excavaciones**

- **Modelo y Software Utilizado:**

Para el análisis del modelo geotécnico se utilizó el software para computador SLOPE/W, Versión 5 de GEO-SLOPE International Ltd, Calgary Alberta, Canadá.

SLOPE/W es un producto de Software que utiliza la teoría de equilibrio límite para obtener los factores de seguridad al deslizamiento de los taludes.

Este programa es una solución gráfica de 32 bits, la cual opera dentro de la interface gráfica de Microsoft Windows.

- **Métodos de análisis**

Aunque el programa permite trabajar con doce diferentes métodos de análisis, para objeto del presente estudio se trabajó conjuntamente con los siguientes cuatro métodos:

- Método ordinario o de Fellenius
- Método Bishop simplificado
- Método de Janbú simplificado

- Método de Spencer

Los resultados de los factores de seguridad se presentan para cada uno de los métodos indicados.

- **Geometría y estratigrafía**

El modelo geotécnico se trabajó con los tipos de material de suelo identificados en los sondeos realizados.

Las propiedades de los suelos fueron obtenidas en el laboratorio de Geotecnología S.A.S., en Bucaramanga.

De igual manera, los espesores de los estratos fueron determinados a partir de los sondeos geotécnicos realizados.

- **Superficies de falla**

Se utilizaron círculos de falla utilizando un sistema de centros de giro y líneas de tangencia, en total se analizaron 1.331 círculos posibles de falla para cada método.

- **Presiones de poros**

Para modelar las presiones de poros se supuso la línea de nivel freático dependiendo de la información obtenida en los sondeos.

- **Propiedades del suelo**

Se utilizó el sistema de parámetros totales de resistencia, de acuerdo al sistema de Mohr-Coulomb obtenidos en los ensayos de Corte Directo Drenado.

TABLA 1. Propiedades Del Suelo

Suelo	Peso unitario KN/m ³	Fricción (°)	Cohesión KN/m ²
Aluvial Abanico Bucaramanga	17.0	30	16

- **Resumen de los factores de seguridad obtenidos**

TABLA 2. Factores De Seguridad

Análisis	F.S. Janbú	F.S. Bishop	F.S. Fellenius	F.S. Spencer
Falla del corte vertical de la excavación, perfil A. Análisis estático.	1.007	0.961	0.988	0.970

(Anexo 8. Análisis de Estabilidad de Laderas, Proyectos Torres del Bicentenario).

➤ **Cálculo de Capacidad Soporte**

- **Criterio de Falla al Cortante**

Para este cálculo se utilizó la ecuación de Terzaghi, que es utilizada tanto para suelos cohesivos como para granulares. En una profundidad de 6.5 m bajo el nivel actual del terreno, el resultado fue:

q admisible = 1380.16 kPa (138.01 Ton/m²) (Criterio de falla al cortante)

- **Criterio de asentamiento**

Para la correlación de la presión admisible del terreno con el N de penetración estándar (SPT), se utiliza la ecuación de Burland y Burbidge (1985), el cual se considera muy confiable para los suelos del abanico aluvial de Bucaramanga.

q admisible = 321.96 kPa (32.19Ton/m²) (Criterio de asentamiento de 2.5 centímetros).

- **Angulo de fricción interna para cálculo de presiones de tierra y estabilidad de taludes**

Para el análisis de resistencia al cortante y presiones de tierra se obtiene el valor del ángulo de fricción interno, utilizando correlaciones con el ensayo de penetración estándar SPT, con las respectivas correcciones.

Angulo de fricción interna para diseño de taludes y muros de contención: 40.1°

- **Angulo de fricción interna al nivel de cimentación**

- **Angulo de fricción interna al nivel de cimentación (41.9°)**

- **Estabilidad general del lote:**

El análisis de las características geológicas y geotécnicas del lote permitió determinar que no existen limitaciones o amenazas geotécnicas importantes que afecten la estabilidad de las cimentaciones del proyecto.

El lote se dividió en dos sectores:

- *Zona donde se construirán las torres.* Se localiza sobre rellenos sueltos con espesor variable de 2.5 a 3.0 metros y por debajo de estos aparecen suelos duros del abanico aluvial de Bucaramanga; En este sector del lote podría plantearse un proyecto cimentando al nivel de suelo competente.
- *Zona donde se construirán los locales comerciales.* Se localiza sobre rellenos de espesor variable de 5.0 a 6.0 metros y por debajo de estos aparecen suelos duros del abanico aluvial de Bucaramanga.

Se debe plantear la cimentación a nivel de suelo competente y para lograrlo se van a requerir recalces o remplazo del suelo utilizando concreto ciclópeo.

El nivel freático no apareció en los sondes realizados; sin embargo, debe tenerse en cuenta que en las temporadas de lluvias los rellenos pueden saturarse en forma no permanente.

La capacidad de soporte del suelo competente por debajo de los rellenos es relativamente alta, pero los mantos subsuperficiales se encuentran sueltos.

- **Capacidad de soporte**

Para el diseño de cimientos a la profundidad de suelo competente se recomienda utilizar una capacidad de soporte de hasta 3.2 Kg/cm² (32 Ton/m²).

- **Tipo de Cimentación**

Se recomienda cimentar sobre zapatas, cimientos corridos o placas de cimentación bajando siempre hasta el nivel de suelo competente. El suelo competente aparece a profundidades variables entre 2.5 y 5.0 metros bajo el nivel actual del terreno.

Se requiere que la estructura de la cimentación sea muy rígida para minimizar los asentamientos diferenciales.

(Anexo 9. Tabla. Profundidades a las cuales aparece suelo competente).

3.4.3 Excavaciones y cimentación

FIGURA 4. Excavaciones para Cimientos



Fuente: El Autor

Se debe tener presente que en la cimentación es donde va a recaer todo el peso de la estructura, por esto se debe buscar un terreno competente para realizar dicha cimentación.

Por lo anterior se deben realizar las excavaciones hasta encontrar terreno firme, así se excave a una profundidad mayor de lo necesario, después se rellena el área hasta donde se necesite, ya sea compactando tierra o haciendo ciclópeo ya que con este último se consigue una resistencia mayor del terreno.

Hay que tener muy presente el tipo de terreno donde se quiere construir, para así determinar el tipo de excavación que se va a realizar.

Después de haber hechos la remoción de arbustos, estructuras, descapote de terreno, se debe hacer los trazados que demarquen las estructuras, dejando testigos claros que sirvan como referencia.

Antes de comenzar a hacer las excavaciones es necesario que se revise con mucho cuidado el replanteo que se realizó y así evitar posibles errores en la construcción.

Las excavaciones pueden hacerse manuales o con máquina, la decisión se toma analizando el tipo de proyecto a realizar, la profundidad que se desee para la excavación, el previo conocimiento del terreno, la resistencia que le están transmitiendo al suelo las construcciones contiguas, el espacio del que se dispone para maquinaria o para la cantidad de obreros necesarios, existencia de fuentes de vibraciones (carreteras, fábricas, etc.), conducciones de agua, gas, alcantarillado y algo muy importante si existe o no nivel freático.

3.4.3.1 Tipos de Excavaciones

- **Excavaciones a cielo abierto:** se clasifican teniendo en cuenta la forma volumétrica
- Excavación de Zapata: pertenece a las excavaciones de pequeñas dimensiones.
- Excavación en zanja: es el caso en el que se necesita abrir una caja estrecha y larga.
- Excavación Amplia: poseen amplias dimensiones, cubriendo o siendo superiores a las dimensiones de la estructura, comúnmente son subterráneas.
- Pozos: poseen formas rectangulares o circulares, y se fabrican con la finalidad de captar agua o para realizar sondeos.

➤ **Excavaciones Abiertas sin presencia de agua:** la estabilidad del suelo es la propiedad más importante para tener en cuenta en el momento de elegir este tipo de excavaciones, otros argumentos para su elección pueden ser el costo, el tiempo en que va a durar la excavación expuesta, y los asentamientos que se van presentando. Que pueden ser:

- Verticales, inclinadas, escalonadas, apuntalados y entibados

➤ **Excavaciones Abiertas con presencia de Agua:** se puede considerar el retiro de agua por bombeo o bajar el nivel freático antes de iniciar los trabajos de excavación. Se debe controlar la presencia de agua ya que esta implica muchas complicaciones tanto en el trabajo diario como en que empiezan a aparecer desprendimientos del terreno debido a que el agua afecta el equilibrio del suelo.

3.4.3.2 Revisión Técnica de Estabilidad de los Cortes: Al realizar el análisis del diseño de las excavaciones debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

➤ De Falla: se refiere al caso en el que las paredes de los taludes colapsan, además de una falla en cimentaciones de las edificaciones vecinas o una falla en el fondo de la excavación por corte en estratos adyacentes.

➤ De servicio: presencia de movimientos horizontales y verticales debido al desprendimiento del terreno. Los valores de dichos movimientos deben ser reducidos para no ocasionar daños en construcciones adyacentes.

➤ **ESTADO LÍMITE DE FALLA**

Este análisis incluye la verificación del estado de los taludes o paredes de las excavaciones y del fondo de estas mismas. El factor de resistencia se elegirá

dependiendo si las excavaciones se involucran o no, con las redes de los servicios públicos.

- **Taludes**

Para tomar la decisión de dejar sin protección las paredes de las excavaciones debe revisarse si la presión del agua del subsuelo no le hace mucha presión a los taludes y si la profundidad de excavación no lo amerita, además de analizar el ángulo de inclinación de dichos taludes, el agrietamiento en la corona de la excavación y la presencia de grietas. Si se trata de un suelo arcilloso se debe saber que estos terrenos pierden su cohesión con el paso del tiempo.

Por otra parte si se utilizan sistemas de protección de los taludes se debe considerar que dichos sistemas aseguren el drenaje adecuado y evite la presencia de presiones hidrostáticas que puedan comprometer tanto la estabilidad del sistema como la del propio talud.

- **Falla por Subpresión en estratos permeables**

Si debemos trabajar en suelos que no posean cohesión es necesario analizar la estabilidad del terreno y del fondo de la excavación debido al flujo de agua.

Para reducir inconvenientes en el trabajo desarrollado en suelos de este tipo, se debe controlar el nivel freático además de extraerse por bombeo en cárcamos, pozos punta o pozos de alivio, dichos pozos deben poseer una profundidad un poco mayor a la de la excavación.

Si encontramos una capa impermeable que descansa sobre un estrato permeable, debe considerarse la presión del agua en este estrato debido a que puede ser la causante del levantamiento del fondo de la excavación.

Espesor mínimo del estrato permeable para que no se presenten inestabilidades en el fondo de la excavación:

$$h_i > (Y_w/Y_m)h_w$$

donde

h_w es la altura piezométrica en el lecho inferior de la capa impermeable;

γ_w es el peso unitario del agua; y

γ_Y es el peso unitario total del suelo entre el fondo de la excavación y el estrato permeable.

Si dicho espesor resulta insuficiente se debe disminuir la carga hidráulica.

