

**Práctica empresarial en la empresa ALICON & ING S.A.S como auxiliar de ingeniería en
el área de geotecnia**

Álvaro Javier Herrera Muñoz

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Jorge Alejandro Mendoza Rizo

Ph.D en Geomecánica Computacional

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2018

Dedicatoria

A Dios por darme la salud, inteligencia y habilidades para llevar a buen término este proceso de formación profesional, a Él sea toda la gloria y honra.

A mis Padres Álvaro Alcides Herrera Sánchez y Leticia Muñoz Moreno quienes admiro, respeto y amo por inculcarme cada principio, enseñanza y por ser los principales patrocinadores de mis sueños.

A la empresa Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S por brindarme la confianza y la oportunidad de ejecutar la práctica empresarial, en especial a mi tutor José Neyith Contretas Sandoval por el apoyo, enseñanza y paciencia en cada actividad realizada.

A mis directores de proyecto, Vladimir Ernesto Merchán Jaimes y Jorge Alejandro Mendoza Rizo por la calidez, amabilidad y paciencia en cada consulta, así mismo por los conocimientos transmitidos.

A cada uno de mis amigos durante este proceso de formación universitaria, por ayudarme a crecer como profesional y persona. Además, por cada tiempo de estudio, enseñanzas compartidas y experiencias vividas.

Álvaro Javier Herrera Muñoz

Contenido

	Pág.
Introducción	14
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Información de la empresa.....	16
3. Marco de referencia	17
3.1 Ensayo de penetración estándar (SPT)	17
3.2 Límites de Atterberg	19
3.2.1 Límites liquido	20
3.2.2 Límite plástico	21
3.3 Asentamientos.....	21
4. Descripción de actividades realizadas	22
4.1 Actividades de laboratorio	22
4.1.1 Recepción de muestras.....	22
4.1.2 Tamizado de muestra para límites de consistencia	23
4.1.3 Lavado de material en el tamiz No. 200	23
4.1.4 Límites de Atterberg	23
4.1.4.1 Límite líquido.....	24

4.1.4.2 Límite plástico	25
4.2 Características sísmicas de acuerdo a la norma NSR-10	25
4.2.1 Información sísmica general	25
4.2.2 Perfil de suelo	26
4.2.3 Cálculo del espectro de aceleraciones.....	27
4.3 Apoyo en la elaboración del capítulo de exploración geotécnica.....	27
4.3.1 Digitalización de formatos y registros fotográficos.....	27
4.3.2 Descripción de la investigación del subsuelo	27
4.3.3 Resultados de la fase de ensayos de laboratorio	28
4.4 Cálculo del potencial de expansión.....	29
4.5 Capacidad portante.....	30
4.5.1 Terzaghi (1943).....	30
4.5.2 Meyerhof (1956) modificado por Bowles (1977).....	31
4.5.2.1 Corrección por energía (Ce).....	32
4.5.2.2 Corrección por confinamiento o profundidad.....	32
4.6 Cálculo de asentamientos.....	33
4.7 Otras actividades realizadas	34
5. Proyectos Relacionados	35
5.1 Consultoría para la realización de los estudios y diseños correspondientes al diagnóstico, rehabilitación, ampliación y optimización del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón	35

5.2 Estudios geotécnicos para la construcción de CAI en los sectores Poblado Calle 49, Villa Carolina II, Rincón de Girón Parte Alta, Mirador de San Juan, El Palenque y Acapulco del Municipio de Girón, Santander.....	39
5.3 Revisión y análisis a estudio de delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y con condiciones de riesgo, determinando las medidas específicas para su mitigación en el municipio de: Ubalá.....	40
5.4 Estudio Geotécnico Para El Predio Ubicado En La Calle 149b No. 38-61, Barrio Villa Real Sur Municipio Floridablanca, Santander.....	42
5.5 Estudio geotécnico y diseño de pavimento para la estación de servicio (EDS), municipio de Sardinata, Norte de Santander.....	43
6. Conclusiones.....	45
Referencias Bibliográficas.....	48
Apéndices.....	52

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Logo ALICON & ING S.A.S.....	16
Figura 2. Límites de consistencia.....	20
Figura 3. Parámetros para el cálculo de asentamientos.	34
Figura 4. Localización detallada de las tres líneas de plan de manejo sanitario.....	36
Figura 5. Localización general del tramo C4.....	37
Figura 6. Localización general del tramo A2.....	38
Figura 7. Localización general de los CAIS.	40
Figura 8. Localización sitio de estudio Ubalá.....	41
Figura 9. Localización sitio de estudio Ubalá.....	42
Figura 10. Localización geográfica de la EDS.	44
Figura 11. Pavimento dimensionado.....	45

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Densidad Relativa en arenas según resultados del SPT.....	18
Tabla 2. Correlación de parámetros en arcillas según valores del SPT	18
Tabla 3. Valores de corrección por profundidad	32

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD y pueden ser visualizados en la base de datos de la
Biblioteca UIS)

Apéndice A– Registro fotográfico actividades de laboratorio.

Apéndice B– Asentamientos por Mayne y Poulos (1999)

Apéndice C - Actividades realizadas en el proyecto “consultoría para la realización de los estudios y diseños correspondientes al diagnóstico, rehabilitación, ampliación y optimización del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón”

Apéndice D – Actividades realizadas en el estudio geotécnico y diseño de pavimento para la estación de servicio (EDS), municipio de Sardinata, Norte de Santander

Apéndice E– Actividades realizadas en la revisión y análisis a estudio de delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y con condiciones de riesgo, determinando las medidas específicas para su mitigación en el municipio de Ubalá.

Apéndice f– Reporte de visita técnica al tramo c4-sistema Río de Oro-emisario Río de Oro II

Apéndice G – Reporte de visita técnica al tramo A2 PMS – sistema Río de Oro – interceptor: la Iglesia Parte Alta

Apéndice H – Actividades realizadas en los estudios geotécnicos para la construcción de CAI en los sectores Poblado Calle 49, Villa Carolina II, Rincon de Girón Parte Alta, Mirador de san juan, El Palenque y Acapulco del municipio de Girón, Santander.

Apéndice I – Estudio geotécnico para el predio ubicado en la Calle 149B No. 38-61, Barrio Villa Real Sur Municipio Floridablanca, Santander.

Resumen

Título. Práctica empresarial en la empresa ALICON & ING S.A.S como auxiliar de ingeniería en el área de geotecnia*

Autor: Álvaro Javier Herrera Muñoz**

Palabras Clave: Geotecnia, Estudio geotécnico, laboratorio de suelos.

En un estudio geotécnico hay diversos componentes que se relacionan entre sí, con el fin de brindar información sobre los factores del subsuelo que pueden llegar a afectar la integridad de las obras planteadas, así mismo las recomendaciones a tener en cuenta y las medidas a implementar como solución; para esto se requiere la visita inicial del sitio en estudio, la ejecución de una exploración de campo y posteriormente el análisis de laboratorio y el trabajo de oficina en la elaboración del informe geotécnico, el cual debe recopilar y enseñar de forma organizada los datos obtenidos del material de fundación y medidas a tener en cuenta a la hora de construir.

El presente documento muestra las actividades realizadas en la práctica empresarial como auxiliar de ingeniería en el área de geotecnia en la empresa ALICON & ING S.A.S durante los meses de febrero a mayo de 2018; período en el cual, se apoyó la ejecución de actividades del laboratorio de suelos como la recepción de muestras, el lavado de material sobre el tamiz no.200 para el análisis granulométrico, el tamizado de muestras para ensayos de límites de Atterberg y su realización. Además, se participó en dos visitas de campo y se efectuaron labores de oficina como la elaboración del capítulo de exploración de campo, el apoyo en el cálculo de capacidad portante y asentamientos inmediatos, y otras tareas relacionadas al diseño geotécnico de obras. Al final se presenta las generalidades de cada proyecto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Jorge Alejandro Mendoza Rizo Ph.D en Geomecánica Computacional

Abstract

Title. Business practice in the company ALICON & ING S.A.S as engineering assistant in the field of geotechnics*

Author: Álvaro Javier Herrera Muñoz**

Key Words: geotechnics, geotechnical study, laboratory of soils.

In a geotechnical study there are several interrelated components, in order to provide information on the soil factors that can affect the integrity of the projects presented, as well as the recommendations to be taken into account and the measures to be implemented as a solution; for this, the initial visit of the study site is required, the execution of a field exploration and the preparation of the geotechnical office work report, which must be collected and teach in an organized way the data obtained from the foundation material and measures to take into account at the time to build buildings.