La posibilidad de falla de fondo en arcillas blandas por cortante está dada por la siguiente ecuación:

$$P_V + \sum q < S_u N_c / F_{SBM}$$

donde

S_u resistencia no drenada (cohesión aparente) del material bajo el fondo de la excavación, en condiciones no-consolidadas no-drenadas (UU);

N_c coeficiente de capacidad de carga que depende de la geometría de la excavación. Se tomará en cuenta además que este coeficiente puede ser afectado por el procedimiento constructivo;

P_V presión vertical total actuante en el suelo, a la profundidad de excavación;

$\sum q$ sobrecargas superficiales

F_{SBM} factores de seguridad mínimos de la tabla H.2.4-1

(Anexo 11. Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos, Tabla H.2.4-1).

- **Estabilidad de Excavaciones Entibadas o Apuntaladas**

En el caso en que se decida soportar los taludes por medio de algún elemento estructural se debe hacer una revisión de la estabilidad de dichas estructuras por

deslizamiento, falla de fondo y por falla de los elementos que contenga la estructura.

Se evaluará el empotramiento y el momento resistente mínimo de la estructura, que se requieran para poder garantizar la estabilidad.

Dichos elementos deben diseñarse de tal manera que también soporten los empujes y reacciones de los elementos que lo conforman y del apoyo en el fondo de la excavación.

- **Estabilidad de Estructuras Vecinas**

Si se analiza que se va a ocasionar demasiado daño a las cimentaciones vecinas se deben reforzar o recimentar. Dicho soporte del refuerzo depende del tipo del suelo y de la magnitud y localización de las cargas.

En caso de usar anclas temporales se debe verificar que no ocasionen daños de estabilidad ni que induzcan a deformaciones en las cimentaciones adyacentes. Dicho análisis con respecto a las anclas debe incluir la posibilidad de falla por resistencia del elemento tensor. La instalación de estas anclas debe realizarse con estricto control los anclajes deben tener una protección contra la corrosión.

➤ **ESTADO LÍMITE DE SERVICIO**

- **Expansiones Instantáneas y Diferidas por Descarga**

Por medio del análisis de estabilidad se puede estimar la magnitud de los movimientos verticales ocasionados por descarga.

Para poder alcanzar una reducción de dichos movimientos se puede hacer la excavación y la construcción de la cimentación por etapas y así reducir el impacto ocasionado.

3.4.3.3 Maquinaria y Equipo: La maquinaria a escoger para realizar sus funciones en la obra, se determina por medio de la potencia de dicha máquina para que pueda satisfacer los requisitos demandados en la obra.

➤ **Equipo de Corte y Cargue:** se trata del equipo utilizado para el corte del terreno en sitio, entre algunos encontramos:

- **Buldózer:** Esta máquina consiste en una pala niveladora que se encuentra sobre un tractor de orugas, se encuentra dotada de un conjunto de uñas acopladas a un mecanismo hidráulico, su potencia oscila entre 25 y 400 CV. Este tipo de equipo se utiliza en construcciones para remover la capa vegetal ya sea para almacenarla o para cargarla en volquetas.

Rendimientos:

Caterpillar D4	25 – 30 m ³ /hora
Caterpillar D6	50 – 80 m ³ /hora

- **Grúa:** El sistema de esta maquinaria le permite levantar objetos o material y desplazarlo a un nuevo sitio que se encuentre dentro de su radio de giro. Es un equipo poco usado en el movimiento de tierra en las construcciones.
- **Pala-Grúa:** Se compone de una plataforma con mecanismo de impulsión y adherida a una pluma, hace giros a 360°. Poco usada en movimientos de tierra.
- **Retroexcavadora:** consiste en una cuchara o balde que está en el extremo de un brazo hidráulico con el que corta el suelo y transporta el material al equipo de transporte. Esta máquina es la más utilizada actualmente en el movimiento de tierra.

Estimación de rendimientos:

TABLA 3. RENDIMIENTOS MAQUINARIA (RETROEXCAVADORA)

Tipo de retroexcavadora	Vol. balde en Y³	Rendimiento en m³/hora
Retro sobre llantas normal	3/4	10-20
Retro sobre orugas	3/4	20-50
Retro sobre orugas	1	50-100
Retro sobre orugas	1 1/2	100-150
Retro sobre orugas	2	150-250

- **Equipo de Transporte:** es el equipo que se encarga de desplazar el material removido en el sitio a un lugar de almacenamiento.
- Banda Transportadora: muy útil cuando se extrae material en sitios profundos, donde se dificulte el acceso de volquetas.
- Volquetas y Camiones: son utilizados cuando se requiere transportar el material removido a distancias largas hacia los botaderos. Su capacidad varía entre 3 y 12 m³.

3.4.3.4 Tipos de Cimentaciones: Las cimentaciones son clasificadas dependiendo de la profundidad a la que se asientan:

➤ **Cimentaciones Superficiales:**

- Zapatas: como cualquier cimiento garantiza la estabilidad de la estructura, y tiene los siguientes tipos:
 - ❖ Aislada, combinada, continuas bajo pilares o muros, arriostradas, macizas, aligeradas, rígidas, flexibles.

4. ACTIVIDADES QUE SE REALIZARON DURANTE EL TIEMPO DE PRACTICA

Se participó en el inicio de las obras en este proyecto, el cargo se enfocó en realizar las actividades pertenecientes a un auxiliar del Ingeniero Residente, presenciando así la planeación del proyecto pues en este tiempo se cambiaron planos estructurales debido a incumplimientos por parte del contratista. En este orden de ideas se pudo participar de reuniones donde se discutió con el nuevo Ingeniero estructural cambios de materiales en muros o pantallas, en refuerzos de columnas y vigas pertenecientes a los parqueaderos, además de cambios en el área de los apartamentos. Uno de los cambios más relevantes a los que se llegaron fue el de dejar todos los muros de las fachadas en concreto así estos no pertenecieran a muros estructurales, para poder evitar con esto las posibles dilataciones que se presentarían en las juntas constructivas entre el ladrillo y el concreto, pues el primer diseñador estructural dejó los muros no estructurales en mampostería, esto se cambió dejando la totalidad de los muros en concreto.

Además se pudo asistir a reuniones con el Ingeniero que hizo la programación de la obra, reuniones donde se discuten si las actividades programadas se realizaran por contratación directa o subcontratación y así saber costos y tiempos, por otro lado se discuten marcas de materiales y se habla acerca de la manera de selección de los proveedores, y así se puede tener una idea del tiempo que se empleará en la ejecución del proyecto.

Dentro de la práctica empresarial se realizaron actividades tales como la de realizar las Actas de Vecindad, que se trató de elaborar cartas pidiendo citas con las personas dueñas de las viviendas que colindan con el lote donde se realiza el proyecto. Así se hacen unas visitas a las edificaciones, se toman fotos como material de registro del estado actual de la vivienda, se redacta un documento donde se especifica el nombre del proyecto, la constructora, la persona dueña de

la vivienda, y se hace una redacción sobre lo que se vio en los muros y demás estructura que se pueda ver afectada con la construcción del proyecto, para que en un futuro se eviten problemas, o se solucionen daños ocasionados. Estas se entregan a los interesados y se firman encontrándose ambas partes de acuerdo.

Otra de las actividades fue la de supervisión del movimiento de tierra, revisando la maquinaria que tenía acceso a la obra, así como la seguridad social de los operarios de dichas máquinas, con respecto a esta segunda actividad se llevó el conteo de las volquetas que eran cargadas por la retroexcavadora para así tener un control del movimiento de tierra diario, y al final del movimiento poder comparar el volumen de tierra removida con el volumen de tierra que se calculó remover con la topografía, pues el movimiento fue hecho por un contratista y con esto se llevaría la cuenta para su cancelación.

Seguido al Movimiento de tierra, se realizó las excavaciones para la cimentación, empezando por la excavación profunda en el área donde se van a construir los parqueaderos de los visitantes, que son los únicos subterráneos del proyecto, a la par se realizó la excavación de la cimentación de la torre uno. Además se llevó un control fotográfico para tener un soporte de avance en la obra.

4.1 PARTICIPACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE ACTAS DE VECINDAD

Antes de iniciar con la obra se deben realizar documentos donde quede plasmado el estado actual de las viviendas que colindan con el lote del proyecto, por lo tanto se debe redactar en base a una visita y a fotografía tomadas en dicha visita. En este formato queda consignada humedad en muros, grietas presentes en muros, dinteles de puertas, además del tipo de material de los muros, el estado de los techos, el pañete de dichos techos, si en las paredes se encuentran decoraciones en yeso que se puedan ver afectados, y demás consideraciones que se crean pertinentes.

4.2 SUPERVISIÓN DE MOVIMIENTO DE TIERRA

FIGURA 5. Movimiento de tierra



Fuente: el autor

Día a día se lleno un formato diseñado para llevar el control del movimiento de tierra, donde se escribía la capacidad de la volqueta y los viajes realizados por dicha máquina, teniendo así un dato de la cantidad de tierra removida.

Este movimiento se realizó con máquina debido a que el área de tierra era bastante considerable, (24000 M³ en Banca).

Se realizó un seguimiento topográfico, con el cual se replanteaba el terreno, pues al momento de remover la tierra se iba perdiendo los trazos demarcados anteriormente.

Dicho replanteo se realizó con una revisión de los datos obtenidos en las primeras localizaciones topográficas realizadas al inicio de la obra. Esto se realiza

revisando los planos arquitectónicos, así el topógrafo ubica en el terreno las diferentes estructuras que conforman el proyecto.

Se hicieron revisiones periódicas de la profundidad a la que iba la retroexcavadora y así se le indicó al operario de la máquina cuanto debía bajar para llegar a la cota buscada y no dejar que se pase para no tener que rellenar después, debido a que el Movimiento de Tierra se hizo total y después no habría material para rellenar. Las excavaciones del movimiento de tierra se hicieron en niveles diferentes, se trabajaron niveles de 2.50 mts, el siguiente nivel es de 3.29 mts, y el último nivel que se manejó fue el 4.70 mts, se trabajó de esta manera debido a que el diseño se dispuso de esta manera.

4.3 EXCAVACIONES PARA LA CIMENTACIÓN

Las excavaciones realizadas fueron de tipo excavación a cielo abierto, en la única fase en la que se usó maquinaria pesada fue la Fase I del proyecto, las excavaciones se hicieron con maquinaria pesada (Retroexcavadora Caterpillar 320D) hasta una profundidad de tres metros dejando las paredes de la excavación aplomo y que la zanja llegara a una profundidad de suelo competente, la parte superficial donde van ubicadas las zapatas de cimentación en el resto del proyecto se hicieron con herramientas menores tales como pica, pala ó barra, y así se llegó al suelo competente para realizar los cimientos de todas las edificaciones.

4.4 ELABORACION DEL FILTRO

El estudio de suelos no arrojó presencia de nivel freático en ninguna parte del terreno del proyecto, pero al realizar la excavación para el área del sótano de parqueaderos se encontró agua. Para solucionar este inconveniente se elaboró un filtro de tipo Francés de 40*40 cm con triturado de 1 pulgada y un tubo central

perforado de 4 pulgadas, el cual permitió conducir el agua, para poder hacer la cimentación en terreno seco.

FIGURA 6. Nivel Freático



Fuente: El Autor

4.5 CIMENTACIÓN

FIGURA 7. Trabajos de cimentación



Fuente: el autor

En esta parte de la ejecución del proyecto se trazaron los ejes de los elementos como columnas y vigas, por medio del teodolito, se tomó un punto de referencia y al girar el teodolito noventa grados se fue marcando los ejes que en este caso los verticales van del eje ocho al dieciocho y los horizontales del eje i hasta el o. Con dichos ejes los obreros se guían para realizar las excavaciones de las zapatas.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y DE EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN

(Aporte Personal)

Este documento fue elaborado pensando en los futuros ingenieros civiles, para que cuando incursionen en este mundo y lleguen a una obra tengan las bases suficientes para verificar el procedimiento del movimiento de tierra y de excavaciones para la cimentación. Considerando estos dos procedimientos como esenciales e importantes pues necesitan de mucha atención, además de tener que seguir todos los pasos para un mejor resultado.

Mi aporte personal se basa en describir estos dos procedimientos, explicando paso a paso, para que la persona encargada en la obra o el auxiliar del ingeniero residente pueda revisar las obras y sepa como proseguir en la toma de decisiones además de seguir el procedimiento adecuado para no incurrir en desperdicios de tiempo o de recursos.

Con esto me refiero a los permisos que se necesitan para empezar las obras, tales como el permiso de la CDMB para talar árboles y así sembrar de nuevo los árboles que le especifica la corporación para devolver los talados, el permiso en curaduría para comenzar con el movimiento de tierra, las diferentes contrataciones para remover la tierra y para hacer la cimentación entre otros.

5.1 EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE MOVIMIENTO DE TIERRA

5.1.1 Planeación. Antes de empezar con la ejecución de las actividades correspondientes en la obra se debe analizar las labores previas para no permitir errores, trayendo con ellos mayores gastos. Los dos estudios esenciales que se

realizaron en el análisis de este proyecto fueron los de estudio de oficina y la exploración en campo.

En la exploración de campo se realizó una visita al sitio y se recolectaron datos acerca de aspectos que pueden influir en el desarrollo de la obra, como clima, geología, topografía, información social, cultural, técnica, sísmológica, estudios de impacto ambiental, leyes y normas que rigen la región donde se construirá, estado de vías de acceso dejando constancia del estado actual de las vía en este caso estamos hablando de la Calle 112ª perteneciente al municipio de Floridablanca, pues el municipio se encarga de cobrar al constructor los daños ocasionados a dichas vías por la circulación de equipos pesados.

El siguiente paso fue el análisis del retiro de los árboles existentes en el lote del proyecto, para esto se contrató un Ingeniero Forestal para que realizara un levantamiento del lote y se pasó un informe a la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga en dicho informe se especificó el tipo de especies de los árboles existentes y se plantearon los tipos de árboles que iban a reemplazarlos y la cantidad, esta propuesta se basó en las recomendaciones del ingeniero forestal, después de pasada la propuesta la CDMB hizo una visita al sitio de la obra para analizar y corroborar lo que se decía en el informe pasado por parte de la empresa y para realizar su propio análisis, con esta visita aceptaron la especie propuesta pero aumentaron el número de árboles que se tenían que reponer.

Ya analizado lo anterior se buscó el botadero a donde se llevaría el material removido, se verificó que contara con los permisos ambientales y municipales y que quedara cerca de la obra para reducir costos de transporte.

5.1.2 Estudio de planos. Se adelantó un análisis de los planos y se tuvieron muy presentes las especificaciones y requerimientos que pudieran afectar la ejecución de dicha labor. Otra parte importante de este análisis fue el hecho por el ingeniero

responsable acerca del estudio de suelos, este estudio fue elaborado por Geotecnología S.A., esta empresa fue la encargada de realizar el estudio Geotécnico y de estabilidad de excavaciones.

No se presentó la necesidad al comienzo del análisis plantear una solución de bombeo para tratar el nivel freático, debido a que en el estudio de suelos no se encontró.

5.1.3 Cantidades de obra. Al realizar el estudio de los planos se puede calcular las cantidades de obra dependiendo de las fases del proyecto que se van a realizar. Estas cantidades sirven para cuando se contrata una empresa para realizar el movimiento, así tendremos una idea de las maquinarias que se necesitan y del pago que se deberá efectuar al contratista. Para determinar el equipo que se debe usar debemos tener en cuenta la cantidad de material a remover, la capacidad y la cantidad de la maquinaria, que se tenga disposición de esta en el lugar del trabajo, y por medio del estudio de suelos sabemos el comportamiento del material a la hora de realizar las excavaciones.

Ya escogida la máquina de corte que en este caso fue una retroexcavadora de oruga, se debe elegir las volquetas que serán los equipos encargados del transporte del material, y esto se hace dependiendo de la distancia a que se va a desplazar el material, el coeficiente de expansión, la necesidad de reservar material en la obra para futuros rellenos, y la capacidad de las volquetas.

En este paso en el procedimiento de la obra Torres del Bicentenario, el topógrafo realizó un levantamiento topográfico y sacando perfiles del terreno se pudo conocer los volúmenes de tierra a excavar que fue de 24.000 M³ en banca, y éste se multiplico por un factor de expansión de 1.3.

El resultado se comparó con el volumen que cálculo el contratista para efectos del pago de la actividad, siendo él el encargado de poner la maquinaria y la mano de obra necesaria para la realización de esta actividad.

Ya para llevar un conteo diario de remoción de material se hizo un conteo diario de las volquetas que transportaban el material, registrando en formatos las placas de las volquetas, la capacidad pues se trabajaron con volquetas de 8 m³, 15 m³ y 16 m³, este registro fue llevado por parte de la empresa Construcciones O&P S.A. para llevar un control de la tierra removida y así poder hacer los pagos quincenales del movimiento efectuado hasta el día del pago.

5.1.4 Programación. El programa de trabajo se decide después de saber la cantidad de material a remover, así se podrá definir el tiempo empleado en dicha actividad. Para esta obra se contrató al Ingeniero Civil Ernesto Puyana quien programó la totalidad de las actividades que intervinieron en la ejecución del proyecto. El tiempo programado para el movimiento de tierra fue de 45 días aproximadamente.

Esta programación se puede ver afectada por muchos factores los cuales puede ser entre otros:

- Los permisos de remoción de material, en ocasiones se programa la actividad sin tener en cuenta que el permiso todavía se encuentra en trámite por lo que se puede retrasar a causa de una demora o de que los permisos los pueden dar solo para una parte del volumen total de excavación. Este inconveniente se presentó en el inicio de la ejecución del Movimiento de Tierra del proyecto, debido a que la curaduría solo dio permiso para empezar con la excavación del sótano y se demoró en dar el permiso para el resto de las excavaciones.

- Lluvia, es el factor que más ocasionó retrasos en el tiempo, debido a que cuando se presentaron lluvias el terreno se puso pantanoso y la entrada del equipo de transporte se dificultó demasiado pues las llantas de las volquetas quedaban atascadas en el barro. Además de esta situación el lugar de depósito final del material, en este caso el botadero, cerraba sus puertas debido a lo mismo, la entrada a este se dañó pues es camino de trocha.
- Disponibilidad de la Maquinaria, como en este caso se contrató una empresa especialista en esta actividad y de bastante reconocimiento entre las empresas constructoras, además de bastante demanda por parte de estas, las volquetas en ocasiones disminuían, debido a que les tocaba trabajar en diferentes obras. También el daño de la retroexcavadora pues en una ocasión se dañó una de sus uñas y el arreglo tardó un día de trabajo ya que durante toda la ejecución del movimiento de tierra se trabajó con una sola máquina.

5.1.5 Planos de trabajo. Para ejecutar el movimiento de tierra, se hace necesario elaborar planos de trabajo, en los cuales irá plasmado la manera que se desarrollará la obra, vías por donde transitará el equipo de transporte, taludes, rampas de acceso, drenaje.

Este paso se realizó a medida que transcurrió el movimiento de material, pues dependiendo de las necesidades que se iban presentando, el topógrafo le pedía al operador de la retroexcavadora que hiciera rampas de acceso para las volquetas, que dejara terreno inclinado o hacer conducciones con el terreno para permitir la escorrentía cuando se presentaban lluvias. Estos planos no se elaboraron en la obra, solo se seguían indicaciones del Ingeniero residente o del topógrafo por parte de los operarios de las máquinas, cada vez que se presentaba una situación como las que se nombraron anteriormente.

5.1.6 Cotizaciones. Al hacer el reconocimiento del terreno y teniendo calculadas las cantidades de obra se clasificaron las especificaciones por escrito de cómo se deseaba ejecutar la actividad de movimiento de tierra, definiendo cantidades, características, plazos de entrega y calidad del trabajo.

Se decidió realizar una licitación para evaluar las diferentes propuestas hechas por distintos contratistas, en este caso en particular se recibieron cuatro ofertas, las cuales fueron evaluadas bajo los parámetros de tiempos, tipo de maquinaria ofrecida, cantidad de maquinaria disponible, costo de la actividad.

Generalmente las constructoras subcontratan esta actividad con empresas especializadas en el tema, las cuales requieren de equipos costosos y de mano de obra calificada. Este contrato se canceló por unidad de volumen en corte o lleno medido en el sitio. En este caso el contratista corrió con los gastos de maquinaria, mano de obra, botadero.

5.1.7 Presupuesto. Al conocer las especificaciones que se plantearon para definir el contratista, se revisaron las cotizaciones y se compararon los precios unitarios con los precios cotizados, los rendimientos.

El resultado arrojado del anterior estudio se comparó con el presupuesto oficial que se disponía para la actividad y se miraron las diferentes opciones acoplándolas lo mayor posible a lo planificado.

5.1.8 Contratación. Al final de este proceso se realizó la contratación del oferente que más se acercó a lo pedido por la constructora, además de escoger el que mejor trabajo y calidad ofrecía se tuvo en cuenta la maquinaria ofrecida y la mano de obra calificada. El contrato se plasmó por escrito, dejando claros los términos estipulados en la solicitud, las formas de pago, multas, garantías y responsabilidades necesarias.

Evaluando bajo estas condiciones los cuatro proponentes ofrecían buenas propuestas que se ajustaban a lo pedido, pero ganó la licitación, la empresa Saúl Huérfano Afanador, debido a que era el contratista que más cantidad de maquinaria disponible ofrecía para realizar la actividad lo que era un punto a favor debido a que entre más maquinas menos tiempo desarrollando la actividad, además de los costos siendo que fue el que ofreció los costos más bajos para la ejecución de esta actividad.

5.1.9 Ejecución de la actividad

5.1.9.1 Actividades Previas: Ya finalizada la etapa de planeación, se hizo un listado de actividades previas al movimiento de tierra y una verificación del cumplimiento de la ejecución de dichas obras.