This document shows the activities carried out in the business practice during the months of February to May 2018 as an assistant in the geotechnics area at ALICON & ING S.A.S Company; period in which, the support was given in the execution of soil laboratory activities such as samples reception, washing of material on the sieve No.200 for the granulometric analysis, sieving of samples for Atterberg limits tests and their realization. In addition, the participation in two field visits and office work was done as the preparation of the field exploration chapter, support in the calculation of carrying capacity and immediate settlements, and other tasks related to the geotechnical works designing. At the end, the generalities of the projects are presented.

* Degree work

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering School of Civil Engineering Director Jorge Alejandro Mendoza Rizo Ph.D in Computational Geomechanics

Introducción

La realización de toda obra civil, debe contar con información detallada de los materiales que subyacen en su superficie. Esto, con el fin de identificar problemas potenciales, predecir el comportamiento del suelo ante las diferentes solicitaciones y definir las medidas y recomendaciones adecuadas para su diseño y construcción.

Por eso se hace indispensable el uso y aplicación de los estudios geotécnicos, ya que, a través del conjunto de actividades que estos implican, se puede conocer la naturaleza del suelo, su disposición en profundidad, propiedades geomecánicas más importantes de los materiales existentes, así como, descartar o confirmar la presencia del nivel freático y suelos de difícil manejo. La Universidad Industrial de Santander brinda la posibilidad al estudiante de realizar práctica empresarial como modalidad de proyecto de grado, la cual se puede desarrollar con cualquier empresa que tenga suscrito un convenio y presente algún campo de aplicación relacionado con la ingeniería civil.

Con la realización de la práctica empresarial en ALICON & ING S.A.S, el estudiante se incorpora a un nuevo flujo de trabajo en el cual aplica los conocimientos adquiridos durante su tiempo de estudio de pregrado, para dar solución a problemas de tipo ingenieril en el área de geotecnia, desarrolla competencias laborales para su futuro y adquiere experiencia a fin de formar un profesional integral.

En el presente artículo se busca mostrar las actividades realizadas y metodologías utilizadas durante el período de ejecución de la práctica empresarial como auxiliar en el área de geotecnia.

Tiempo en el cual se tuvo la oportunidad de participar en diferentes proyectos de índole geotécnico, ejecutando labores de apoyo en el laboratorio de suelos y en actividades de oficina.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Realizar práctica empresarial como auxiliar de ingeniería en el área de geotecnia con la firma ALICON & ING S.A.S.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar labores de apoyo en las actividades de exploración de campo y del laboratorio de suelos.
- Realizar labores de apoyo en las actividades de diseño geotécnico relacionadas a los diferentes estudios en los que esté involucrada la firma consultora.
- Realizar labores de apoyo en la elaboración de planes de proyectos, presupuestos y licitaciones.
- Realizar labores de apoyo en la elaboración de informes geotécnicos.

2. Información de la empresa

ALICON & ING S.A.S es una empresa con más de 8 años de experiencia, ofreciendo servicios de asesoría, interventoría, diseños y estudios en los diferentes campos de la consultoría geotécnica, minera, ambiental, gestión del riesgo y territorial, además cuenta con excelente equipo de trabajo comprometido en ofrecer a sus clientes tanto a nivel privado como público, soluciones integrales, sostenibles, económicas y de alta calidad, para así generar la satisfacción y confianza en sus relaciones a largo plazo.



Figura 1. Logo ALICON & ING S.A.S.

Nota: Adaptado de *Logo empresa* [imagen], por Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S, 2018. Recuperado de <https://aliconingenieria.com/>.

Fue constituida por sus socios en el año 2009 y su representante legal a cargo es el Geólogo Msc en geotecnia José Neyith Contreras Sandoval, profesional egresado de la Universidad Industrial de Santander. En la actualidad se encuentra ubicada en la carrera 23 No. 39-30 interior 101 en el barrio Bolívar de la ciudad de Bucaramanga.

3. Marco de referencia

3.1 Ensayo de penetración estándar (SPT)

El ensayo de penetración estándar (SPT), bautizado así por Terzaghi en el año 1947 (Rogers, 2006), se fundamenta en hincar un tomamuestras de tubo partido o penetrómetro de media caña con diámetro de 2" (50.8 mm) en dirección vertical, el cual se enrosca en el extremo de una tubería de penetración y mediante la caída libre desde una altura de 30" (76 cm) de una pesa o martillo con un peso de 140 lb (63.5 kg), se registra el número de golpes necesarios para hincar el penetrómetro tres intervalos de 6" (15cm) y la suma de los dos últimos es el denominado número de penetración estándar (N) en golpes/pie (Gonzáles, 1999; Juárez y Rico, 2005). Si durante la ejecución del ensayo el número de golpes presente es mayor a 50 golpes/15 cm o el valor de N es mayor a 100 golpes/pie y no presenta avance; se suspende la prueba ya que el material presenta la condición de rechazo (Gonzáles, 1999).

Uno de los objetivos del SPT es identificar la distribución en profundidad de los materiales y la presencia de nivel freático (Suárez, 1998). Las muestras recuperadas del ensayo son de tipo alteradas y se trasportan al laboratorio para la ejecución de ensayos como clasificación del suelo, análisis de distribución granulométrica, determinación del contenido de humedad y límites de Atterberg (Das, 2012).

Este ensayo es quizás el método más popular en cuanto exploración de suelos, debido a su fácil ejecución y cuantiosa literatura relacionada (Gonzáles, 1999), del cual, se han propuesto

numerosas correlaciones en los diferentes tipos de suelos, estableciendo aproximaciones de parámetros en las arenas como densidad relativa (ver tabla 1), ángulo de fricción, capacidad portante y en arcillas valores de consistencia y resistencia a la compresión simple (ver tabla 2) (Juárez y Rico, 2005).

Tabla 1.

Densidad Relativa en arenas según resultados del SPT

No. de golpes N	Densidad Relativa
0-4	Muy suelta
4-10	Suelta
10-30	Medianamente densa
30-50	Densa
mayor de 50	Muy Densa

Nota: Adaptado de *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*, (p. 337), por Terzaghi, K., y Peck, R., 1978, (2a ed.), Barcelona: El Ateneo S.A.

Tabla 2.

Correlación de parámetros en arcillas según valores del SPT

N	Consistencia	Resistencia a compresión simple
		(q_u , kN/m^2)
0-2	Muy blanda	0-25
2-5	Blanda	25-50
5-10	Rigidez media	50-100
10-20	Firme	100-200
20-30	Muy Firme	200-400
>30	Dura	>400

Nota: Adaptado de *fundamentos de ingeniería geotécnica*, (p.257), por Das, B. M., 2001, México:

International Thomson Editores.

A pesar de su amplio uso, hay factores a tener en consideración, ya que producen variación en los resultados como el diámetro de perforación, la longitud de la barra de perforación desde el punto de golpeo al penetrómetro, el revestimiento interno del tomamuestras, la configuración de golpeo que depende de cómo se controle la caída y la clase de martinete, y la eficiencia de la energía transmitida al tomamuestras (Das, 2012; Gonzáles, 1999). Según la norma INV E 111-13 en su numeral 3.3, el valor de N se debe ajustar para una relación energética del 60 % (N_{60}). La ecuación 1, presenta la forma en la que se corrige el N de campo.

$$N_{60} = \frac{N\eta_H\eta_B\eta_S\eta_R C_N}{60} \quad (1)$$

Donde:

N_{60} : número de penetración estándar corregido

N : numero de penetración estándar

η_H : eficiencia del martillo (%)

η_B : factor de corrección por diámetro de perforación

η_S : factor de corrección por revestimiento

η_R : factor de corrección por longitud de barra de perforación

C_N : factor por confinamiento

3.2 Límites de Atterberg

La consistencia de los suelos arcillosos varía a medida que cambia su contenido de humedad (Terzaghi y Peck, 1978), presentando diferentes tipos de estados, ya sea fluyendo como un líquido o comportándose como un material plástico, semi-sólido o sólido (Das, 2012). Los contenidos de humedad límites entre estos estados de consistencia, son conocidos como límites de Atterberg

(Terzaghi y Peck,1978) y se categorizan como límite líquido, límite plástico y límite de contracción (ver figura 2).