A continuación se realiza una descripción de las actividades previas:

- **Topografía:** antes de comenzar con el movimiento de tierra se realizó un cuidadoso levantamiento planimétrico, altimétrico y un replanteo, en dicho replanteo se realizó una materialización de los planos constructivos en el terreno, el topógrafo ubico los límites de la obra, los ejes y niveles de las excavaciones y estableció el nivel de referencia en base a cotas reales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, esto se realizó con el objetivo de tener una idea del volumen de material que se iba a excavar y poder definir las líneas de corte sus taludes y cotas, y en base al plano del proyecto ya definido ubicar y materializar los ejes para definir los centros de columnas. El siguiente paso fue reajustar la posición de las estacas las veces que se hizo necesario.

- Herramientas, materiales y equipo:
 - Estacas, mojones, clavos.
 - Teodolito, cinta, nivel, mira y jalones
 - Mano de obra del Topógrafo y el ayudante

FIGURA 8. Levantamiento topográfico



Fuente: el autor

- **Desmante y limpieza:** en esta actividad se procedió a remover la primera capa del terreno, que comúnmente se trata de arbusto y escombros de estructuras anteriores, dicho desmante se ejecutó con una retroexcavadora Caterpillar 320D. En el caso del terreno del proyecto tenía una capa de asfalto pues el terreno se usaba como parqueadero y una capa de maleza vegetal, que se retiró con una retroexcavadora.

FIGURA 9. Ejecución movimiento de tierras



Fuente: El Autor

FIGURA 10. Remoción de estructuras existentes



Fuente: El Autor

- Revisión de la topografía y restitución de estacas: ya realizado el desmonte se pierden algunas estacas por lo que se volvió a realizar el levantamiento y reubicar las estacas perdidas o averiadas por la máquina.
- Instalación de campamento: el área donde va ubicado el campamento se definió mirando los planos arquitectónicos, al analizarlos se definió el área que

iba a ocupar y el espacio donde iba a ir ubicado. Se decidió que el campamento se colocaría en un lugar que no se trabajaría en la primera fase de construcción del proyecto. La construcción y colocación del campamento estuvo a cargo de la empresa García Vega. El material utilizado en la elaboración fue teja de Zinc, se decidió así por su costo y fácil manipulación.

FIGURA 11. Instalación del campamento



Fuente: El Autor

- Control topográfico de secciones descubiertas: en esta parte se controlaron los volúmenes de material removido hasta el momento, para eso el topógrafo midió las alturas de excavación con ayuda de una mira y el nivel, y así se definió la cota a la que se encontraban y se calculó la cantidad de material que se ha excavado para comparar con lo proyectado anteriormente.

5.1.9.2 Proceso del Movimiento de Tierra

- Explanación: esta actividad se trata de la primera en el movimiento de tierra. Se elaboraron pendientes, desmonte y terraplenes y así se niveló el suelo. En este caso entra a jugar el papel importante de la altimetría, para lo cual se

tomó una cota de referencia como por ejemplo la 1002,5 y se realizó la diferencia entre las cotas de los puntos tomados y el punto de referencia, sumándola o restándola dependiendo del caso. Gracias a la altimetría se pudo hacer la representación del relieve del terreno, haciendo una cuadrícula de 10 m por 10 m para sacar perfiles hallar sus áreas y enfrentar uno con otro y así calcular el volumen de tierra, este procedimiento se realizó con la ayuda del teodolito para hacer la cuadrícula y el nivel de precisión para tomar alturas. El error de estos levantamientos puede ser por los instrumentos usados en dicho proceso, en este caso se usó:

- Mira de mano
 - Nivel para dirigir visual
-
- Excavación con retroexcavadora:

FIGURA 12. EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA,



Fuente: El Autor

La retroexcavadora es la maquinaria más utilizada para la labor de excavación, pues ésta puede realizar cortes muy exactos sin pasarse de los límites demarcados. Además su trabajo es eficiente así el fondo de la excavación se trata de material desfavorable como lodo, piedra o afloramiento de roca.

Al trazar los límites de la excavación éstos no deben ser exactos pueden correrse unos centímetros por fuera de los trazos correspondientes, aunque cuando se trata de un terreno con textura uniforme como el que se trabajó en el proyecto se puede hacer un trabajo muy preciso. Además de tener puestas estacas en las esquinas del área a excavar se colocaron estacas en las partes medias de la zona como guía a lo largo de la línea de excavación y así se le facilitó el trabajo al operador de la máquina.

Las excavaciones que se desarrollaron en el proyecto Torres del Bicentenario, se realizaron con la retroexcavadora Caterpillar 320D, empezando a excavar del este hacia el oeste recorriendo todo el terreno. Como las excavaciones se hicieron por niveles se comenzó por el nivel más bajo que fue el de 2.5 mts, a este nivel se encuentra la alameda comercial y la torre uno.

FIGURA 13. NIVELES DE EXCAVACIÓN,



Fuente: El Autor

Y se fue subiendo a las terrazas de 3.29 y 4.70 M, de abajo hacia arriba y de derecha a izquierda. Continuamente se realizaron revisiones de alturas con el

nivel y la mira para así indicarle al operador de la máquina cuanto más debía excavar o si ya no era necesario continuar removiendo material en ciertos puntos. El rendimiento de la máquina utilizada en la obra fue relativo debido a los inconvenientes que se presentaron a lo largo de la excavación, pero en los días en que fue constante la excavación y trabajando con todas las volquetas, se puede decir que la retroexcavadora llegó a cargar 80 viajes por día de material removido entre volquetas grandes y pequeñas dando así un resultado de 100 a 150 m³/hora.

- Cargue del material removido:

FIGURA 14. Cargue material removido



Fuente: El Autor

Para desplazar el material removido hacia el sitio de desecho (botadero), se utilizaron 12 volquetas Kodiak de 8, 15 y 16 M³ de capacidad. Dichas volquetas hacían hasta 10 viajes en el día por lo que en un día de trabajo se podía remover hasta 1100 M³ de tierra. (Anexo 10. Control Cargue de Volquetas).

El rendimiento de esta actividad fue muy relativo debido a que en ocasiones se encontraban todas las máquinas trabajando como había días en que podría haber

la mitad de la maquinaria disponible al comienzo de la actividad, pero hablando de cada volqueta por aparte, se puede concluir que en una hora podría realizar de dos a tres viajes por volqueta, si se habla de una volqueta grande podríamos estar hablando de 30 a 45 m³/hora, dependiendo el lugar donde se estuviera depositando el material removido, debido a que en ocasiones el lugar de almacenamiento no era solo el botadero que queda por la vía a Girón, sino que se presentaban oportunidades donde el contratista vendía la tierra a otras obras como por ejemplo a la obra Monviso, Parque el Lago, dichas obras quedan relativamente cerca al proyecto, entonces las volquetas podían realizar de cuatro a cinco viajes en una hora que corresponden de 60 a 75 m³/hora, pero este evento no se presentaba todo el día de trabajo solo era por algunas horas en el día.

5.1.9.3 Aceptación y recibo del Movimiento de Tierra: Aunque en el momento en el que se estuvo siguiendo este procedimiento se hizo difícil seguirlo al pie de la letra, sobre todo en los tiempos y en el orden en que se propuso, puesto que las condiciones climáticas y de tiempo cambiaron la programación del proyecto, la actividad se entregó terminada en su totalidad y encontrándose de acuerdo tanto el contratista como el contratante con el resultado obtenido. Por todos los inconvenientes que se pueden presentar se hace indispensable seguir un orden para el desarrollo de esta actividad y así cuando se finalice cumpla con los requisitos estipulados en el proyecto.

Para aceptar el movimiento de tierra en Torres del Bicentenario se verificó lo siguiente:

- La arquitecta residente encargada de vigilar la actividad reviso que se estuviera cumpliendo con todas las recomendaciones que se estipularon en el estudio de suelos por el ingeniero especialista. Cualquier cambio o eventualidad que se presentó se informó al ingeniero especialista para realizar las modificaciones.

- Otro aspecto importante que se tuvo especial cuidado fue el del control de los taludes que fueron quedando al realizar la excavación. Se revisaron los agrietamientos que se presentaron, las inclinaciones y se verificó que no se presentaran asentamientos en las edificaciones vecinas ni que aparecieran afloramientos de agua en el terreno.
- Antes de darse por terminada la actividad se realizó una revisión de cotas de excavación, alineamientos y taludes. Se dejaron las terminaciones de las excavaciones para realizarlas a mano y así no alterar las condiciones del suelo. La sobre-excavación fue asumida por el contratista.
- Los taludes se protegieron de la lluvia con polietileno, y así evitar deslizamientos por el desprendimiento de material.

5.1.9.4 Problemas más Frecuentes, Causas y Soluciones: En la ejecución del movimiento de tierra se pueden presentar los siguientes problemas:

- Deslizamientos de tierra: se trata de un desprendimiento de tierra con este evento se daña la geometría que se desea en el proyecto. Este evento no se presentó en la ejecución del movimiento de tierra de Torres del Bicentenario.
- Causas:
 - Una de las principales causas puede tratarse de descuido en la protección del talud, cuando se presentan climas lluviosos
 - Al presentarse alguna variación en la humedad del terreno
 - Filtración acuosa
 - Una sobrecarga en los bordes del talud
 - Por dejar el talud con una pendiente inadecuada
 - Al cambiar la temperatura

- Si existen estructuras de contención, por falla en dichas estructuras.
- Soluciones:
 - Los taludes presentes después de la excavación deben tener una inclinación con respecto a la horizontal para que éste se mantenga en equilibrio, los taludes hechos en el proyecto se hicieron a un metro más de lo necesario para evitar futuros accidentes.
 - Es necesario mantener un permanente control de las aguas superficiales y de infiltración.
 - Daños en propiedades y vías vecinas: es muy usual que al desestabilizar el suelo del proyecto se afecten edificaciones colindantes debido a que se le afecta la resistencia al terreno, para esto se elaboran las Actas de Vecindad ya que con estos informes conocemos el estado actual de las viviendas antes de comenzar con la ejecución del movimiento de tierra y se puede saber si se debe o no responder por los supuestos daños. Otro aspecto que no se vivió en el proyecto que se describe pero es de gran importancia su mención para que otros proyectos lo contemplen en la planeación de la ejecución del movimiento de tierra.
- Causas:
 - Una y la más importante es el no control de los asentamientos, inclinaciones y aguas infiltradas.
 - No planeación de métodos de protección hacia las edificaciones o vías que se involucran en el proyecto.

- Soluciones:
 - Realizar una adecuada planeación de mitigación de riesgos.
 - Realizar excavación por etapas, asegurando la estabilidad de los bienes.
 - Colocar si se hace necesario estructuras de contención provisionales o definitivas para darle estabilidad a los taludes.

- Inundaciones: si el proyecto se está desarrollando en un terreno cerca a algún río o aguas cercanas, puede ocurrir una inundación en el terreno a causa de dichas aguas. Otra opción es la presencia de lluvias fuertes o por rotura de tubos de conducción de agua. Este episodio se presentó en del desarrollo del movimiento de tierras en el proyecto Torres del Bicentenario, debido a este inconveniente se vio en la obligación de parar varios días tanto intermitentes como consecutivos con esta actividad y así disminuir el ritmo de la marcha con que se trabaja normalmente. Debido a que el terreno del lote se puso pantanoso y se dificultó la entrada del equipo de transporte del material al proyecto. Este inconveniente se presentó en el mes de Diciembre atrasando el cronograma y demorando la entrega total de la actividad.