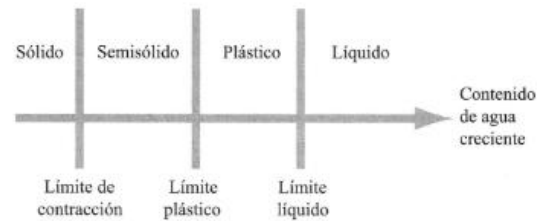


Figura 2. Límites de consistencia.

Nota: Adaptado de *fundamentos de ingeniería geotécnica*, (p.27), por Das, B. M., 2001, México: International Thomson Editores.

En la actualidad los límites de Atterberg presentan varios campos de aplicación en la ingeniería como la determinación de la consistencia en arcillas o compresibilidad en limos; junto con otras propiedades se usan para la identificación y clasificación de la fracción fina de los suelos, evaluación en su comportamiento mediante correlaciones estableciendo características como el potencial de expansión, compresibilidad, permeabilidad, entre otras (Lambe y Whitman, 2004; INV E-126,2013).

3.2.1 Límites líquido Se define como el contenido de humedad límite entre el cambio de estado plástico y líquido, para el ensayo se utiliza una cazuela de bronce apoyada sobre un bloque de material especial, la cual se levanta mediante una manivela o motor por una leva a una altura de 10 mm y se deja caer a una velocidad de 2 golpes/segundo; el fin de este ensayo, consiste en obtener el porcentaje de humedad necesaria para que la muestra de suelo ranurada en la cazuela se cierre en el fondo 13 mm con 25 golpes (Das, 2001).

3.2.2 Límite plástico El valor límite de humedad donde el suelo cambia de estado plástico a estado semisólido se define como límite plástico. El ensayo para su determinación consiste en hallar la humedad necesaria para que cilindros de 3.2 mm de diámetro presenten agrietamiento o se desmoronen (Das, 2012).

3.3 Asentamientos

Según Terzaghi y Peck (1978) “se entiende por asentamiento, el hundimiento de una estructura provocado por la compresión y deformación del suelo situado debajo de la misma” (p.264). Existen dos categorías principales de asentamientos, ya sea asentamiento de tipo inmediato o elástico, el cual se asocia a la respuesta inmediata del suelo ante cargas del proyecto o asentamiento por consolidación que son los producidos con el paso del tiempo; la suma de estos, son llamados asentamientos totales (Das, 2012).

El fenómeno de consolidación puede ser consolidación primaria, que son los asentamientos a causa de la disminución del volumen por la expulsión del agua en suelos saturados cohesivos y consolidación secundaria donde bajo la acción de un esfuerzo efectivo constante, la estructura del suelo presenta un ajuste plástico (Das, 2001).

4. Descripción de actividades realizadas

En el marco del desarrollo de la práctica empresarial, el estudiante en su función como auxiliar de ingeniería en el área de geotecnia participó en diferentes actividades, realizando labores de apoyo en la elaboración de informes geotécnicos y ejecución de tareas relacionadas con el laboratorio de suelos; todas bajo supervisión y dirección por parte del tutor. A continuación, una descripción general de las principales actividades ejecutadas y sus metodologías utilizadas durante el período de la práctica.

4.1 Actividades de laboratorio

Realizada la exploración del terreno del proyecto por parte del equipo de campo, el practicante colaboró ejecutando labores de apoyo en el laboratorio de suelos, bajo los lineamientos establecidos por la empresa y supervisión del personal de laboratorio. En el anexo A se presentan registro fotográfico de cada proceso realizado en el laboratorio.

4.1.1 Recepción de muestras Las muestras obtenidas de los sondeos del ensayo SPT, fueron transportadas al laboratorio, para la realización de ensayos como granulometría y determinación de constantes físicas. Una vez recibidas, se procedió a depositar las muestras de cada uno de los sondeos en taras, etiquetándolas con el nombre del sondeo y rango de profundidad en la que fue hallada; luego, mediante observación se identificaron las muestras con características muy

similares en cuanto material, color, humedad, textura y se unificaron en una misma tara, seguidamente, las muestras se disgregaron manualmente y pesaron hasta completar como mínimo 1100 gramos, distribuidos para la realización de ensayos de humedad, límites de consistencia y granulometría; finalmente, se introdujeron al horno para su proceso de desecación

4.1.2 Tamizado de muestra para límites de consistencia Las muestras extraídas del horno, se disgregaron para separar los terrones en granos individuales, posteriormente, se colaboró en la obtención de por lo menos 250 g de material pasante del tamiz 425 μm (No.40), para la determinación del límite líquido y plástico

4.1.3 Lavado de material en el tamiz No. 200 Para el análisis granulométrico en seco de la fracción mayor al tamiz de 75 μm (No. 200), ejecutado por el grupo de laboratoristas; se apoyó en el proceso de lavado por el tamiz No.200. En primer lugar, las muestras se colocaron en taras y cubrieron con agua, dejándolas en remojo para ablandar los terrones de material, el siguiente paso fue lavar las muestras con abundante agua potable sobre el tamiz No.200, hasta que no se evidenció restos de material pasante.

4.1.4 Límites de Atterberg En cuanto a la ejecución de la práctica empresarial, se tuvo la oportunidad de apoyar en la realización de ensayos de límites de consistencia como lo son el líquido y el plástico.

4.1.4.1 Límite líquido Este ensayo se ejecuta de acuerdo a la norma I.N.V.E-125-13, la cual establece dos métodos para la determinación del límite líquido; en el caso de ALICON & ING S.A.S emplea el denominado método multi-punto o método A con preparación de muestra por vía seca. Inicialmente se tomó 150 g como mínimo de material pasante del tamiz No. 40 y depositó sobre una placa de vidrio esmerilado donde se le agregó incrementos de agua destilada y se mezcló mediante una espátula de tal manera que se lograra la incorporación o absorción completa en la masa de suelo en cada incremento, hasta alcanzar una mezcla de tipo homogénea. La cantidad de adiciones de agua era indicada por el personal de laboratorio con más experiencia, hasta alcanzar una consistencia del suelo donde el rango de cierre de la ranura se encontrará entre 25 a 35 golpes.

Una porción de la mezcla se colocó en la cazuela de bronce, se comprimió, extendió y niveló con la espátula evitando la formación de burbujas de aire en el interior de la masa de suelo y de modo que la profundidad en el punto de mayor altura alcanzara un 1 cm de espesor. Seguidamente con el ranurador curvo, se dividió en dos partes a lo largo la muestra depositada en la cazuela, realizando en lo posible una pasada firme; en caso de que el suelo presentara desgarramiento, se realizó la ranura con varias pasadas de forma progresiva hasta obtener una ranura limpia, efectuando como máximo seis (6) pasadas. Con la muestra ranurada, se procedió a ejecutar el número de golpes necesarios para cerrar la ranura 13 mm (0.5”) en el rango de 25 a 35 golpes, a una velocidad de 2 golpes/segundo por medio del aparato de límite líquido de operación mecánica, se registró el valor de número de golpes y se llevó una porción al horno para determinar su humedad.

Una vez se terminó el primer tanteo, la muestra restante de la cazuela se incorporó con la inicialmente preparada, a la cual se le agregó más incrementos de agua para alcanzar un mayor estado de fluidez y realizó el mismo procedimiento descrito por lo menos en dos ensayos

adicionales, a fin de obtener la humedad en muestras con intervalos de cierre entre 20-30 y 15-25, dando así por finalizado el procedimiento de laboratorio del ensayo. Con los resultados obtenidos, en una hoja de cálculo se graficó el porcentaje de humedad contra el valor de número de golpes en escala logarítmica y se ajustaron a una curva, de la cual se obtuvo el valor de límite líquido.

4.1.4.2 Límite plástico Los lineamientos a seguir para su determinación en el laboratorio de suelos corresponden a los establecidos en la norma INV E-126-13. Para el ensayo se tomó como mínimo 20 g de material pasante del tamiz No. 40, a los cuales se les agregó agua destilada hasta obtener una masa de suelo de consistencia que permitiera su ejecución, la cual se moldeó manualmente en forma de elipsoide, y seguidamente, sobre una placa de vidrio esmerilado, se procedió a amasar y ejercer presión con la palma de la mano o dedos para formar cilindros de aproximadamente 3 mm de diámetro que evidenciaran la presencia de grietas en su superficie o desmoronamiento, finalmente, se depositaron las porciones de los rollos en dos taras con un peso de suelo de mínimo 10 gramos y se halló el valor de la humedad promedio o límite plástico.

4.2 Características sísmicas de acuerdo a la norma NSR-10

Dentro del capítulo de generalidades de los estudios geotécnicos era necesario mostrar la información sísmica principal de la zona de estudio, clasificar el perfil de suelo y calcular el espectro de aceleraciones.

4.2.1 Información sísmica general Esta actividad radicó en obtener los parámetros sísmicos para las zonas de estudio, establecidos en el apéndice A-4 de la norma NSR-10, identificando la

zona de amenaza sísmica (alta, intermedia y baja), valores de aceleración horizontal pico efectiva Pseudo estática (A_a) y velocidad horizontal pico efectiva (A_v).

4.2.2 Perfil de suelo Según la norma NSR-10 existen seis posibles perfiles de suelos para la clasificación de los 30 m superiores del mismo, tipo A hasta E. Los parámetros que se utilizan para la definición deben corresponder como mínimo a espesores de 1.5 m, en el caso de los estudios realizados por la empresa se utilizan dos alternativas (1) el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) \bar{N} o (2) la velocidad media de la onda de cortante (\bar{v}_s) en m/s, resultante del post-proceso de un estudio geofísico como lo es el ensayo de refracción sísmica. En la mayoría de proyectos trabajados la metodología para clasificación del perfil de suelo, correspondía a los datos del ensayo SPT obtenidos cada 0.5 m y corregidos.

El procedimiento usado para obtener el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil del suelo de acuerdo a la norma NSR-10 se debe calcular con la ecuación A.2.4-2 (ver ecuación 2).

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (2)$$

Donde:

d_i : Espesor de estrato del suelo i, en este caso 0.5 m. N_i : Número de golpes/pie corregidos por energía N_{60} en el espesor i menor a 100.

Con el valor de \bar{N} o \bar{v}_s para el estrato de estudio, se seleccionó el perfil de suelo de la profundidad explorada, de acuerdo a los criterios establecidos por la tabla A.2.4-1 o la tabla A.2.4-2 de la NSR-10. A partir de los coeficientes A_a y A_v , y con el tipo de perfil de suelo, se halló los valores de los coeficientes F_a y F_v con las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 de la norma NSR-10.

4.2.3 Cálculo del espectro de aceleraciones Según la funcionalidad del proyecto para el cual la empresa realizó el estudio geotécnico, se seleccionó su grupo de uso siendo IV, III, II o I y el valor del coeficiente de importancia, tal como lo indica el numeral A.2.5.1 y la tabla A.2.5-1 de la NSR-10. Con los principales parámetros sísmicos del suelo de estudio y de la construcción, se realizó el cálculo del espectro de aceleraciones según la figura A.2.6-1 de la NSR-10.

4.3 Apoyo en la elaboración del capítulo de exploración geotécnica

El propósito de este capítulo en la realización de los informes geotécnicos de los proyectos en los que se colaboró es mostrar, recopilar y determinar las principales características del subsuelo propio de la zona de estudio; para esto se efectuaron algunas de las siguientes actividades.

4.3.1 Digitalización de formatos y registros fotográficos El equipo de exploración después de ejecutar los ensayos de campo, entregó al practicante los formatos de campo con información como nombre del proyecto, número del sondeo o apique, coordenadas del punto de ejecución, datos de golpes/pies en el caso del ensayo SPT o profundidad en los apiques e imágenes como evidencia del trabajo realizado. Con esto se realizó la digitalización de los datos y organización de documentos anexos del registro fotográfico donde se evidenció la ejecución del ensayo en campo, las muestras obtenidas del ensayo SPT o profundidad del apique.

4.3.2 Descripción de la investigación del subsuelo Consistía en dar a conocer información sobre las actividades realizadas durante la exploración geotécnica y la fase de laboratorio, señalando las principales características encontradas. En primer lugar, se listó la cantidad de

ensayos de campo tales como sondeos y apiques con su respectiva profundidad y los ensayos de laboratorio bien sean granulometrías, límites de consistencia, humedad natural y cortes directos.

En este ítem del capítulo de exploración se mostró las coordenadas y ubicación en planta de los ensayos ejecutados en campo, presentando un resumen del número de golpes/pies (N) a las diferentes profundidades alcanzadas, gráficas de número de golpes (N) contra profundidad del sondeo y reporte sobre la presencia del nivel freático.

4.3.3 Resultados de la fase de ensayos de laboratorio El proceso de laboratorio juega un papel fundamental en toda caracterización y obtención de parámetros de suelos, de manera que la interpretación correcta de sus resultados es crucial en la toma de decisiones tales como el sistema suelo-fundación a utilizar, recomendaciones en el proyecto a realizar y predicciones de comportamiento del suelo.

Durante el período de ejecución de la práctica empresarial se colaboró en la interpretación de los resultados de laboratorio de ensayos como granulometría y límites de consistencia con el fin de clasificar las muestras de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). En el análisis se mostró la clasificación de cada muestra, el rango de valores mínimos y máximos encontrados en los límites líquidos y plásticos y características de la humedad presente en las muestras obtenidas mediante el ensayo de penetración estándar (SPT).

Otro ensayo ejecutado en el laboratorio de suelos de la empresa con la finalidad de determinar los parámetros característicos de resistencia del suelo (ángulo de fricción y cohesión), corresponde al ensayo de corte directo para el cual se fallan tres o más especímenes, cada uno bajo una velocidad controlada y carga normal diferente, logrando así encontrar mediante una regresión lineal la envolvente de falla. El apoyo en la fase de resultados del laboratorio en cuanto al ensayo

de corte directo consistió en resumir en forma sistemática los resultados del ángulo de fricción y cohesión en la zona de estudio.

4.4 Cálculo del potencial de expansión

Las arcillas plásticas se expanden ante el aumento de humedad y se contraen ante la pérdida de la misma. Las estructuras cimentadas en este tipo de suelos presentan patologías debido a los efectos causados por la expansión como levantamiento, hinchamiento, fisuramientos, agrietamientos y daños de sus elementos estructurales y no estructurales (Das, 2001; NSR, 2010).

Con el fin de prever este fenómeno, reconocer su magnitud y tomar las recomendaciones adecuadas, se han desarrollado diferentes metodologías indirectas para establecer el grado de potencial de expansión del suelo a partir de propiedades como los límites de Atterberg, contenido de coloides y expansión libre del suelo (Patrone y Prefumo, 2005). Investigadores como Dakshanamanthy y Raman (1973) desarrollaron un criterio de clasificación de acuerdo a la carta de plasticidad, categorizando la expansión del suelo como bajo, medio, alto, muy alto y extra alto; en el caso particular de Colombia existen la norma INV E-132-13, donde se exponen métodos para cuantificar si un suelo es potencialmente expansivo y la tabla H.9.1-1 de la NSR-10 procedimiento implementado por ALICON & ING S.A.S, en la que se resumen diversos criterios de laboratorio para la clasificación de suelos expansivos.

El practicante con los resultados de laboratorio de límites de consistencia y tomando como sistema de clasificación lo establecido por la NSR-10, colaboró en la determinación del potencial de expansión de las diferentes exploraciones geotécnicas ejecutadas en algunos de los proyectos que trabajó, así tal cual como la empresa lo requirió.

4.5 Capacidad portante

El tutor a cargo del practicante cuenta con maestría en el área de geotecnia y fue el encargado de seleccionar, dimensionar o verificar el tipo de cimentación más viable en cada proyecto; para ello, hay que tener en consideración varios factores principales, que según Peck, Hanson y Thornburn (2012) son “la función, las cargas a soportar, las condiciones del subsuelo y el costo de la cimentación” (p.303). Ya definido el tipo de cimentación, se debe conocer y asegurar su comportamiento ante fenómenos de falla por capacidad de carga del suelo y asentamientos excesivos que puedan causar daños a la estructura.

En general, los estudios de los que se formó parte correspondían a cimentaciones de tipo superficiales, para las cuales se apoyó en labores de cálculo de capacidad de carga ante falla por corte, con el propósito de dar conocimiento al tutor sobre la resistencia del suelo a diferentes profundidades. Siendo así, el tutor de acuerdo con sus criterios fijó una profundidad de desplante para la cimentación dimensionada o propuesta por el ingeniero estructural del proyecto e hizo algunas recomendaciones a tener en cuenta a la hora de construir. A continuación, la descripción de los dos métodos en los que se colaboró en el cálculo.