- Causas:
 - Falta de planeación de métodos de contingencia para afrontar estos eventos.
 - No hacer análisis para conocer el clima en el tiempo en el que se piensa ejecutar el movimiento de tierras.

- Soluciones:
 - Implementar un sistema de drenaje que permita facilitar la evacuación de la escorrentía y debe ser diseñado para lluvias fuertes.

- Controlar los asentamientos que se presenten para así poder evitar la rotura de tubos de conducción de agua.
- Deficiencia de los caminos de acceso: se presentó con frecuencia esta situación debido al invierno en ciertas etapas del proyecto. Disminuyendo la posibilidad de mantener un buen rendimiento de excavación. La vía principal que se usó para el transporte de material no se vio afectada pero los caminos interiores de la obra sí, evento que atrasó la finalización de la actividad.
- Causas:
 - Una mala planificación de los caminos por donde se trasladaran las volquetas lo que genera un sobre costo para el contratista.
- Soluciones:
 - Hacer caminos con una buena rodadura, mantener una pendiente poco elevada y eliminar los obstáculos del camino. Además se debe mantener las cunetas de evacuación de aguas limpias para impedir el desbordamiento de agua.

5.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE LA EXCAVACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN

Cuando se desea hacer la cimentación para una edificación, se debe comenzar por la elaboración de la excavación del suelo o roca que yace debajo de la superficie del terreno donde se realizará la cimentación.

Las excavaciones tienen una muy importante función que se basa en preparar el terreno para la futura construcción de la estructura correspondiente a la cimentación propuesta. Este ítem comprende todos los trabajos de excavaciones

para realizar las fundaciones ya sean corridas o aisladas, con maquinaria o a mano, trabajando en terrenos distintos y llegando a las profundidades especificadas en los planos.

El método utilizado en la realización de las excavaciones en la mayoría de casos es elegido por el ingeniero contratista, aunque en algunos casos es recomendado por el diseñador o por el ingeniero especialista en suelos. En Torres del Bicentenario se tomó la decisión de realizar las excavaciones superficiales a mano, con una profundidad de 40 cm para las zapatas y de 60 cm para el ciclópeo.

FIGURA 15. Excavaciones para cimentación



Fuente: El Autor

Para empezar con el proceso de la excavación se delimitaron los anchos de las zanjas, dicho ancho se consultó en el plano.

La excavación se realizó hasta encontrar terreno firme en donde se realizó la cimentación.

La excavación puede realizarse manual si no excede 3 metros de profundidad, y si se realiza manual el obrero necesita de setenta centímetros de área para realizar el trabajo cuando se trata de una excavación no mayor a 1.5 metros, de lo contrario se va aumentando el área de trabajo en cincuenta centímetros por cada metro de profundidad. Al realizar la excavación se debe tener en cuenta que el suelo pierde resistencia por lo que se pueden presentar derrumbes en los taludes, por lo tanto se debe tener cuidado con el ángulo del talud en el cual va a reposar el material, así se pueden evitar tanto accidentes como pérdida de tiempo

Dependiendo de la cimentación a realizar se define si se necesita hacer sobre excavación. Cuando se realizan ciclópeos no es necesario sobre excavar solo se necesita realizar la excavación del desplante y de la cimentación.

5.3 REPLANTEO Y LOCALIZACIÓN

Esta actividad hace referencia a los trabajos que son necesarios para llevar a cabo la ubicación de las áreas destinadas para la construcción y de los ejes para localizar las edificaciones con respecto a los planos estructurales.

5.3.1 Procedimiento para la ejecución. El replanteo y trazado de las fundaciones fueron realizadas por el topógrafo, siguiendo con mucho cuidado las dimensiones señaladas en el plano. Así mismo se demarcaron las áreas correspondientes al movimiento de tierras de manera que se pudieran medir los volúmenes de tierra extraídos.

Ya terminada la preparación del terreno, el topógrafo procedió a reponer estacas y a ubicar los caballetes o puentes, el objetivo de dichos caballetes fue subir los puntos ubicados para que con la excavación no se perdieran, estos puntos fueron cimbrados y se pasaron al otro extremo de la excavación.

FIGURA 16. Caballete



Fuente: El Autor

Los ejes de las zapatas y los anchos de la cimentación se dispusieron con hilo bien tensado y fijado a clavos colocados en los caballetes que se anclaron al terreno. Como en la ejecución de este procedimiento se pierden o se parten muchas estacas el topógrafo volvió a ubicarlas.

5.4 EJECUCIÓN DE LAS EXCAVACIONES

5.4.1 Procedimiento para la ejecución. Una vez finalizado el replanteo de las fundaciones, se podrá empezar con la excavación.

En el caso del proyecto Torres del Bicentenario, la excavación más profunda fue la del sótano de los parqueaderos de visitantes, se realizó con máquina debido a que se trata de una profundidad de tres metros, ya las excavaciones pertenecientes a las zapatas se realizaron a mano dichas excavaciones fueron de 40 cm aproximadamente. Este procedimiento se realizó aflojando y extrayendo el material de los lugares demarcados.

A medida que se progresó en la excavación se tuvo en cuenta los controles acerca de los comportamientos de las paredes de los taludes, con el fin de evitar deslizamientos que atrasaran los trabajos. Si se hace necesario entibaciones o apuntalamientos se debe consultar con el responsable de la actividad para su aprobación, pero en el proyecto descrito no se presentó la necesidad debido a que el terreno posee una gran resistencia.

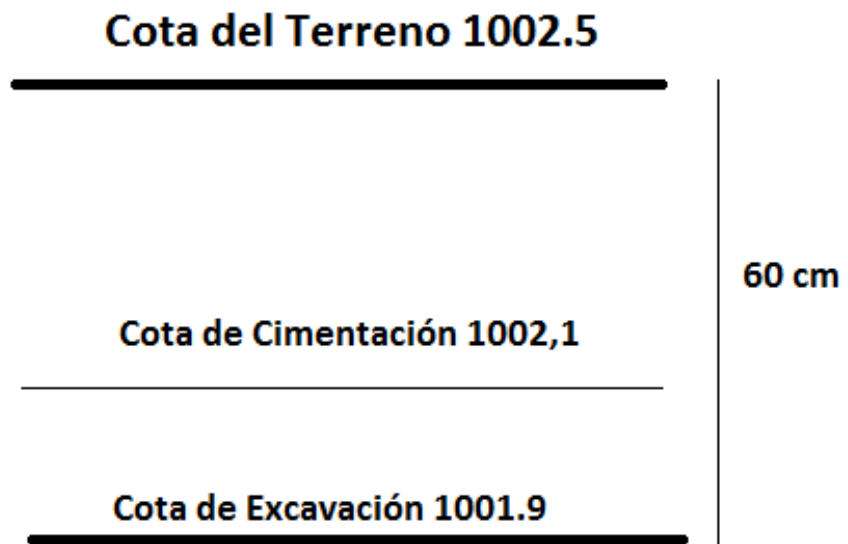
Cuando se presenta nivel freático en las excavaciones se debe proceder a extraer el agua para su respectiva evacuación, dicha evacuación no debe ocasionar daños ni al interior de la obra ni a terceros. En el proyecto descrito en este documento, se encontró nivel freático en la excavación del sótano a una profundidad de tres metros, dicho nivel no se tenía previsto debido a que en el estudio de suelos no apareció, para su evacuación se elaboró un filtro francés de 40*40 cm.

Una vez llegado al suelo competente donde se haría la cimentación, se limpió de material suelto, se revisaron las zanjas para que no presentaran superficies y paredes con irregularidades y para que tuvieran las dimensiones indicadas en los planos.

En el caso que haya que bajar a mayor profundidad de la necesaria, para poder encontrar suelo competente se debe rellenar y compactar para volver a la cota requerida.

Este procedimiento se presentó en el proyecto descrito, por lo que se decidió realizar un ciclópeo para volver a la cota de cimentación ya que había partes del terreno que se encontraban 60 cm por debajo del nivel para empezar la cimentación.

FIGURA 17. Cota de excavación del ciclópeo



Fuente: El Autor

FIGURA 18. Ciclópeo



Fuente El Autor

- Control del flujo de agua:

FIGURA 19. Instalación motobomba



Fuente: El Autor

Cuando se hace necesario se debe controlar el flujo de agua del subsuelo del terreno por algún mecanismo, puede ser por bombeo y así prevenir los daños ocasionados a causa de este fenómeno.

Después de analizar el flujo de agua proveniente del subsuelo se eligió el sistema de bombeo que se creyó más adecuado, el cuál fue el filtro Francés de 40*40, este sistema fue escogido por el ingeniero Hidráulico.

Si el terreno estudiado se trata de material compresible se debe tener en cuenta la sobrecarga debida por la filtración y los asentamientos ocasionados. Si los asentamientos resultan muy grandes se recurrirá a métodos que los minimicen, se podría volver a inyectar el agua evacuada, y colocar pantallas impermeables para aislarla. En el caso del proyecto no se midieron los asentamientos debido a que no se observaron pues se elaboró el filtro y se evacuó el agua antes de que se presentaran problemas en la estabilidad del suelo.

Si por el contrario, el suelo resulta de baja permeabilidad, el nivel piezométrico tiende a dañarse a medida en que se va realizando la excavación por lo que se hace necesario realizar un bombeo previo.

Para analizar el tipo de bombeo a utilizar, se decidió que el bombeo se elaboraba más que para combatir el nivel freático para:

- Que las fuerzas de filtración fueran favorables a la estabilidad de la excavación
- Tratar de preservar los esfuerzos del suelo
- Interceptar las fuentes de permeabilidad

Cualquiera que sea el caso, es necesario un sistema de bombeo superficial para desalojar el agua depositada en los cárcamos. El agua desalojada se vació en el alcantarillado público, dicha agua se desalojó estando libre de sedimentos y de cualquier contaminación.

A continuación se mostrará un recuadro donde se resumen las posibles causas que afectan las excavaciones subterráneas:

TABLA 4. Causas frecuentes que afectan las excavaciones

CAUSAS MÁS FRECUENTES QUE AFECTAN LAS EXCAVACIONES					
Inundación Parcial o total		Pérdida de Estabilidad		Aumento de la Humedad	
Disminución de la cota del Nivel Freático		Disminución de las propiedades de resistencia		Aplicación de revestimiento inadecuado	
Infiltración de las aguas meteóricas y aluviales		Disolución de determinados minerales		Empleo de técnicas no adecuadas para el control de agua	
Dependen de:					
•Regimén de Lluvia					
•Coeficiente de Filtración					
•Características naturales del suelo					
•Profundidad de la excavación					
•Presencia de Arroyos o ríos					

- Equipo de protección personal:

FIGURA 20. Equipo de protección personal



Fuente: Internet

El contratista es responsable de brindar a los trabajadores que entran a las zanjas el equipo de seguridad industrial tales como:

- Cascos
- Botas de Seguridad
- Gafas protectoras
- Guantes protectores

Los trabajadores expuestos a tráfico de vehículos deberán usar:

- Traje reflectivo (camisas, chalecos, chaquetas)
- En tiempo de lluvia pueden usar ropa para lluvia color naranja o amarillo

La seguridad de los trabajadores involucrados en estas actividades estuvo a cargo del contratista de la cimentación que para este caso fue la empresa Delta Ingenieros, ellos brindaron los equipos de seguridad como casco el cual iba

marcado con unos papeles de colores para distinguir a los trabajadores con su respectivo nombre y el color definía la tarea que estaba realizando el obrero.

➤ RESUMEN DE LA SECUENCIA A SEGUIR PARA REALIZAR EXCAVACIONES

- Se revisó el estado de las edificaciones colindantes
- Se estudió el estado del terreno a excavar
- Se contactó a las empresas de obras públicas, para analizar planos de agua, alcantarillado, gas, electricidad, telefonía.
- Se verificó la seguridad social de los operarios de maquinaria
- Se tramitaron y obtuvieron los respectivos permisos de trabajo
- Se contrató una persona especialista en SISO para la respectiva revisión de implementos de seguridad industrial
- Se colocaron anuncios como: “CUIDADO EXCAVACIÓN PROFUNDA”, “PELIGRO NO SE ACERQUE”, “SOLO PERSONAL AUTORIZADO”, “SALIDA Y ENTRADA DE VOLQUETAS”.
- Se demarcaron los perímetros de las zanjas con cinta amarilla como advertencia.
- Se contó con la presencia de palettero, que se ubicó en la salida de la obra para avisar al tránsito, la salida y entrada de equipo de transporte.
- Como las excavaciones que se presentaron en la obra fueron mayores a 1,2 mts de profundidad, se dispuso de rampas o escaleras de acceso, dichas escaleras se afianzaron a las paredes de las zanjas para brindar mayor seguridad.

5.5 EJECUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

En la ejecución de las obras para la construcción de una estructura, se hace necesario definir un proceso constructivo de cimentación de las excavaciones y de

muros de contención, que garanticen estabilidad tanto durante como después de la construcción.

Se planea dicho procedimiento con el objetivo de evitar futuros daños a las edificaciones vecinas como a la que se está construyendo.

5.5.1 Procedimiento constructivo de la cimentación. Como se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo, la cimentación responde a la parte de la estructura en la que recae la tarea de transmitir las cargas al terreno.

Con lo anterior nos damos cuenta que se hizo de gran importancia el paso que se siguió realizando un buen reconocimiento del terreno, conociendo los materiales de los que está compuesto y sus propiedades.

Otra propiedad importante que fue analizada fue la de las propiedades hidráulicas del suelo, para así poder atacar el nivel freático.

La cimentación se ejecutó por parte de un contratista (Delta Ingenieros), la planeación fue hecha por otro contratista quien fue el encargado de hacer los planos.

Al preguntarles acerca de los parámetros de diseño de la cimentación respondieron que tuvieron muy en cuenta la característica de esfuerzo-deformación, con la que se pudieron definir los asentamientos, se tuvieron en cuenta las siguientes:

5.5.1.1 Análisis de la Cimentación: La cimentación deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- No sobre fatigar el terreno
- No permitir asentamientos diferenciales
- Evitar deslizamientos
- Proteger la estructura contra el volteo

Existen dos grupos de cimentaciones:

- Cimentaciones Superficiales
- Cimentaciones Profundas

En el caso específico del proyecto Torres del Bicentenario el contratista tomo la decisión de realizar cimentación superficial, basándose en los análisis realizados por ellos y siguiendo las recomendaciones del ingeniero especialista en suelos.

Al realizar en un proyecto cimentaciones superficiales se debe considerar los siguientes estados, para así evaluar si es la mejor decisión y si se adapta a las necesidades del proyecto:

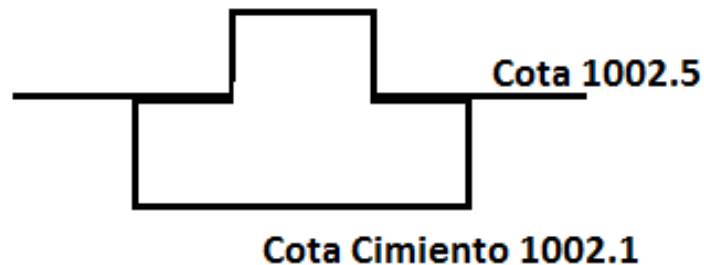
➤ **CIMENTACIONES SUPERFICIALES**

- **Estado límite de Falla:** dentro de estas fallas, se analiza la falla por cortante, falla por punzamiento en suelo blando. Se tiene en cuenta los siguientes aspectos:
 - Cota del Nivel Freático
 - Influencia de suelos blandos
 - Influencia de Taludes cercanos
 - Analizar la capacidad de perder la resistencia del suelo
 - Presencia de grietas, cavernas u otras

- **Estado límite de Servicio:** en este caso se analizan los asentamientos inmediatos, por consolidación, asentamientos secundarios y por sismo. Para esto se puede realizar una relación entre el módulo de elasticidad y la penetración estándar.
- **Tipos de Cimientos:**

Zapatas: se trata de ampliar la base de una columna o muro, para transmitir la carga al suelo, las zapatas que soportan una sola columna se llaman aisladas, la que está construida bajo un muro recibe el nombre de corrida o continua, y si por el contrario soporta más de una columna se llama combinada. El cimiento aplicado al proyecto fue zapatas en T invertida que pertenece a la cimentación superficial.

FIGURA 21. Cota de cimentación



Fuente: El Autor

➤ EJECUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

○ Estado de las zanjas

Las zanjas de las excavaciones se mantuvieron secas, para poder poner el refuerzo y esperar que seque el concreto pobre. Si el suelo presenta agua, se

debe utilizar un sistema de bombeo. En el caso del proyecto se presentó agua en la zanja profunda de los parqueaderos y se manejó con la construcción de un Filtro Francés, pero al principio se bombeo por medio de una motobomba manual.

FIGURA 22. Suelo de cimiento

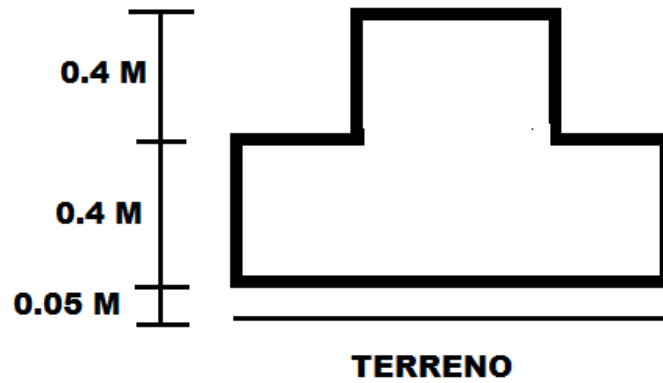


Fuente: El Autor

- **Tipo de Zapata elegida para el proyecto**

En la ejecución de la cimentación para el proyecto Torres del Bicentenario se usó Zapatas aisladas, que en obra las llamaban zapata en T invertida, las aletas de la T invertida se dejaron en el momento de su excavación para no tener que rellenar después debido a que no se contaba en ese momento de material para el relleno, se eligió cimentación superficial siguiendo la sugerencia del ingeniero especialista en suelos en el estudio del suelo.

FIGURA 23. Zapata en t invertida



Fuente: El Autor

El concreto pobre o solado utilizado fue de 2500 psi, elaborado en obra y con un espesor de 5 cm ya aplicado en terreno.

FIGURA 24. Solado pobre



Fuente: El Autor

- **Ciclópeo**

FIGURA 25. Ciclópeo



Fuente: El Autor

Se presentó la necesidad de elaborar un ciclópeo, debido a que al realizar la excavación se bajó 60 centímetros más de la cota necesaria para hacer la cimentación, debido a que al llegar a la cota necesaria se observó que el suelo no era competente para la cimentación, por lo tanto se realizó el ciclópeo para volver a la cota y para obtener mayor resistencia en el relleno, el procedimiento de realización del ciclópeo se basa en colocar una capa de piedra en este caso boluda e inmediatamente una capa de concreto y así sucesivamente hasta volver al nivel deseado. Debido a que el ciclópeo brinda una resistencia casi igual al 100%, mientras que si se rellena de material y luego se apisona la mayor resistencia es del 95%, por tal razón se decidió la ejecución del ciclópeo.

- **Refuerzo de las vigas**

FIGURA 26. Refuerzo de la cimentación



Fuente: El Autor

El refuerzo se realizó en canastas, en las diferentes canastas se usó hierro # 8, 4 y 5, estos valores dependen de las cargas que tiene que soportar la viga.

El hierro se instaló bajo el control del ingeniero residente y de su auxiliar, este control se hace después de instalado el hierro se toma un flexómetro y se verifican las medidas especificadas en los planos de cimentación, midiendo las distancias a las que tiene que ir amarrado el hierro en las partes confinadas y no confinadas.