4.5.1 Terzaghi (1943) El método de Terzaghi (1943) pionero en cuanto al cálculo de capacidad de carga última del suelo (q_u) en cimentaciones superficiales, es decir cimentaciones donde la profundidad de desplante (D_f) es 3 a 4 veces el ancho de la cimentación. Inicialmente, planteó su teoría para una cimentación corrida con el tipo de falla general por corte, más tarde Terzaghi realizó modificaciones para variaciones en la geometría de la cimentación de tipo circular o cuadrada y en suelos que presentan falla local por corte.

Las fórmulas empleadas de este método por ALICON & ING S.A.S en los proyectos que se participó, corresponden a las dadas para falla local, ya que, de acuerdo con los datos obtenidos del ensayo SPT en las exploraciones, muestran que las compacidades encontradas para arenas se ubican en el rango de media a densa y según Vesic (1973) para arenas en el intervalo de compacidad relativa entre 0.35 a 0.7, el modo de falla más común presentada corresponde a falla local de corte; además, este tipo de falla brinda valores más conservadores comparado con la falla de tipo general.

4.5.2 Meyerhof (1956) modificado por Bowles (1977) Meyerhof (1956) en principio correlacionó los resultados corregidos del ensayo SPT (N_{corr}), con la presión de carga admisible neta ($q_{adm(neta)}$), para un asentamiento máximo estimado de 1 pulgada. Meyerhof (1965) recomendó el incremento en un 50 % de la capacidad de carga. Bowles (1977) modificó el método teniendo en consideración factores como la profundidad de cimentación y un asentamiento tolerable de máximo 1.0 pulgada; planteó la ecuación 3 para un ancho de cimentación (B) \leq 1.22 m y la ecuación 4 para $B > 1.22$ m.

$$q_{adm(neta)} \left(\text{KN}/\text{m}^2 \right) = 19.16 N_{cor} F_d \left(\frac{S_e}{25} \right) \quad (3)$$

$$q_{adm(neta)} \left(\text{KN}/\text{m}^2 \right) = 11.96 N_{cor} \left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2 F_d \left(\frac{S_e}{25.4} \right) \quad (4)$$

Donde:

$$F_d : \text{Factor de profundidad} = 1 + 0.33 \left(\frac{D_f}{B} \right) \leq 1.33$$

S_e : Asentamiento tolerable máximo (mm)

Los valores de golpes N del ensayo SPT, se corrigen por ALICON & ING S.A.S para el cálculo de capacidades portantes, aplicando coeficientes de corrección por energía (C_e) y por confinamiento o profundidad (C_D) (ver ecuación 5).

$$N_{cor} = C_e \cdot C_D \cdot N \quad (5)$$

4.5.2.1 Corrección por energía (C_e) Según lo establecido por Tokimatsu y Seed (1987) para un sistema de polea y de pesa con hueco circular, el coeficiente de corrección por energía es de 0.75. Sistema similar al usado por la empresa, por lo tanto, se usó este coeficiente.

4.5.2.2 Corrección por confinamiento o profundidad El valor del coeficiente de corrección por profundidad (C_D), se estimó de acuerdo con la tabla 3, en la cual se muestra el criterio establecido por Tokimatsu y Seed (1984).

Tabla 3.

Valores de corrección por profundidad

PROFUNDIDAD [m]	Cd
Menos 1.5	1.60
2.0	1.50
3.0	1.35
4.0	1.20
5.0	1.00
10.0	0.70
15.0	0.55
20.0	0.50

Nota: Adaptado de *Simplified Procedures for the Evaluation of Settlements in Clean Sands*, por Tokimatsu, K. y Seed, H. B.1984.

4.6 Cálculo de asentamientos

Desde el punto de vista estructural se pueden tener asentamientos totales uniformes en la cimentación, lo cual no generará solicitaciones extrañas en la estructura y en el caso particular de Colombia, estos deben cumplir con los requisitos establecidos en el numeral H.4.9.2 de la norma NSR-10. También están los asentamientos diferenciales, causantes de movimientos relativos en la cimentación, que conllevan a incrementos de esfuerzos, ocasionando daños en la construcción como grietas y fisuras (Bernal, 2005); sus valores límites están fijados en la tabla H.4.9-1 de la NSR-10.

ALICON & ING S.A.S con el fin de prever su magnitud y proponer soluciones ante posibles amenazas de deformaciones excesivas, en sus estudios geotécnicos calcula y reporta los asentamientos esperados en el suelo de cimentación, además, evalúa su cumplimiento según la norma NSR-10 y realiza las recomendaciones pertinentes.

En el marco de ejecución de la práctica empresarial, se colaboró por dirección del tutor en el cálculo de asentamientos inmediatos por la fórmula mejorada de Mayne y Poulos (1999) principalmente para cimientos de tipo rectangular, este método tiene en cuenta factores como la rigidez del cimiento, la profundidad de cimentación y el incremento del módulo elástico con la profundidad; en la figura 3 se muestran los parámetros a considerar para el cálculo, como el módulo de la elasticidad del cimiento (E_f), profundidad de desplante (D_f), espesor de la cimentación (t), y el diámetro equivalente (B_e). En el Apéndice B, se presenta la fórmula del método y las variables para utilizadas para el cálculo.

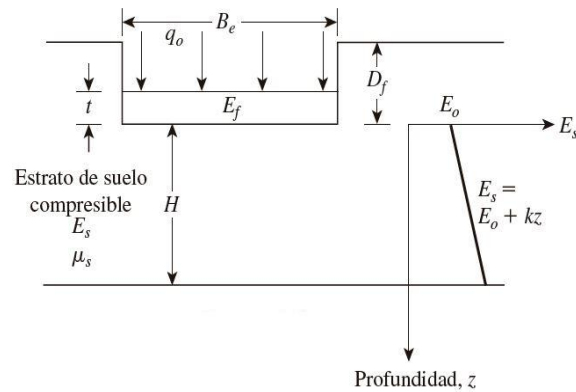


Figura 3. Parámetros para el cálculo de asentamientos.

Nota: Adaptado de *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (7a ed.)*, (p. 254), por Das, B. M., 2012, México, D.F.: Cengage Learning.

4.7 Otras actividades realizadas

Además de realizar las actividades ya mencionadas, durante la ejecución de la práctica, se apoyó el cálculo de capacidad por punta y fricción de dos caissons (ver Apéndice C), el dimensionamiento de un pavimento flexible para una estación de servicio (ver Apéndice D), también se realizó el acompañamiento en dos visitas técnicas.

En el proyecto desarrollado en el municipio de Ubalá, se colaboró en actividades como la realización de modelos de estabilidad de taludes en condiciones naturales para detectar y corroborar los procesos de inestabilidad de la zona, la determinación del factor de seguridad por volcamiento y deslizamiento para el dimensionamiento de un muro en gavión y el cálculo de cantidades de las obras propuestas por el tutor (ver Apéndice E)

5. Proyectos Relacionados

Durante los meses de febrero a mayo, tiempo en el cual se ejecutó la práctica empresarial, se presentó la oportunidad de participar en diferentes proyectos, ejerciendo labores de apoyo como auxiliar de ingeniería en el área de geotecnia. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los proyectos en los cuales se participó, donde se listan las principales actividades realizadas, presentando sus resultados adjuntos en el anexo de cada proyecto.

5.1 Consultoría para la realización de los estudios y diseños correspondientes al diagnóstico, rehabilitación, ampliación y optimización del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón

La Empresa Pública de Alcantarillado de Santander S.A (EMPAS); desarrolla los estudios y diseños para garantizar la integridad de la red del Sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Dentro de los alcances de ALICON & ING S.A.S, se encuentra la caracterización geológica y geotécnica con el fin de establecer las condiciones y restricciones que pueda tener el terreno a la hora de construir los diferentes tramos de alcantarillado.

ALICON & ING S.A.S inicialmente ejecutó el estudio de tres líneas de alcantarillado mostradas en la figura 4. Para realizar su caracterización se llevaron a cabo dos exploraciones geotécnicas, donde el estudiante al inicio de la práctica se involucró en la siguiente lista de tareas

correspondientes a la segunda exploración, de las cuales se presentan sus resultados y evidencias en el Apéndice C.

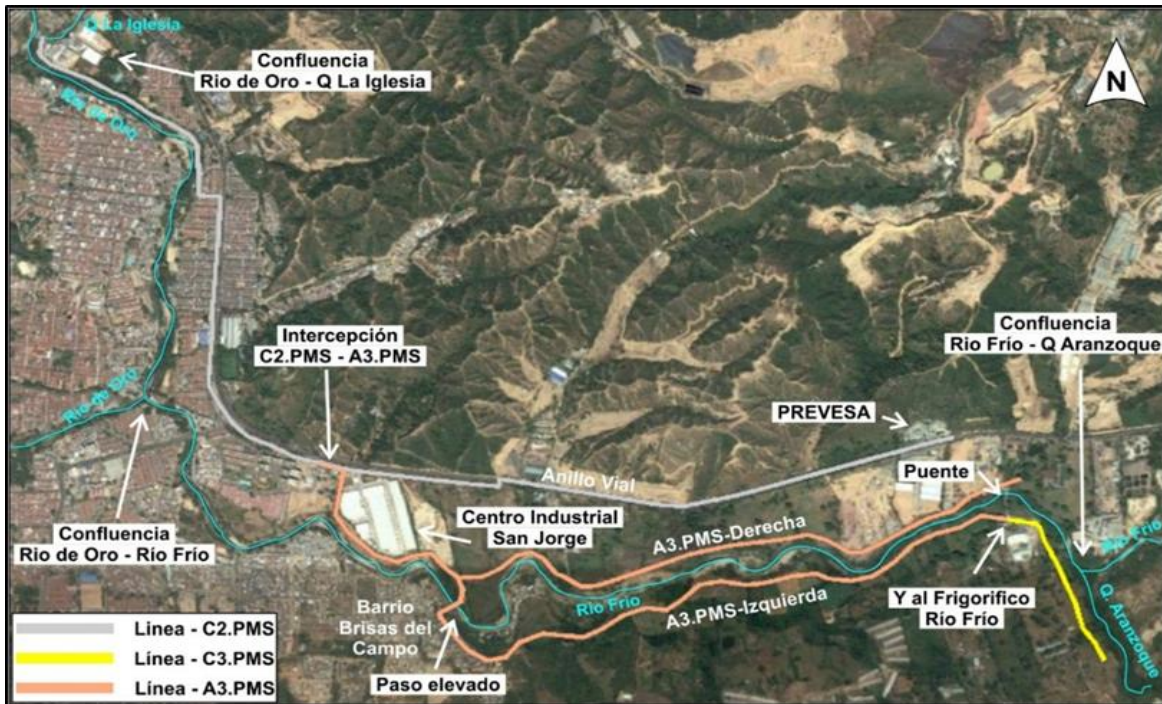


Figura 4. Localización detallada de las tres líneas de plan de manejo sanitario.

Nota: Adaptado de *Google Earth Pro* (7.3.2), por Google LLC, 2018.

- Hallar características sísmicas de acuerdo a la Norma NSR-10.
- Elaboración del capítulo Exploración geotécnica.
- Cálculo de capacidades portantes por los métodos Terzaghi y Meryehof modificado por Bowles (1977).
- Verificación del parámetro de aislamiento y cota de inundación para los tramos de estudio.
- Apoyo en el pre-dimensionamiento de dos pilas para la estructura de un paso elevado, en el cálculo de capacidad por punta y por fricción.

Además, se acompañó el grupo técnico de ALICON & ING S.A.S en dos visitas de campo, realizadas a los tramos C4 localizado en las cercanías del Río de Oro y la zona industrial chimita del municipio de Girón (ver figura 5) y el tramo A2 al este del casco urbano del municipio de Bucaramanga (ver figura 6). El propósito de estas visitas consistió en identificar los posibles sectores críticos donde las condiciones del terreno representen dificultades para la construcción de los tramos de alcantarillado ya sea por posibles procesos de inestabilidad, presencia de altas pendientes, mal manejo de aguas entre otros.

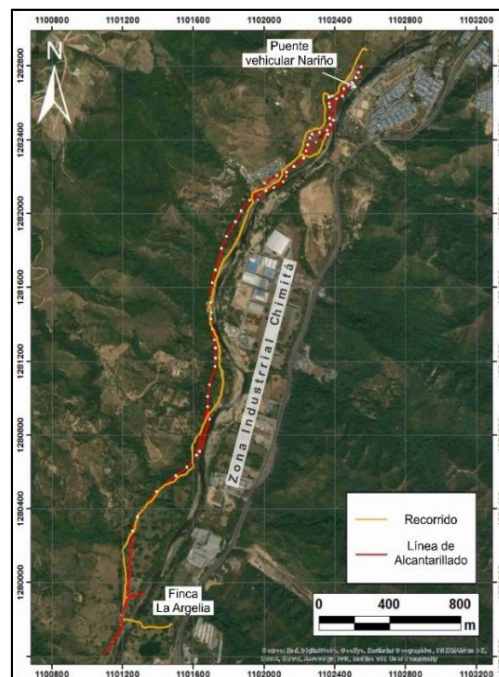


Figura 5. Localización general del tramo C4.

Nota: Adaptado de *World Imagery-ArcGIS*, por Esri et al., 2018. Recuperado de http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery.

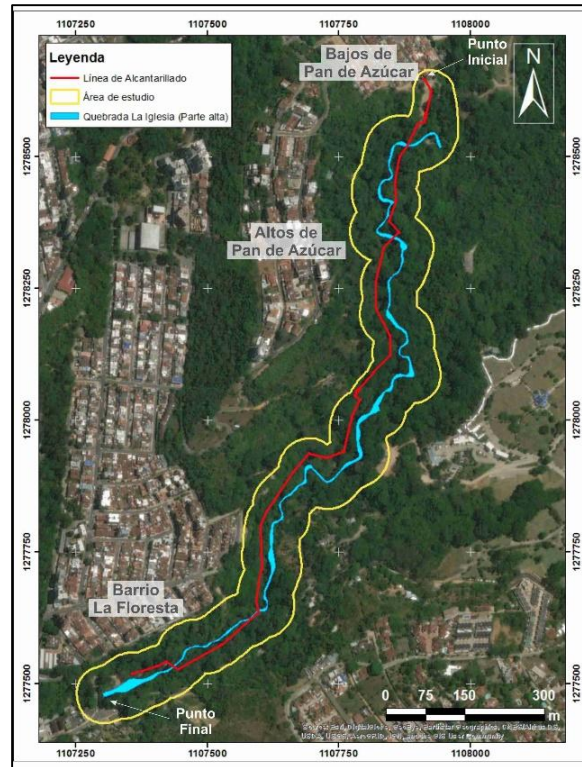


Figura 6. Localización general del tramo A2

Nota: Adaptado de *World Imagery-ArcGIS*, por Esri et al., 2018. Recuperado de http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery.

La función asignada al practicante durante las visitas fue realizar un registro fotográfico y anotaciones en la bitácora de campo con la descripción de los puntos críticos identificados por el grupo técnico de trabajo, posteriormente en oficina se realizó un reporte general de lo observado en las visitas. Las evidencias de cada visita se encuentran consignadas en los Apéndices F y G.

5.2 Estudios geotécnicos para la construcción de CAI en los sectores Poblado Calle 49, Villa Carolina II, Rincón de Girón Parte Alta, Mirador de San Juan, El Palenque y Acapulco del Municipio de Girón, Santander.

La Policía nacional plantea la construcción de seis (6) Centros de Atención Inmediata CAI, ubicados en diferentes puntos del Municipio de San Juan de Girón como se muestra en la figura 7, ALICON & ING S.A.S en este proyecto realizó el estudio geotécnico, con el fin de determinar las recomendaciones necesarias para garantizar el correcto comportamiento del suelo ante las cargas de las estructuras proyectadas.

ALICON & ING S.A.S para caracterizar los predios de estudio desarrolló una exploración del subsuelo, la cual constó de la realización de dieciocho (18) sondeos, tres por cada CAI y ocho apiques. En el desarrollo del proyecto se colaboró en diferentes áreas, ejecutando tareas de oficina y en el laboratorio de suelos. A continuación, se listan las labores de apoyo en las que se participó; en el Apéndice H se presentan los resultados y evidencias.

- Actividades del laboratorio de suelos (recepción de muestras, lavado por el tamiz 200, límites de consistencia)
- Hallar características sísmicas de acuerdo a la Norma NSR-10.
- Elaboración del capítulo Exploración geotécnica.
- Cálculo de capacidades portantes por los métodos de Terzaghi y Meryehof modificado por Bowles (1977)
- Apoyo en el cálculo de asentamientos inmediatos por el método de Mayne y Poulos (1999).



Figura 7. Localización general de los CAIS.

Nota: Adaptado de *World Imagery-ArcGIS*, por Esri et al., 2018. Recuperado de http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery.

5.3 Revisión y análisis a estudio de delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y condiciones de riesgo, determinando las medidas específicas para su mitigación en el municipio de: Ubalá.

El principal objetivo de este proyecto fue proponer obras civiles de mitigación en las zonas de amenaza alta y en aquellas vulnerables frente a deslizamientos en masa del terreno, a partir de la revisión y análisis del estudio desarrollado por el Consorcio J&G (2015) para CORPOGUAVIO en su volumen C, tomo VIII del casco urbano del municipio de Ubalá.

Dentro de las áreas de estudio se encontró el denominado por el Consorcio J&G (2015) como sector crítico (ver figura 8), ubicado en el costado norte oeste del casco urbano de Ubalá, entre la vía Gacheta-Ubalá y la calle 12. El practicante colaboró en actividades de oficina desarrolladas

para la zona de la parte superior de la vía de este sector, afectada por un deslizamiento de tipo rotacional responsable de la falla de un muro en gavión existente, a causa de la recarga hidráulica en los estratos del suelo.

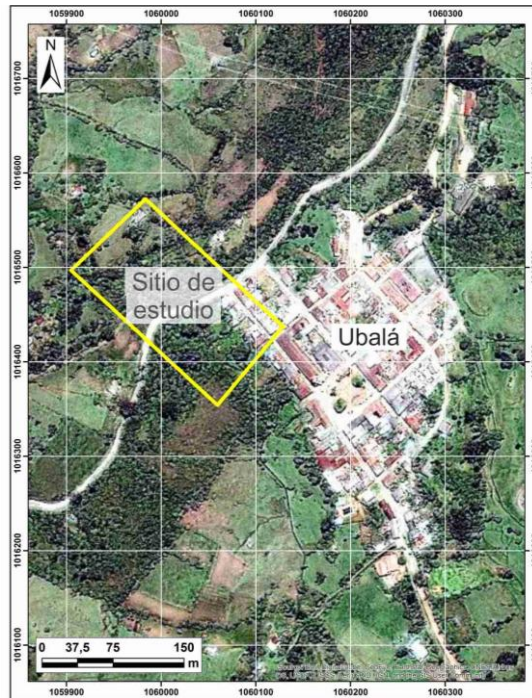


Figura 8. Localización sitio de estudio Ubalá.

Nota: Adaptado de *World Imagery-ArcGIS*, por Esri et al., 2018. Recuperado de http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery.

El apoyo en este proyecto inicialmente consistió en la revisión del documento del Consorcio J&G (2015), con el fin de extraer información del perfil estratigráfico presente, los parámetros geo-mecánicos y condiciones del terreno. Seguidamente, se colaboró en la realización de modelos de estabilidad en condiciones naturales para la ladera bajo la instrucción del tutor, donde se evidenció la inestabilidad del sector.

El tutor propuso obras de estabilidad, control de erosión y manejo de escorrentía, como un muro en gavión de 5 metros de altura, del cual se asistió su pre-dimensionamiento, además se colaboró en el cálculo de cantidades. En el Apéndice E se presentan evidencias de las actividades realizadas.

5.4 Estudio Geotécnico Para El Predio Ubicado En La Calle 149b No. 38-61, Barrio Villa Real Sur Municipio Floridablanca, Santander.

Se planteó la realización del estudio geotécnico en un predio que corresponde a una vivienda con número predial 1-02-0575-0034-914 perteneciente a la urbanización Villareal, ubicada en la calle 149B # 38-61, unidad 101, vivienda 31, lote 16, manzana A en el municipio de Floridablanca, Santander (ver figura 9).

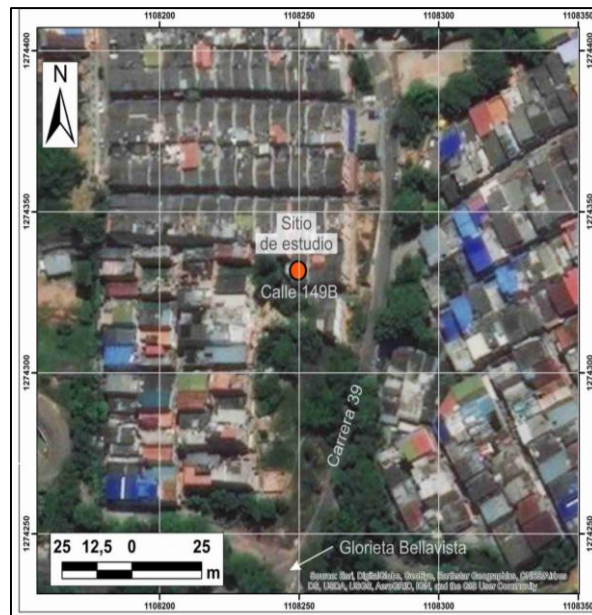


Figura 9. Localización sitio de estudio Ubalá.

Nota: Adaptado de *World Imagery-ArcGIS*, por Esri et al., 2018. Recuperado de http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery.

ALICON & ING S.A.S para caracterizar el sitio de estudio desarrolló una exploración del subsuelo, la cual constó de la realización de tres (3) sondeos, y un apique. En el desarrollo del proyecto se colaboró en diferentes áreas, ejecutando tareas de oficina y en el laboratorio de suelos. A continuación, se listan las labores de apoyo en las que se participó, en el Apéndice I se presentan las evidencias de cada una.

- Actividades del laboratorio de suelos (recepción de muestras, lavado por el tamiz 200, límites de consistencia)
- Hallar características sísmicas de acuerdo a la Norma NSR-10.
- Elaboración del capítulo Exploración geotécnica.
- Cálculo de capacidades portantes por el método de Meryehof modificado por Bowles (1977).
- Apoyo en el cálculo de asentamientos inmediatos por el método de Mayne y Poulos (1999).

5.5 Estudio geotécnico y diseño de pavimento para la estación de servicio (EDS), municipio de Sardinata, Norte de Santander.

ALICON & ING S.A.S desarrolló el estudio geotécnico y diseño del pavimento para el área donde se plantea construir una estación de servicio localizada aproximadamente a 3.4 km al noreste del casco urbano de Sardinata, Norte de Santander (ver figura 10); para esto, efectuó actividades de exploración de campo como la realización de tres sondeos a seis (6) metros de profundidad y tres (3) apiques para ejecución de ensayos de CBR y cortes directos.

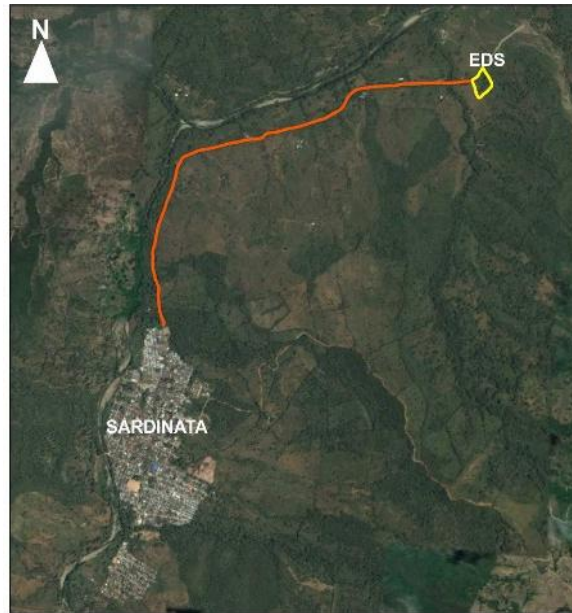


Figura 10. Localización geográfica de la EDS.

Nota: Adaptado de *Google Earth Pro (7.3.2)*, por Google LLC, 2018.

El practicante en este proyecto apoyó actividades de laboratorio de suelos como la recepción de muestras, lavado por el tamiz No. 200 durante el proceso de granulometría, tamizado de muestra para límites de Atterberg y su realización; además, en la fase de oficina colaboró en la elaboración del capítulo de exploración, determinación de características sísmicas del sector de acuerdo a la NSR-10, cálculo de capacidad portante por el método de Terzaghi y Meryehof modificado por Bowles (1977) y en el sector de la EDS donde se tiene proyectado la construcción de pavimento flexible, se apoyó en su dimensionamiento por la metodología AASTHO-93 (ver figura 11). Las evidencias y resultados de estas actividades se presentan en el Apéndice D.

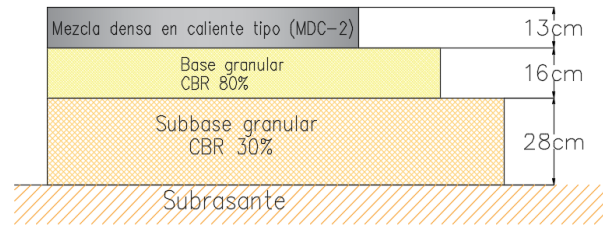


Figura 11. Pavimento dimensionado.

6. Conclusiones

La realización de la práctica empresarial como auxiliar en el área de geotecnia en la empresa ALICON & ING S.A.S bajo la supervisión de un tutor, es una experiencia importante para el proceso de formación del estudiante, ya que permite adaptarse a nuevos flujos de trabajo, colaborar con un grupo técnico conformado por diferentes disciplinas, ampliar y aplicar a problemas de tipo ingenieril los conocimientos adquiridos durante el pregrado, desarrollando así criterios para dar soluciones eficientes y contribuir al propósito de formar un profesional de alta calidad.

Durante los cuatro meses de duración de la práctica se tuvo la oportunidad de apoyar la ejecución de actividades del laboratorio de suelos como la recepción de muestras, el lavado de muestras sobre el tamiz No.200 en el proceso de granulometría, la preparación de material para los ensayos de límites de consistencia y su realización, esto siguiendo las metodologías establecidas por ALICON & ING S.A.S. Efectuar en varias ocasiones dichos ensayos en diferentes tipos de suelos, bajo la supervisión y colaboración del tutor de la práctica y los laboratoristas, permitió afianzar los conocimientos técnicos previamente adquiridos en el proceso de formación universitaria y crear experiencia, así como desarrollar criterios para su ejecución e interpretación

de resultados, destrezas que son muy valiosas en la vida profesional, pero difíciles de alcanzar como estudiante.

El acompañamiento en las visitas de campo, brindó una visión más amplia sobre la importancia de conocer con antelación las condiciones del terreno in situ donde se tiene proyectado la ejecución de obras; ya que estas permitieron obtener por parte del grupo técnico, información relevante en cuanto a la identificación de sectores que pueden comprometer la integridad del proyecto o dificultar su proceso constructivo. Poder observar previamente los factores condicionantes sobre el terreno, da facultad para comprobar la veracidad de la información de oficina con lo encontrado en la inspección de campo y gracias a una buena correlación de estos, la realización de análisis más completos y la toma de decisiones más acertadas en la definición de obras geotécnicas, los métodos de exploración y su cantidad a realizar.

Dentro de las actividades de diseño geotécnico asociadas a los estudios en los que se participó, se colaboró en la realización de tareas como el apoyo en el cálculo de capacidad por punta y fricción de dos pilas, la asistencia en el dimensionamiento de un pavimento flexible, el desarrollo de modelos de estabilidad de taludes y la determinación del factor de seguridad por condición de volcamiento y deslizamiento para el dimensionamiento de un muro en gavión, donde fue necesario abundar en los conocimientos de asignaturas del pregrado como fundaciones, estabilidad de taludes y diseño de pavimentos aplicándolos en la solución de problemas de la vida real.

Se apoyó en la elaboración de informes geotécnicos, orientado principalmente en la redacción del capítulo de exploración con el fin de presentar los resultados de los ensayos de campo y laboratorio de suelos. Además, se realizaron labores de apoyo como la determinación de algunas características sísmicas del proyecto y clasificación del perfil de suelo explorado de acuerdo a la norma NSR-10, el cálculo de capacidad portante y asentamientos inmediatos. A medida que se

contribuyó en la elaboración y estructuración de los informes, se adquirió conocimientos en cuanto a los aspectos mínimos requeridos para la estructuración de un buen informe geotécnico y se constató de la importancia que tienen los mismos en el éxito de un proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S. (2018). *Consultoría para la realización de los estudios y diseños correspondientes al diagnóstico, rehabilitación, ampliación y optimización del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón*. Bucaramanga.
- Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S. (2018). *Estudio Geotécnico para el predio ubicado en la Calle 149b No.38-61, Barrio Villareal Sur Municipio Floridablanca, Santander*. Bucaramanga.
- Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S. (2018). *Estudios geotécnicos para la construcción de CAI en los sectores Poblado calle 49, Villa Carolina II, Rincón de Girón parte alta, Mirador de San Juan, el Palenque y Acapulco del municipio de Girón, Santander*. Bucaramanga.
- Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S. (2018). *Estudio geotécnico y diseño de pavimento para la estación de servicio (EDS), municipio de Sardinata, Norte de Santander*. Bucaramanga.
- Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S. (2018). *Logo empresa* [imagen]. Recuperado de <https://aliconingenieria.com/>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10*. Bogotá, DC.
- Bernal, J. R. (2005). *Hormigón armado: zapatas* (Vol. 4). Buenos Aires: Nobuko.
- Bowles, J. (1977). *Foundation Analysis and Design* (2da ed.). New York: McGraw-Hill.
- Consorcio J&G. (2015). *Estudios de delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y con condiciones de riesgo, determinando las medidas específicas para su mitigación en los municipios de Medina, Fómeque, Guasca, Junín, Gachetá, Ubalá, Gama y Gachalá. Volumen C, tomo VIII*. Corporación Autónoma Regional del Guavio, Bogotá D.C.

- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: International Thomson Editores
- Das, B. M. (2001). *Principios de ingeniería de cimentaciones*. México: International Thomson Editores
- Das, B. M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (7a ed.)*. México, D.F.: Cengage Learning.
- Dakshanamanthy, V., y Raman, V.(1973). A simple method of identifying an expansive soil. *Soils and Foundations*, 13(1), 97-104.
- Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, y la comunidad de usuarios GIS. (2018). *World Imagery-ArcGIS*. Recuperado de http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery.
- González, A. J. (1999). Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT. *X Jornadas geotécnicas de la ingeniería colombiana-SCI-SCG*. Bogotá.
- Google LLC. (2018). Google Earth Pro (7.3.2) [Software].
- Juárez, E., y Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos I: fundamentos de la mecánica de suelos (3a ed.)*. México: Limusa.
- Lambe, T. W., y Whitman, R. V. (2004). *Mecánica de suelos*. México, D.F: Limusa.
- Mayne, P. W. y Poulos H. G., (1999). Approximate Displacement Influence Factors for Elastic Shallow Foundations. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 125(6), 453-460.
- Meyerhof, G. G. (1956). Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers*, 82(SM1), 1-19.

- Meyerhof, G. G. (1965). Shallow Foundations. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers*, 91(SM2), 21-31.
- Patrone, J., & Prefumo, J. (2005). La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones. (U. d. Montevideo, Ed.) *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*(4), 51-74.
- Peck, R.B., Hanson, W.E., & Thornburn, T.H. (2012). *Ingeniería de cimentaciones*. Mexico D.F: Limusa.
- República de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de Vías. (2013). *Normas de ensayo para materiales de carreteras*. Bogotá, DC.
- Rogers, J. D. (2006). Subsurface exploration using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test. *Environmental and Engineering Geoscience*, 12(2), 161–179. <https://doi.org/10.2113/12.2.161>.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*, Ingeniería de Suelos Ltda. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical soils mechanics*. New York: J.wiley.
- Terzaghi, K., y Peck, R. (1978). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica* (2a ed.). Barcelona: El Ateneo S.A.
- Tokimatsu, K. y Seed, H. B., (1984). Simplified Procedures for the Evaluation of Settlements in Clean Sands. *Earthquake Engineering Research Center Report No. UCB/EERC- 84/16*, University California Berkeley.
- Tokimatsu, K. y Seed, H. B., (1987). Evaluation of settlement in sands due to earthquake shaking. *Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers*, 113(8), 861-878.
- Unión temporal erosión Ubalá. (2018). *Revisión y análisis a estudio de delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y con condiciones de riesgo, determinando las medidas específicas para su mitigación en el municipio de Ubalá*. Corporación Autónoma Regional del Guavio, Bucaramanga.

Vesic, A. S. (1973). Analysis of ultimate loads of shallow foundations. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers*, 99(SM1), 45-73.

Apéndices

(Ver documentos Adjuntos en el CD)