6. CONCLUSIONES

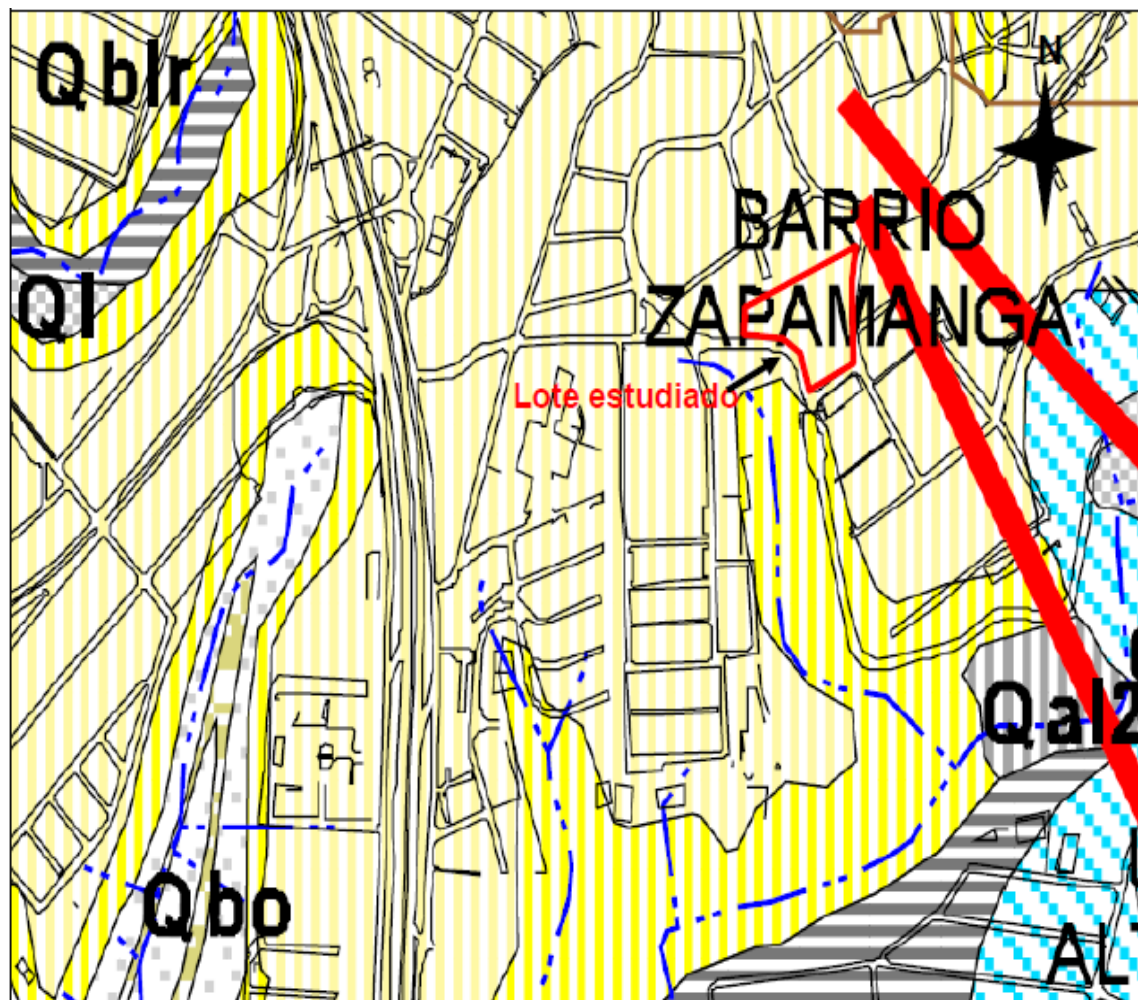
- Realizar esta práctica, permite llevar a la vida real los conocimientos adquiridos a través de todo el tiempo de la carrera, además de adquirir una gran experiencia que solo se consigue al realizar las actividades y que servirá para cuando salga a practicar la vida laboral.
- Interpretar de una manera correcta los planos que se manejan en la ejecución de una obra, tales como estructurales, topográficos, de servicios públicos, arquitectónicos, de un proyecto con tan grandes magnitudes como el que se analizó a lo largo de esta práctica.
- Aprender a desenvolverse en el campo laboral, pues aparte de realizar trabajos de oficina, se debe aprender a manejar personal.
- Diseñar una descripción de todas las actividades pertenecientes al Movimiento de Tierra y a la Cimentación, ya que en ninguna obra se cuenta con un manual donde le indique a la persona encargada de verificar dichas actividades, todas las actividades que pertenecen a dichos ítems.
- Esta experiencia vivida a través de la práctica deja demasiadas enseñanzas para cuando se enfrente a las labores al ejercer como Ingeniera Civil, tanto en los procesos constructivos como en el trato con el personal involucrado en la ejecución de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

- Normas Colombianas de Construcción Sismo Resistentes, NSR-98, TITULO H4: CIMENTACIONES. Santafé de Bogotá, 1998
- Normas Colombianas de Construcción Sismo Resistentes, NSR-98, TITULO H5: EXCAVACIONES Y ESTABILIDAD DE TALUDES. Santafé de Bogotá, 1998
- Seguridad en la Construcción. Sitio Web (www.estrucplan.com)
- Cimentación. Sitio Web (www.construaprende.com)
- Procedimiento para el control de filtraciones en excavaciones subterráneas. Redalyc Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
- Especificaciones técnicas de ingeniería, Sitio Web (www.google.com, especificacionestecnicasingenieria.blogspot.com/)
- Estudio Geotécnico y Estabilidad de Excavaciones. Geotecnología S.A.S.

ANEXOS

ANEXO A. Plano Geológico General



Limos Rojos de la Formación Bucaramanga

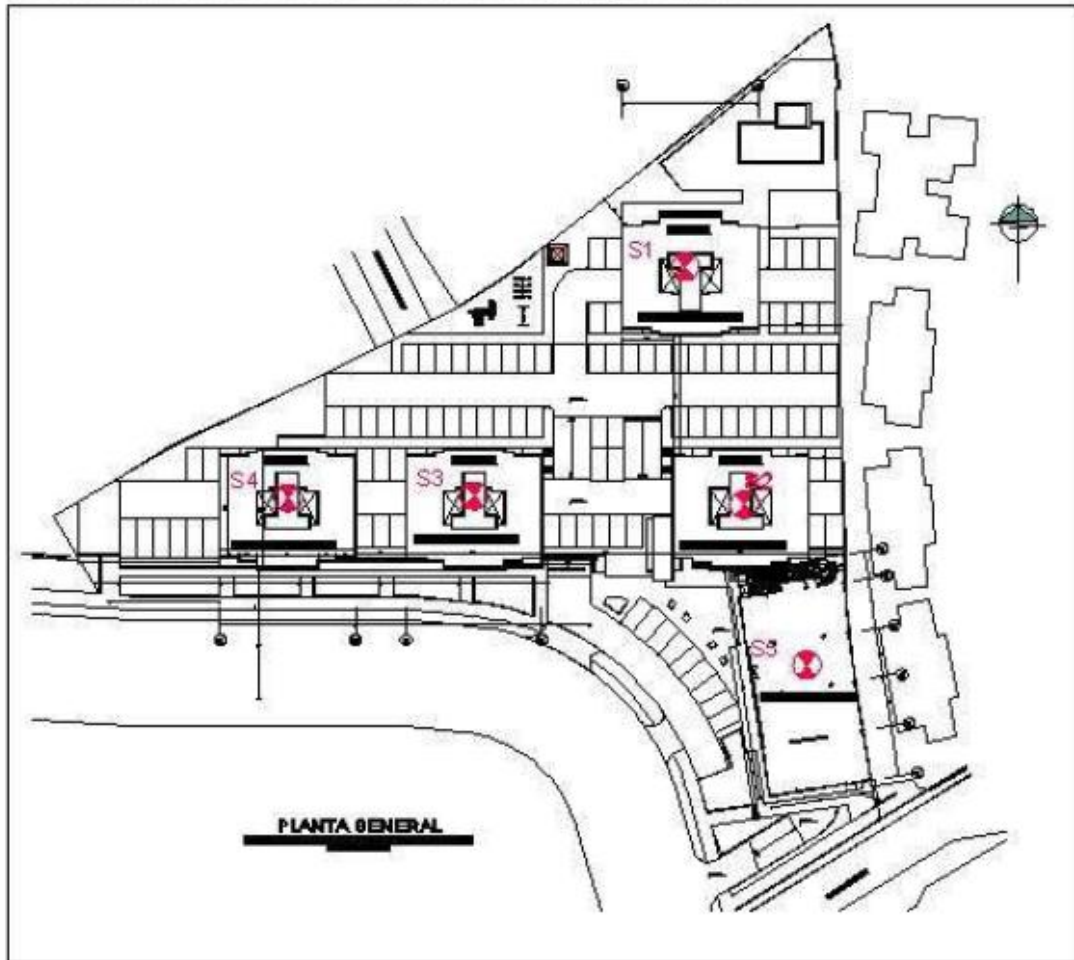
ANEXO B. Características y Localización de los Sondeos

Características y localización de los sondeos

Perforación No.	Equipo	Localización	Profundidad (mts)
1	Rotación	Costado nororiental del lote	10.0
2	Percusión	Costado oriental del lote	9.0
3	Rotación	Costado suroccidental del lote	15.0
4	Rotación	Costado suroccidental del lote	15.0
5	Rotación	Costado suroriental del lote	15.0

ANEXO C. Plano de Localización de Sondeos

Nota: La localización de los sondeos es aproximada



 S2 Sondeo a Percusion

ANEXO D. Fotografía de los sondeos realizados en campo

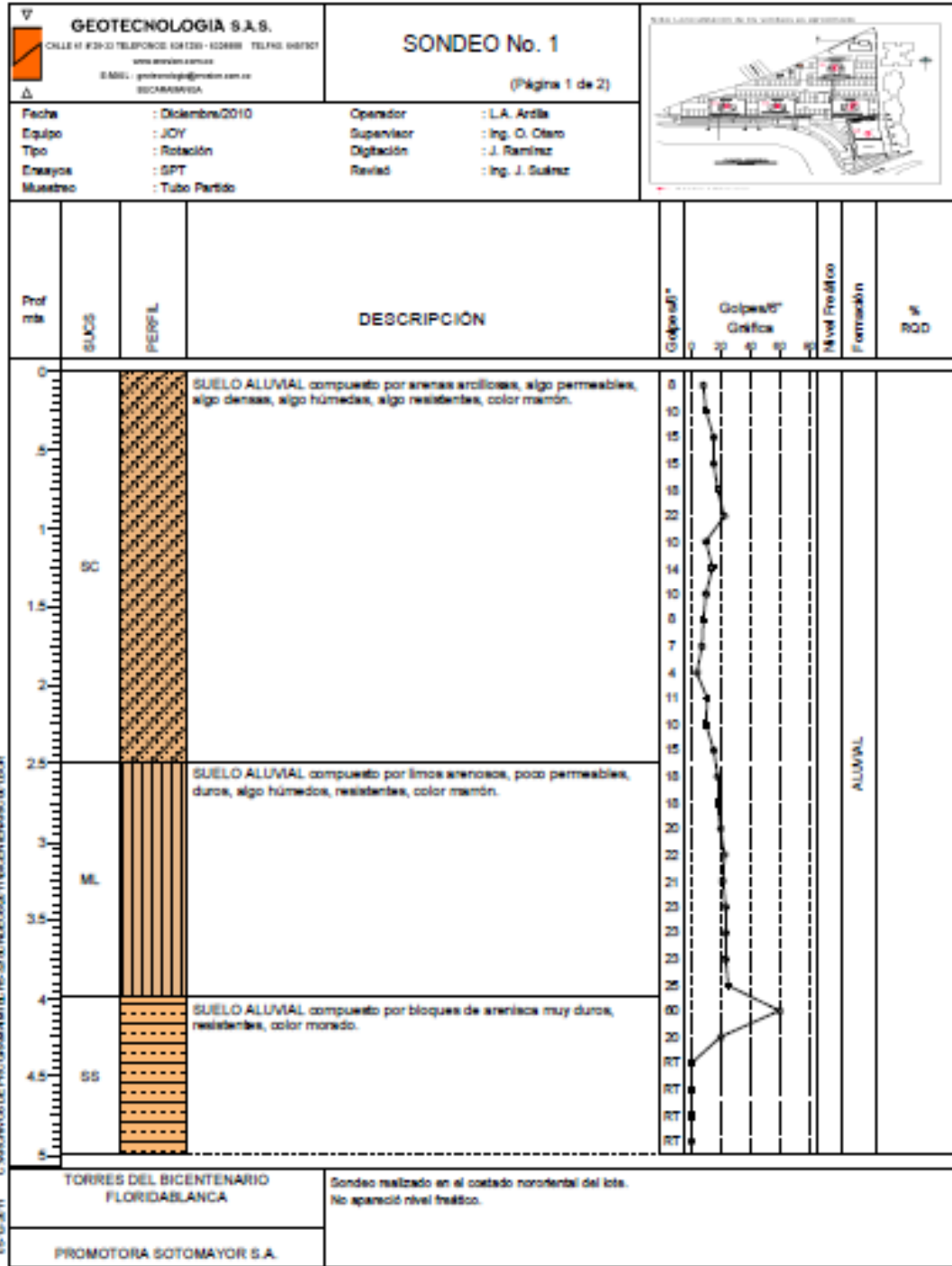


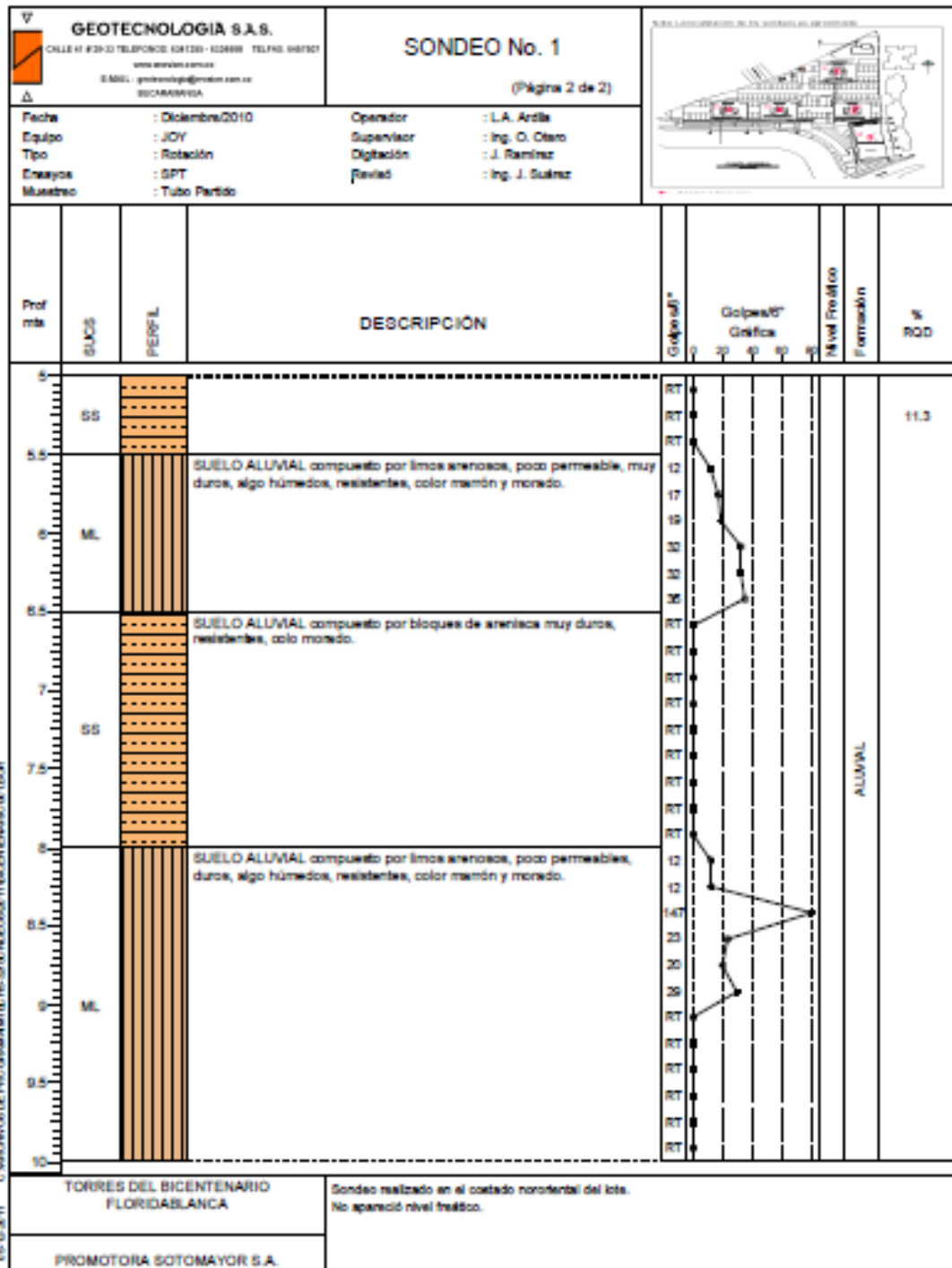
DESCRIPCION: Sitio del sondeo realizado en el sector suroccidental del lote estudiado.

ANEXO E. Ensayos de Laboratorio

Ensayo	Norma	No. de ensayos
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D422-63 – AASHTO T88 I.N.V.E. 123	10
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) en suelo, roca y mezcla de suelo-agregado	ASTM D 2216 I.N.V.E. 122	10
Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	ASTM D 4318 – AASHTO T 89-90 I.N.V.E. 126	8
Compresión inconfiada	ASTM D 2166 – AASHTO T 208 I.N.V.E. 152	4
Resistencia al Corte Directo consolidado drenado	ASTM D 3080 – AASHTO T 236 I.N.V.E. 154	2
Clasificación de suelos	ASTM D 2487	10

ANEXO F. Resultado de Sondeo 1





65-10-36-11 C:\ARCHIVOS DE PROYECTO\AMANTIC\16-2010\HIDROGE 11\BICENTENARIO DE LUCER

ANEXO G. Tablas de interpretación de resultado de sondeos

Perfil Típico - sondeo 1

Profundidad Mts		Suelo	Limitaciones Geotécnicas
Desde	Hasta		
0.0	2.5	Suelos aluviales compuestos por arenas arcillosas, algo densas, algo permeables, algo húmedas, algo resistentes, color marrón.	Suelos aluviales. Medianamente competentes para la cimentación de estructuras.
2.5	Profundidades no determinadas mayores de 10.0	Suelos aluviales compuestos por limos arenosos, duros, poco permeables, algo húmedos, resistentes, color marrón, con presencia de bloques de arenisca de color marrón y morado.	Suelos aluviales. Competentes para la cimentación de estructuras.

Perfil Típico - sondeos 3 y 5

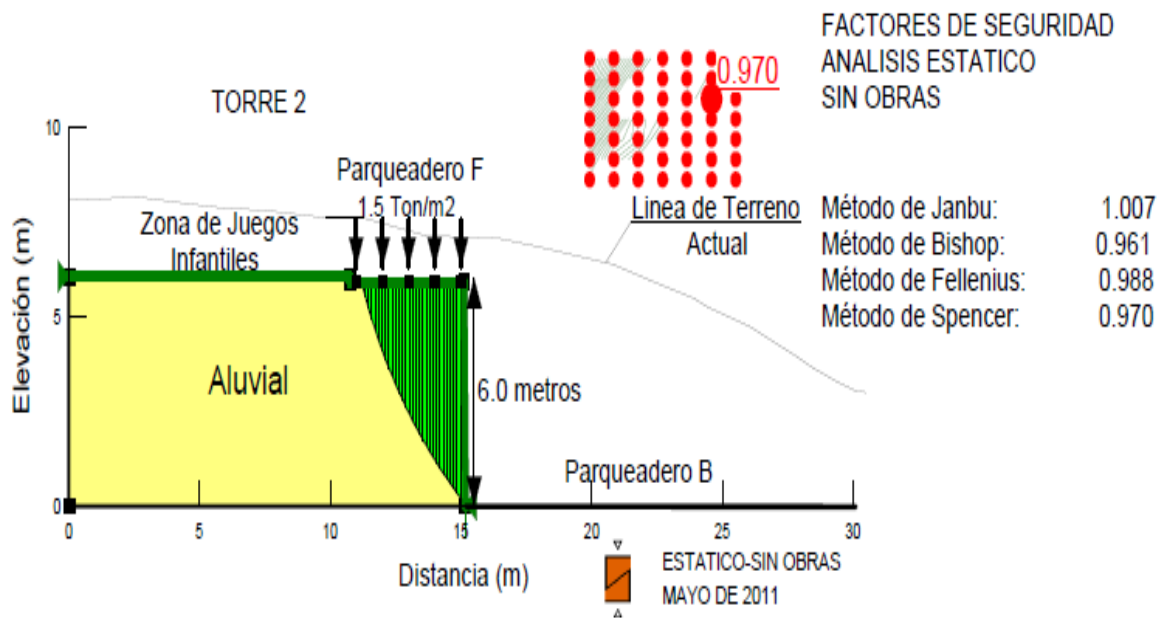
Profundidad Mts		Suelo	Limitaciones Geotécnicas
Desde	Hasta		
0.0	Variable de 1.5 a 5.0	Rellenos compuestos por limos arenosos, poco permeables, algo duros, poco resistentes, color marrón oscuro.	Rellenos. No competentes para la cimentación de estructuras.
Variable de 1.5 a 5.0	6.0	Suelos aluviales compuestos por limos arenosos y arenas limosas, poco permeables, duros, algo húmedos, resistentes, color marrón.	Suelos aluviales. Medianamente competentes para la cimentación de estructuras.
6.0	Profundidades no determinadas mayores de 15.0	Suelos aluviales compuestos por limos arenosos, poco permeables, muy duros, algo húmedos, resistentes, color marrón, con bloques de arenisca de color marrón.	Suelos aluviales. Competentes para la cimentación de estructuras.

Perfil Típico - sondeos 2 y 4

Profundidad Mts		Suelo	Limitaciones Geotécnicas
Desde	Hasta		
0.0	1.0	Suelos orgánicos compuestos por limos arenosos, poco permeables, blandos, algo húmedos, poco resistentes, color negro, con presencia de gravas.	Suelos Orgánicos. No competentes para la cimentación de estructuras.
1.0	2.0	Suelos sueltos compuestos por arcillas arenosas, poco permeables, blandas, algo húmedas, poco resistentes, color marrón.	Suelos sueltos. No competentes para la cimentación de estructuras.
Variable de 1.0 a 2.0	6.0	Suelos aluviales compuestos por limos arenosos, poco permeables, duros, algo húmedos, algo resistentes, color marrón y morado.	Suelos aluviales. Medianamente competentes para la cimentación de estructuras.
6.0	Profundidades no determinadas mayores de 15.0	Suelos aluviales compuestos por arenas limosas, algo permeables, muy densas, algo húmedas, resistentes, color marrón.	Suelos aluviales. Competentes para la cimentación de estructuras.

ANEXO H. Análisis de Estabilidad de Laderas, Proyectos Torres del Bicentenario

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LADERAS TORRES DEL BICENTENARIO PERFIL A



ANEXO I. Tabla. Profundidades a las cuales aparece suelo competente

Sondeo	Profundidad a la cual aparece suelo competente (metros)
1	2.5
2	3.0
3	2.5
4	2.5
5	5.5

ANEXO J. Control Cargue de Volquetas (11 de Noviembre de 2011).

PLACA	CAPACIDAD	Nº VIAJES	TOTAL
USD-392	15	7	105
XMB-428	15	8	120
SSY-055	16	8	128
SUD-358	15	8	120
XMB-426	15	7	105
FLE-894	8	10	80
JAC-107	8	8	64
XMC-528	15	8	120
XMC-523	15	8	120
XWJ-811	8	8	64

Total Material Excavado

1026

ANEXO K. Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Tabla H.2.4-1
Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño