

**PRÁCTICA EMPRESARIAL PARA LA ASISTENCIA TECNICA EN EL CAMPO  
DE SUELOS Y GEOTECNIA QUE ADELANTA LA EMPRESA  
CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S**

**JOSE BENJAMIN GUTIERREZ RINCON**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOMECANICA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2019**

**PRACTICA EMPRESARIAL PARA LA ASISTENCIA TECNICA EN EL CAMPO  
DE SUELOS Y GEOTECNIA QUE ADELANTA LA EMPRESA  
CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S**

**JOSE BENJAMIN GUTIERREZ RINCON**

**Trabajo de Grado para optar el Título de Ingeniero Civil**

**DIRECTOR**

**WILFREDO DEL TORO RODRIGUEZ**

**Mestre en Engenharia Civil**

**TUTOR**

**MIGUEL ROBERTO SILVA**

**Magister en Geotecnia**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO MECANICA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mi madre, que la amo, por su apoyo incondicional en toda esta etapa.

A mi padre, que lo quiero mucho, por sus sabios consejos.

A mis hermanos y familiares por las alegrías y los buenos momentos compartidos.

A mis amigos, compañeros, y personas importantes para mí.

José Benjamín Gutiérrez Rincón

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco fundamentalmente a mi director de proyecto la Ing. M Sc. Wilfredo Del Toro y a mi tutor el Ing. Miguel Roberto Silva, por su colaboración en esta práctica empresarial.

A la academia y a todo el equipo de docentes que lo conforman. por vivir experiencias y compartir sus conocimientos, que contribuyeron con mi proceso de formación profesional.

A todos mis amigos, compañeros y personas que contribuyeron en mi formación integral como estudiante y persona.

Al Ingeniero Miguel Ángel Camargo y a la Empresa ConstruSuelos de Colombia S.A.S por la oportunidad brindada en el desarrollo de mi práctica empresarial

Expresarle mi gratitud al Ingeniero Rafael Jaimes por sus consejos y recomendaciones oportunas.

## CONTENIDO

|                                                                                                              | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                            | 16   |
| 1. OBJETIVOS .....                                                                                           | 17   |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL .....                                                                                   | 17   |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                                                               | 17   |
| 2. MARCO REFERENCIAL .....                                                                                   | 18   |
| 3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL<br>.....                                        | 19   |
| 3.1 FASE DE COORDINACION INICIAL .....                                                                       | 19   |
| 3.1.1 Recopilación y evaluación de los datos disponibles.....                                                | 19   |
| 3.1.2 Cálculo del número, profundidad y localización de los sondeos de cada<br>proyecto.....                 | 20   |
| 3.2 FASE DE ENLACE TECNICO. ....                                                                             | 21   |
| 3.2.1 Coordinación de los Ensayos de Campo. ....                                                             | 21   |
| 3.2.2 Coordinación de los Ensayos de Laboratorio. ....                                                       | 24   |
| 3.3 FASE DE OFICINA.....                                                                                     | 24   |
| 3.3.1 Calculo de la Corrección del Ensayo de Penetración Estándar (SPT). ....                                | 24   |
| 3.3.2 Cálculo del Valor de Angulo de Fricción.....                                                           | 25   |
| 3.3.3 Calculo del Estado Limite de Falla para Suelos Granulares para<br>Cimentaciones Superficiales.....     | 26   |
| 3.3.4 Calculo del Estados Límite de Servicio para Suelos Granulares para<br>Cimentaciones Superficiales..... | 28   |
| 3.3.5 Calculo del Estado Limite de Falla para Suelos Cohesivos para<br>Cimentaciones Superficiales.....      | 29   |

|                                                                                                                  |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 3.3.6 Calculo del Estados Límite de Servicio para Suelos Cohesivos para Cimentaciones Superficiales.....         | 30     |
| 3.3.7 Calculo de los Efectos Sísmicos para el Espectro de Diseño NSR-10 .....                                    | 31     |
| 3.4 FASE INFORME TECNICO .....                                                                                   | 32     |
| <br>4. RESULTADOS.PROYECTOS REALIZADOS .....                                                                     | <br>33 |
| 4.1 VIVIENDA UNIFAMILIAR, LOTE NÚMERO 58 DEL CONJUNTO RESIDENCIAL COUNTRY COLOR (PIEDRECUESTA). ....             | 33     |
| 4.1.1 Exploración de campo mediante perforaciones sondeos para caracterizaciones geo mecánicas del terreno. .... | 33     |
| 4.1.2 Caracterización geológica y geomorfológica del terreno en el área de influencia del estudio. ....          | 34     |
| 4.1.3 Ensayos y análisis de laboratorio, interpretación y análisis de resultado.....                             | 35     |
| 4.1.4 Recomendaciones para la cimentación de la vivienda. ....                                                   | 36     |
| 4.2 LOTE 6 CONJUNTO PICO DE ÁGUILA RUITOQUE CONDOMINIO (PIEDRECUESTA). ....                                      | 37     |
| 4.2.1 Exploración de campo mediante perforaciones sondeos para caracterizaciones geomecánicas del terreno. ....  | 37     |
| 4.2.2 Caracterización geológica y geomorfológica del terreno en el área de influencia del estudio. ....          | 38     |
| 4.2.3 Ensayos y análisis de laboratorio.....                                                                     | 38     |
| 4.2.4 Recomendaciones para la cimentación de la vivienda. ....                                                   | 40     |
| 4.3 LOCAL LAS DELICIAS LOCALIZADO EN LA CALLE10 NO 7-96 (PIEDRECUESTA). ....                                     | 41     |
| 4.3.1 Exploración de campo mediante perforaciones sondeos para caracterizaciones geo mecánicas del terreno. .... | 42     |
| 4.3.2 Caracterización geológica y geomorfológica del terreno en el área de influencia del estudio. ....          | 42     |
| 4.3.3 Ensayos y análisis de laboratorio.....                                                                     | 43     |
| 4.3.4 Recomendaciones para la cimentación de la vivienda. ....                                                   | 44     |

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4 VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CALLE 58 NO 30-94 BARRIO CONUCOS<br>(BUCARAMANGA) .....                              | 45 |
| 4.4.1 Exploración de campo mediante perforaciones sondeos para<br>caracterizaciones geo mecánicas del terreno. .... | 45 |
| 4.4.2 Caracterización geológica y geomorfológica del terreno en el área de<br>influencia del estudio. ....          | 46 |
| 4.4.3 Ensayos y análisis de laboratorio, interpretación y análisis de resultados. ....                              | 46 |
| 4.5 RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LA VIVIENDA.....                                                         | 47 |
| <br>5. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCION DEL PROCESO<br>CONSTRUCTIVO .....                                            | 49 |
| 5.1 RELLENOS .....                                                                                                  | 49 |
| 5.2 EXCAVACIONES. ....                                                                                              | 49 |
| 5.3 MANEJO DE NIVELES FREÁTICOS DURANTE CONSTRUCCIÓN.....                                                           | 50 |
| <br>6. CONCLUSIONES .....                                                                                           | 51 |
| <br>BIBLIOGRAFIA.....                                                                                               | 52 |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                           | <b>Pág.</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Ilustración 1. Fases de la metodología de trabajo. ....                                                                   | 19          |
| Ilustración 2. Correlaciones existentes de $\emptyset$ de acuerdo al N1, 60 .....                                         | 26          |
| Ilustración 3. Coeficiente de amplificación $F_a$ y $F_v$ del suelo para la zona de<br>periodos cortos del espectro. .... | 31          |
| Ilustración 4. Localización del proyecto.....                                                                             | 33          |
| Ilustración 5. Localización del proyecto.....                                                                             | 37          |
| Ilustración 6. Localización del proyecto.....                                                                             | 41          |
| Ilustración 7. Localización del proyecto.....                                                                             | 45          |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                    | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Clasificación de las unidades de construcción por categorías.....                                         | 20   |
| Tabla 2. Número mínimo de sondeos y profundidad.....                                                               | 21   |
| Tabla 3. Ensayos de campo realizados. ....                                                                         | 22   |
| Tabla 4. Correlación entre el número de golpes del ensayo SPT y la densidad<br>relativa de suelos granulares. .... | 23   |
| Tabla 5. Correlación entre el número de golpes del ensayo SPT y Consistencia de<br>los suelos cohesivos. ....      | 23   |
| Tabla 6. Caracterización de la calidad de Roca según el índice Rock Quality<br>Designation (RQD). ....             | 23   |
| Tabla 7. Ensayos de laboratorio realizados. ....                                                                   | 24   |
| Tabla 8. Corrección del factor de ancho de la base, Cb.....                                                        | 29   |
| Tabla 9. Clasificación de los perfiles de suelo.....                                                               | 31   |
| Tabla 10. Resumen registro de perforación SPT corregidas proyecto .....                                            | 34   |
| Tabla 11. Resumen registro de clasificación USCS proyecto #1.....                                                  | 35   |
| Tabla 12. Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica<br>de Piedecuesta Santander.....   | 36   |
| Tabla 13. Resumen registro de perforación SPT corregidas proyecto .....                                            | 38   |
| Tabla 14. Resumen registro de clasificación USCS proyecto #2.....                                                  | 39   |
| Tabla 15. Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica<br>de Piedecuesta Santander.....   | 40   |
| Tabla 16. Resumen registro de perforación SPT corregidas proyecto .....                                            | 42   |
| Tabla 17. Resumen registro de clasificación USCS proyecto #3.....                                                  | 43   |
| Tabla 18. Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica<br>de Piedecuesta Santander.....   | 44   |
| Tabla 19. Resumen registro de perforación SPT corregidas proyecto .....                                            | 46   |
| Tabla 20. Resumen registro de clasificación USCS proyecto #4.....                                                  | 46   |

Tabla 21. Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica de Bucaramanga Santander. ....47

## **LISTA DE ANEXOS**

**“Ver Anexos adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la base de datos de la Biblioteca UIS”**

Anexo A. Proyectos Práctica Empresarial con la Empresa Construsuelos de Colombia.

## RESUMEN

**TITULO:** PRÁCTICA EMPRESARIAL PARA LA ASISTENCIA TECNICA EN EL CAMPO DE SUELOS Y GEOTECNIA QUE ADELANTA LA EMPRESA CONSTRU SUELOS DE COLOMBIA S.A.S\*

**AUTOR:** JOSÉ BENJAMÍN GUTIÉRREZ RINCÓN\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Estudios Geotécnicos, capacidad de carga, asentamiento, Construcción de Suelos de Colombia S.A.S

### **DESCRIPCIÓN:**

El presente trabajo describe el desarrollo de la práctica empresarial en Construcción de Suelos de Colombia S.A.S especializada en el área de Geotecnia conformada por personal idóneo altamente calificado, cuenta con equipos, tecnologías y servicios necesarios para proyectos de orientados a distintos campos como lo son el diseño de estudios geotécnicos, asesoría y realización de obras civiles y ensayos de laboratorio para suelos, concretos y asfaltos.

El presente informe contiene la metodología de realización de los proyectos conformada por cuatro fases como lo son fase de coordinación inicial, fase de enlace técnico compuesta por coordinación de ensayos de campo y coordinación de ensayos de laboratorio, fase de trabajo de oficina, y fase de realización del informe técnico realizadas a largo de todo el desarrollo de la práctica empresarial.

Además el informe contiene los resultados de los métodos de exploración de campo, con sus respectivos análisis en el laboratorio y procesamiento de la información de las condiciones físico mecánicas del subsuelo, por los cuales se realizan las recomendaciones particulares de cimentación y su respectivas recomendaciones para la construcción relacionadas a cuatro proyectos localizados en la vivienda unifamiliar, Lote # 58 del Conjunto Residencial Contry Color (Piedecuesta), Lote # 6 Conjunto Pico de Águila, Ruitoque Condominio (Piedecuesta), Local Delicias Gaby calle 10 No 7-96 (Piedecuesta), Vivienda unifamiliar en la calle 58 No 30-94 Barrio Conucos (Bucaramanga), cumpliendo con las especificaciones generales de construcción norma sismo resistente NSR10, como prioridad protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro Rodriguez. Mestre en Engenharia Civil

## ABSTRACT

**TITLE:** BUSINESS PRACTICE FOR TECHNICAL ASSISTANCE IN THE SOIL FIELD AND GEOTECHNICS THAT ADVANCES THE COMPANY CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S\*

**AUTOR:** JOSÉ BENJAMÍN GUTIÉRREZ RINCÓN\*\*

**KEYWORDS:** Geotechnical studies, carrying capacity, settlement, ConstuSuelos S.A.S

### **DESCRIPTION:**

This paper describes describes the development of the business practice in ConstruSuelos de Colombia SAS specialized in the area of Geotechnics coformada by highly qualified qualified personnel, has equipment, technologies and services needed for projects oriented to different fields: design of geotechnical studies, consulting and realization of civil works and laboratory tests for soils, concretes and asphalts.

The present report contains the methodology of the realization of the projects conformed by the four phases as the phase of the initial coordination, the phase of the technical communication the answer of the field tests and the coordination of the laboratory tests, the phase of work of the office, and the completion phase of a technical report made throughout the development of business practice.

The report contains the results of the methods of exploration of the field, with the analyzes in the laboratory and the processing of the information in the mechanical physical conditions of the subsoil, in which the recommendations of the certification and their respective recommendations for the Construction are published. related to four projects located in the single-family home, Lot # 58 of the Residential Complex Contraste Color (Piedecuesta), Lot # 6 Conjunto Pico de Águila, Ruitoque Condominium (Piedecuesta), Local Delights Gaby calle 10 No 7-96 (Piedecuesta), Vivienda single-family on 58th street No 30-94 Barrio Conucos (Bucaramanga), complying with the general specifications of the NSR10 resistant earthquake standard construction, as a priority to protect the integrity of people facing any external phenomenon.

---

\* Graduation Project

\*\* Faculty of Physical- Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Wilfredo del Toro Rodriguez, Mestre en Engenharia Civil

## INTRODUCCIÓN

Uno de los sectores que mayor fortalecen la economía en el área metropolitana de Bucaramanga es el sector de la construcción, por esta razón es primordial el estudio de suelos para planificar, calcular y realizar la ejecución de cualquier tipo de obra, con el objetivo de diseñar con criterios de resistencia y seguridad en la cimentación y la estabilización de taludes de los proyectos, teniendo en cuenta las características físicas, mecánicas y geológicas del suelo.

El compromiso de CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S como empresa especializada en ofrecer servicios de consultoría, control de calidad y construcción en estabilidad de taludes, estudios de suelos y diseño de pavimentos y cimentaciones ofreciendo altos estándares de calidad.

Los proyectos que se realizaron en la práctica fueron cuatro los cuales son en las localidades ya mencionadas con la finalidad de investigar las características geológicas y geotécnicas de los suelos presentes en cada área del proyecto y diagnosticar el comportamiento sobre la estabilidad de los suelos y así dar recomendaciones a tipo de cimentación más adecuadas y proceso constructivo.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Apoyar en los estudios de suelos de cuatro (4) proyectos que lleve a cabo la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S como auxiliar de ingeniera en el área de geotecnia

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Participar como asistente en las pruebas de laboratorio de suelos de cuatro (4) proyectos que lleve a cabo la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S.
- Apoyar en el análisis de resultados en los estudios de suelos de cuatro (4) proyectos que lleve a cabo la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S.

## 2. MARCO REFERENCIAL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO:** Conjunto de actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de la edificación, protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo, además de proteger vías, instalaciones de servicios públicos, predios y construcciones vecinas<sup>1</sup>.

**INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO:** Estudio que incluye el conocimiento del origen geológico, la exploración del subsuelo, ensayos de campo y laboratorio necesarios para identificar, clasificar los parámetros físicos mecánicos de los suelos y rocas.

**CIMENTACIÓN:** Elemento de construcción cuya función principal es la transferencia adecuada de las cargas de las edificaciones al subsuelo, clasificadas como superficiales o profundas.

**CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO:** Se refiere a la capacidad que tiene un suelo de soportar una estructura y las presiones que esta genere.

**SUELO:** En Ingeniería Civil, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectivo, y que pueden tener materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo.

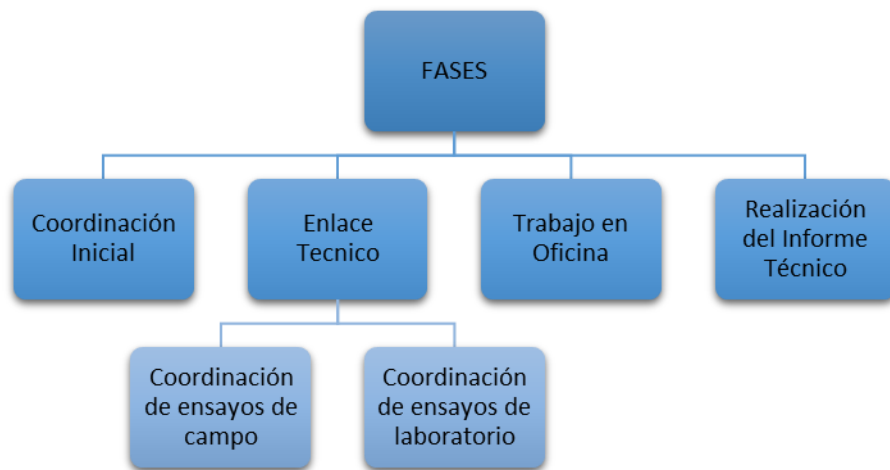
---

<sup>1</sup> ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. NSR10: Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10 Título H. Bogotá, AIS, 2010. 66 p.

### 3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

Se apoyó en los estudios de suelos de 4 proyectos, y se planearon en cuatro fases a lo largo de todo el desarrollo de la práctica empresarial. (Ver Ilustración 1)

**Ilustración 1.** Fases de la metodología de trabajo.



#### 3.1 FASE DE COORDINACION INICIAL

Se realizaron las siguientes dos (2) actividades:

**3.1.1 Recopilación y evaluación de los datos disponibles.** Se obtuvo las características geológicas, geomorfológicas y de sismicidad, de los lotes o viviendas existentes, así como la existencia e infraestructura vecinas y estudios anteriores, además se hizo una visita de inspección para efectos de elaboración del estudio.

Se investigaron los textos y planos del estudio de Zonificación Sismo geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga realizado por Ingeominas. Para

la descripción de la geología estructural se tomó como referencia la descripción en la memoria explicativa del mapa geológico generalizado del departamento de Santander (Ingeominas).

**3.1.2 Cálculo del número, profundidad y localización de los sondeos de cada proyecto.** Se definieron el número mínimo y la profundidad mínima de los sondeos exploratorios del subsuelo, los cuales dependen del tamaño de la edificación propuesta (unidad de construcción).

De acuerdo a los criterios de las tablas (Ver Tabla 1 y Ver Tabla 2) y teniendo en cuenta las siguientes referencias del título H de la NSR10.

- Número mínimo de sondeos. H.3.2.3
- Características y distribución de los sondeos. H.3.2-4.
- La profundidad dependiendo de la categoría de la unidad de construcción. H.3.2-5.

**Tabla 1.** Clasificación de las unidades de construcción por categorías.

| Categoría de la unidad de construcción |                                   |                                                       |
|----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Categoría de la unidad de construcción | Según los niveles de construcción | Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN) |
| Baja                                   | Hasta 3 niveles                   | Menores de 800                                        |
| Media                                  | Entre 4 y 10 niveles              | Entre 801 y 4000                                      |
| Alta                                   | Entre 11 y 20 niveles             | Entre 4000 y 8000                                     |
| Especial                               | Mayor de 20 niveles               | Mayores de 8000                                       |

**Tabla 2.** Número mínimo de sondeos y profundidad.

| Categoría Baja                    | Categoría Media                    | Categoría Alta                     | Categoría Especial                 |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Profundidad mínima de sondeos: 6m | Profundidad mínima de sondeos: 15m | Profundidad mínima de sondeos: 25m | Profundidad mínima de sondeos: 30m |
| Número mínimo de sondeos: 3m      | Número mínimo de sondeos: 4m       | Número mínimo de sondeos: 4m       | Número mínimo de sondeos: 5m       |

Se definió los puntos de ubicación de los sondeos, dependiendo del equipo, la morfología del terreno, y de esta forma se programaron los trabajos de campo y de laboratorio.

### **3.2 FASE DE ENLACE TECNICO.**

Esta fase se realizó con ayuda con el subgerente quien coordina la disponibilidad del día y hora para el traslado del equipo de los trabajadores de los proyectos que se van a realizar.

**3.2.1 Coordinación de los Ensayos de Campo.** Se realizó la coordinación con los trabajadores que realizan los sondeos de campo para informarles cuantos sondeos y la profundidad a realizarlos teniendo en cuenta la localización del proyecto.

Para la identificación de los materiales aflorantes sobre los cuatro (4) proyectos geotécnicos correspondientes al presente trabajo de grado, se desarrolló inicialmente un reconocimiento de campo donde se identificaron si existe laderas

de alta y mediana pendiente adyacentes a cada predio, también se tendrá en cuenta si presenta cobertura vegetal y también se observará si existen cuerpos de agua (drenajes) cerca a cada proyecto puntualmente, que pueda llegar a ser importante para toma de decisiones que genere un grado de confiabilidad alto para cada cimentación.

Se efectuó una exploración geotécnica que permite encontrar como es la distribución de los materiales en profundidad y cuáles son sus propiedades geomecánicas. La distribución de los materiales, se efectuó de manera que se recupere la mayor cantidad de información necesaria para cada uno de los proyectos de análisis.

Para la realización de la exploración del subsuelo se tuvieron en cuenta los siguientes tipos de ensayos. (Ver tabla 3)

**Tabla 3.** Ensayos de campo realizados.

| Ensayo                                                                          | Norma                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Ensayo de Penetración Estándar (SPT)                                            | Norma ASTM 1586<br>I.N.V. E – 111 – 13. |
| Equipo de perforación con brocas HQ y muestreo para investigaciones en el sitio | I.N.V. E – 108 – 13                     |

Para la interpretación de la información geotécnica obtenida en las exploraciones de campo, se presentan a continuación los criterios implementados. (Ver Tabla 4 a Tabla 6).

**Tabla 4.** Correlación entre el número de golpes del ensayo SPT y la densidad relativa de suelos granulares.

| Valor en número de Golpes | Densidad Relativa |
|---------------------------|-------------------|
| 0 – 4                     | Muy bajo          |
| 5 – 10                    | Bajo              |
| 11 – 24                   | Densidad media    |
| 25 – 50                   | Denso             |
| >50                       | Muy denso         |

**Tabla 5.** Correlación entre el número de golpes del ensayo SPT y Consistencia de los suelos cohesivos.

| Valor en número de Golpes | Consistencia        |
|---------------------------|---------------------|
| 0-1                       | Muy suave           |
| 2-4                       | Suave               |
| 5-8                       | Medianamente rigido |
| 9-15                      | Rigido              |
| 16-30                     | Muy rigido          |
| 31-60                     | Fuerte              |
| >60                       | Muy fuerte          |

**Tabla 6.** Caracterización de la calidad de Roca según el índice Rock Quality Designation (RQD).

| RQD       | Descripción de calidad de roca |
|-----------|--------------------------------|
| 0 – 25%   | Muy pobre                      |
| 25 – 50%  | Pobre                          |
| 50 – 75%  | Razonable                      |
| 75 – 90%  | Bueno                          |
| 90 – 100% | Excelente                      |

Las muestras tomadas en los sondeos, fueron debidamente empacadas, detallando donde se consignó el tipo de muestra, profundidad y descripción visual correspondiente, definiendo el tipo de material, los cambios de estrato y enviadas al laboratorio para su posterior análisis.

**3.2.2 Coordinación de los Ensayos de Laboratorio.** Se realizó la coordinación con los trabajadores de laboratorio para realizar los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas de cada proyecto. Se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio (Ver tabla 7).

**Tabla 7.** Ensayos de laboratorio realizados.

| Ensayo                                                                                                 | Norma                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Análisis granulométrico por tamizado                                                                   | ASTM D422-63 – AASHTO T88 I.N.V.E. 123    |
| Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) en suelo, roca y mezcla de suelo-agregado | ASTM D 2216 I.N.V.E. 122                  |
| 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 |
| Clasificación de suelos                                                                                | ASTM D 2487                               |

### 3.3 FASE DE OFICINA

Se realizó el análisis de los estados de límites de falla y de servicio para el diseño de las cimentaciones superficiales, con base en los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio de cada proyecto.

**3.3.1 Calculo de la Corrección del Ensayo de Penetración Estándar (SPT).** Se realizó la corrección al ensayo de SPT por perdida de energía obtenidas en campo al 60% energía de caída libre teórica del martillo y de sobrecarga teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$N_{60} = N_{campo} C_E C_R C_B C_S C_A C_{BF} C_C$$

$$N_{1,60} = N_{campo} C_N C_E C_R C_B C_S C_A C_{BF} C_C$$

En esta ecuación:

$N_{campo}$  =  
Numero de Golpes medidos en el campo.

$C_N$  =  
Factor de corrección de sobrecarga

$C_E$  =  
Factor de corrección por energía.

$C_R$  =  
Factor de corrección por longitud de las varillas.

$C_B$  =  
Factor de corrección por el diámetro de la perforación.

$C_S$  =  
Factor de corrección del revestimiento.

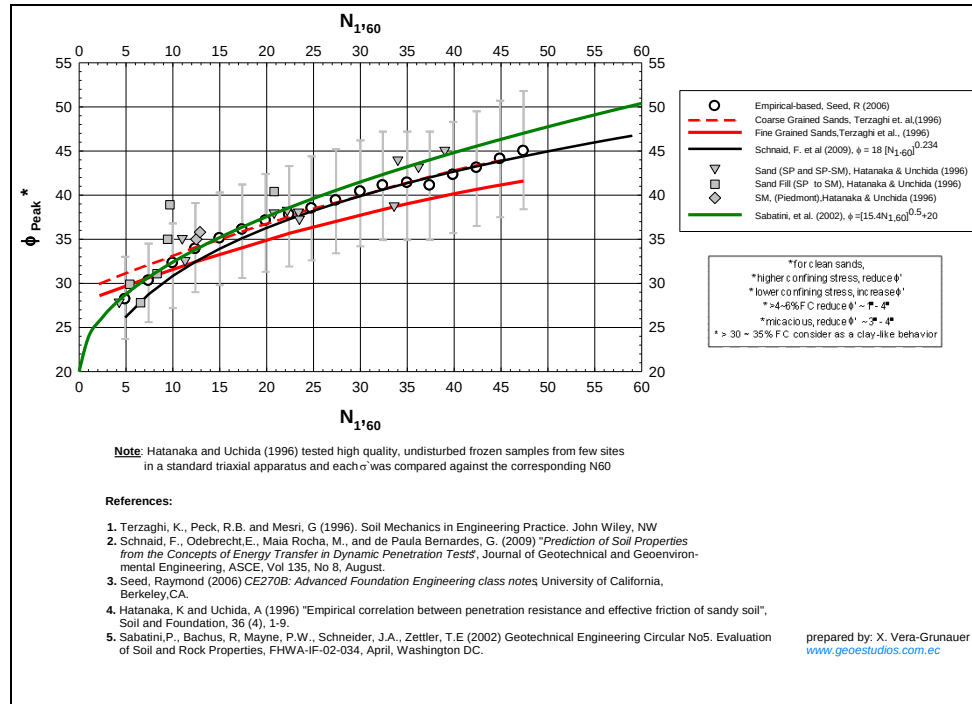
$C_A$  =  
Factor de corrección del bloque de impacto.

$C_{BS}$  =  
Factor de corrección de la frecuencia del número de golpes.

$C_C$  =  
Factor de corrección del amortiguamiento del martillo.

**3.3.2 Cálculo del Valor de Angulo de Fricción.** Se realizó el cálculo del valor del ángulo de fricción para suelos granulares y cohesivos implementando las correlaciones con el número de golpes de ensayo de SPT corregido por energía y sobrecarga N1, 60. (Ver ilustración N2)

## Ilustración 2. Correlaciones existentes de $\phi$ de acuerdo al $N_{1,60}$



Fuente: RAMIREZ, Jenny; TANDAZO, Eddie; VERA, Xavier. 2009.

**3.3.3 Cálculo del Estado Limite de Falla para Suelos Granulares para Cimentaciones Superficiales.** Se utilizó la ecuación general de la capacidad de carga de Braja M.Das, considerando los factores de forma, profundidad e inclinación de la carga.

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

En esta ecuación:

$c' = \text{Cohesión}$

Efectiva (t/m<sup>2</sup>)

$q = \text{Presión efectiva al nivel del}$

fondo de la cimentación (t/m<sup>2</sup>)

$\gamma = \text{Peso específico del terreno } (\frac{t}{m^3})$

$B = \text{Ancho de cimentación (m)}$

Factor de capacidad de carga.

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi.$$

$$N_q = \tan \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)^2 * e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_y = 2(N_q + 1) * \tan \phi$$

$F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = \text{Factor de forma}$

$F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = \text{Factor de profundidad}$

$F_{ci}, F_{qi}, F_{yi} = \text{Factor de inclinación}$

De esta manera se estimó una capacidad de carga admisible,  $q_{adm} = q_u / FS =$  para un factor de seguridad de 3.0.

El cuál es el valor mínimo para la capacidad de carga ultima en las cimentaciones superficiales según la ecuación [4]

$$q_{perm(neta)} = \frac{q_u - q}{FS}$$

Donde:

$q_u = \text{Capacidad de carga ultima}$

$$q = \gamma * D_f$$

**3.3.4 Calculo del Estados Límite de Servicio para Suelos Granulares para Cimentaciones Superficiales.** Se calculó el estado límite de servicio teniendo en cuenta las correlaciones medidas de asentamientos bajo influencia del N60 desarrollado por Terzaghi y Peck<sup>2</sup>, Peck, Hansen y Thornburn<sup>3</sup> y Meyerhoff<sup>4</sup>, se utilizó esta relación empírica para estimar los asentamientos, en el cual:

$$p_i = \frac{5p}{(N - 1.5) * C_B}$$

En esta ecuación:

$p_i = \text{Maximo asentamiento inmediato (ft)}$

$p = \text{Presion de trabajo} - (\text{tons/ft}^2)$   
)

$N = \text{Numero de Golpes}$

medidos en el campo.

$C_B = \text{Ancho de base (m)}$

corregida. (Ver tabla N6)

---

<sup>2</sup> TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph y MESRI, Goe. Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons. Inc., New York, 1967.

<sup>3</sup> PECK, Ralph; HANSON, Walter y THORNBURN, Thomas. Foundation engineering. New York: Wiley, 1974.

<sup>4</sup> MEYERHOFF, Howard. Antillean tectonics. 1965.

Para el cálculo de CB se calculó con la siguiente tabla. (Ver tabla N8)

**Tabla 8.** Corrección del factor de ancho de la base, Cb.

| Ancho de la Base | Cb   |
|------------------|------|
| $\leq 4$ ft      | 1,00 |
| 6 ft             | 0,95 |
| 8 ft             | 0,9  |
| 10 ft            | 0,85 |
| $\geq 12$ ft     | 0,8  |

Si la arena es limosa y está debajo del nivel freático, y el conteo de golpes es mayor que 15, se debe usar un conteo de golpes corregido.

La corrección del conteo de N se calcula con la siguiente ecuación.

$$N' = 15 + 0.5(N - 15)$$

Mediante estas correlaciones se estiman los asentamientos inmediatos en arenas como resultado de la distorsión o cambio de forma del estrato bajo la influencia de la carga.

**3.3.5 Calculo del Estado Limite de Falla para Suelos Cohesivos para Cimentaciones Superficiales.** Para este tipo suelo se utiliza las mismas ecuaciones y los mismos factores utilizados en los suelos granulares.

Para los valores de resistencia al cortante no drenada,  $S_u$ , utilizados para el cálculo de la capacidad de carga última, se obtuvieron mediante correlaciones empíricas con valores del número de golpes del ensayo de penetración estándar

SPT, mediante la siguiente expresión, propuesta por Hiroshan, Hettiarachchi y Brown<sup>5</sup>.

$$S_u = 0.4 \cdot N(1)60 \text{ (Ton/m}^2\text{)}$$

$$S_u = 4.0 \cdot N(1)60 \text{ (KPa)}$$

En los estados límite de falla en suelos cohesivos también se estimó una capacidad de carga admisible de  $q_{adm} = q_u / FS$  para un factor de seguridad de 3.

**3.3.6 Calculo del Estados Límite de Servicio para Suelos Cohesivos para Cimentaciones Superficiales.** Los asentamientos iniciales (elásticos) en arcillas, son considerados mediante la teoría elástica desarrollada por Jambu, Bjerrum y Kjaernsli<sup>6</sup> utilizando la siguiente ecuación:

$$p_i = I_o I_i \frac{q B}{E} (1 - \nu^2)$$

En esta ecuación:

$p_i$  = Asentamiento Probable (cm)

$\nu$  = Relacion de Poisson

$E$  = Modulo de Elasticidad ( $\frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$ )

$I_o, I_i$  = Factores de forma ( $\frac{\text{cm}}{\text{m}}$ )

$q$  = Presion de trabajo ( $\frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$ )

$B$  = Ancho de cimentación (m)

---

<sup>5</sup> HETTIARACHCHI, Hiroshan y BROWN, Timothy. Use of SPT blow counts to estimate shear strength properties of soils: energy balance approach. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2009, vol. 135, no 6, p. 830-834.

<sup>6</sup> CHRISTIAN, John.; DAVID, W. Janbu, Bjerrum and Kjaernsli's chart reinterpreted. *Canadian Geotechnical Journal*, 1978, vol. 15, no 1, p. 123-128.

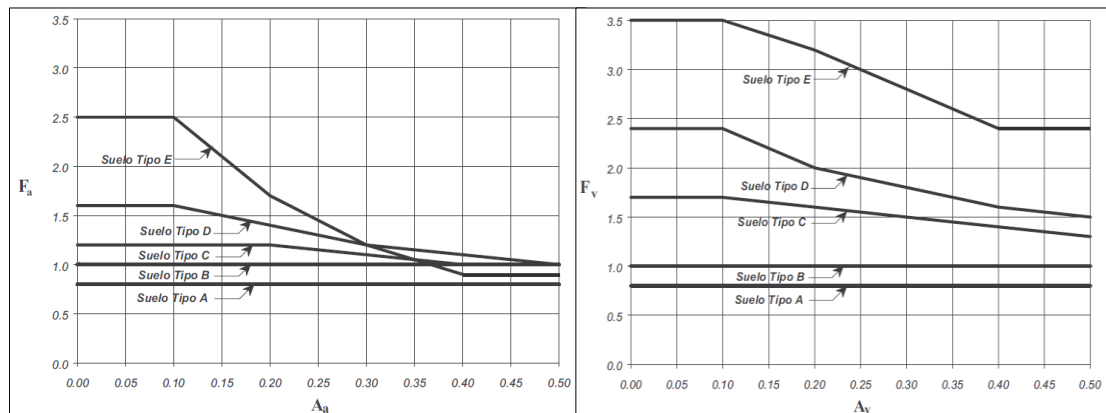
**3.3.7 Calculo de los Efectos Sísmicos para el Espectro de Diseño NSR-10.** Se tuvieron en cuenta las exploraciones de campo mediante ensayos el número de golpes promedio de la exploración del SPT para clasificar el suelo y hallar el  $F_a$  y  $F_v$ . Teniendo en cuenta la tabla 9 e ilustración 3.

**Tabla 9.** Clasificación de los perfiles de suelo

**Tabla A.2.4-1**  
Clasificación de los perfiles de suelo

| Tipo de perfil | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Definición                                                                                                                                     |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A              | Perfil de roca competente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $\bar{V}_s \geq 1500$ m/s                                                                                                                      |
| B              | Perfil de roca de rigidez media                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $1500$ m/s $> \bar{V}_s \geq 760$ m/s                                                                                                          |
| C              | Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $760$ m/s $> \bar{V}_s \geq 360$ m/s                                                                                                           |
|                | perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\bar{N} \geq 50$ , o<br>$\bar{s}_{u1} \geq 100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> )                                                       |
| D              | Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $360$ m/s $> \bar{V}_s \geq 180$ m/s                                                                                                           |
|                | perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $50 > \bar{N} \geq 15$ , o<br>$100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> ) $> \bar{s}_{u1} \geq 50$ kPa ( $\approx 0.5$ kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| E              | Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $180$ m/s $> \bar{V}_s$                                                                                                                        |
|                | perfil que contiene un espesor total $H$ mayor de 3 m de arcillas blandas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $IP > 20$<br>$w > 40\%$<br>$50$ kPa ( $\approx 0.50$ kgf/cm <sup>2</sup> ) $> \bar{s}_{u1}$                                                    |
| F              | Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases:<br>$F_1$ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.<br>$F_2$ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ( $H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).<br>$F_3$ — Arcillas de muy alta plasticidad ( $H > 7.5$ m con Índice de Plasticidad $IP > 75$ )<br>$F_4$ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ( $H > 36$ m) |                                                                                                                                                |

**Ilustración 3.** Coeficiente de amplificación  $F_a$  y  $F_v$  del suelo para la zona de periodos cortos del espectro.



### **3.4 FASE INFORME TECNICO**

Se asistió con el jefe de coordinación de proyectos a realizar el estudio geotécnico definitivo donde se redactaron las condiciones físicomecánicas del subsuelo, recomendaciones particulares para el diseño, recomendaciones para la construcción de las obras realizadas.

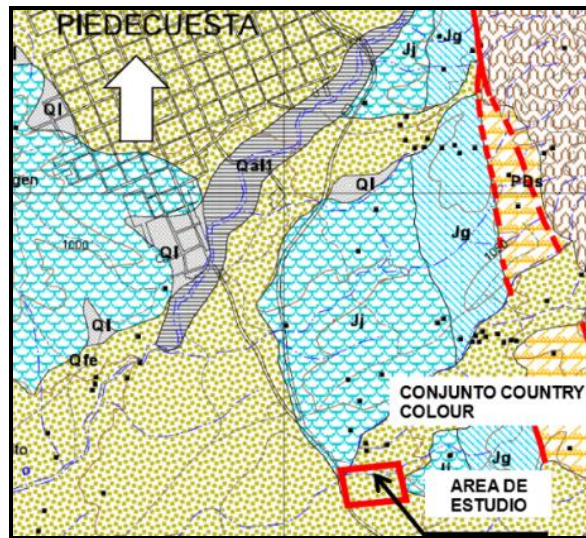
Los estudios realizados tienen los siguientes aspectos.

1. Descripción general del sitio de estudio.
2. Objetivos del estudio realizado.
3. Perspectivas del estudio realizado y la descripción de las actividades realizadas.
4. Se presenta la localización del área de estudio.
5. Los resultados de la campaña de exploración realizada para la caracterización geotécnica del suelo.
6. El modelo geológico del área en estudio.
7. Se definieron los modelos geológicos- geotécnicos con el fin de representar los resultados obtenidos en los trabajos de campo realizados.
8. En este capítulo se representan los criterios del reglamento colombiano de normas sísmo resistente NSR-10.
9. Se presenta la evaluación geotécnica de efectos sísmicos, para determinar el coeficiente pseudo - estático correspondiente a la zona y el proyecto estudiado.
10. Se presentan los análisis criterios del análisis geotécnicos para la estimación de los estados límite de falla y servicio de la cimentación y Cimentación propuesta.
11. Conclusiones y recomendaciones.
12. Anexos.

## 4. RESULTADOS PROYECTOS REALIZADOS

### 4.1 VIVIENDA UNIFAMILIAR, LOTE NÚMERO 58 DEL CONJUNTO RESIDENCIAL COUNTRY COLOR (PIEDRECUESTA).

**Ilustración 4.** Localización del proyecto.



El proyecto tiene como proyección la construcción de una vivienda unifamiliar de 2 pisos que se encuentra localizado, en el lote 58, del conjunto residencia Country Color, en el municipio de Piedecuesta Santander.

Teniendo en cuenta el número de niveles y las cargas máximas de servicio por columnas. El proyecto se categoriza de acuerdo a la tabla H.3.1-1 de la NSR-10, como categoría baja.

**4.1.1 Exploración de campo mediante perforaciones sondeos para caracterizaciones geo mecánicas del terreno.** En total se realizaron 18.80 metros de perforaciones mecánicas.

Se realizaron tres (3) perforaciones de profundidades variables entre 5,85 y 7.10 metros de profundidad.

**Tabla 10.** Resumen registro de perforación SPT corregidas proyecto

| PROF (m)    | S1     | S2     | S3     |
|-------------|--------|--------|--------|
| 0 - 0.45    | APIQUE | APIQUE | APIQUE |
| 0.45 - 0.9  | 6,91   | 10,37  | 6,91   |
| 0.9 - 1.35  | 8,56   | 14,67  | 8,56   |
| 1.35 - 1.8  | 7,98   | 21,96  | 9,98   |
| 1.8 - 2.25  | 9,51   | 21,61  | 12,96  |
| 2.25 - 2.70 | 4,64   | 19,33  | 22,42  |
| 2.70 - 3.15 | 2,12   | 25,41  | 15,53  |
| 3.15 - 3.6  | 1,96   | 23,52  | 7,84   |
| 3.6 - 4.05  | 7,33   | 23,22  | 10,39  |
| 4,02 - 4.5  | 12,68  | 25,35  | 20,17  |
| 4.5 - 4,95  | 12,51  | 24,6   | 24,05  |
| 4.95 - 5.4  | 13,47  | 12,51  | 21,37  |
| 5.4 - 5.85  | 9,59   | 25,45  | 21,96  |
| 5.85 - 6.30 | 11,55  |        | 25,89  |
| 6.30 - 6.75 | 8,48   |        | 34,65  |
| 6.75 - 7.20 | 9,57   |        |        |

Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

#### **4.1.2 Caracterización geológica y geomorfológica del terreno en el área de influencia del estudio.**

##### **Geología: Mezoico**

Formación Jordán Jj: Secuencia de areniscas violetas claras, de grano fino a medio, con intercalaciones de lodolitas y limolitas violetas oscuras a marrón.

**Geomorfología:** Flujos de escombros de piedemonte del macizo de Santander.

**4.1.3 Ensayos y análisis de laboratorio, interpretación y análisis de resultado.** Los resultados de clasificación de las muestras para cada sondeo fueron:

**Tabla 11.** Resumen registro de clasificación USCS proyecto #1.

| SONDEO            | PROF (m)    | USCS  | WN %  | LIMITES DE ATTERBERG |       |       | GRADACION |       |       |
|-------------------|-------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                   |             |       |       | LL %                 | LP %  | IP %  | G %       | A %   | F %   |
| 1 M1              | 0 - 0.90    | SC    | 9.25  | 32,00                | 21,00 | 11,00 | 20,42     | 44,70 | 34,88 |
| 1 M2.3.4.5        | 0.90 - 4.50 | SC    | 6,84  | 25,00                | 18,00 | 7,00  | 9,90      | 72,33 | 17,77 |
| 1 M6.7.8          | 4.50 - 7.20 | SM    | 5,69  | NP                   | NP    | NP    | 14,82     | 69,91 | 15,28 |
| 2 M1              | 0 - 0.90    | ML    | 17,68 | 33,00                | 24,00 | 9,00  | 1,01      | 4,41  | 94,57 |
| 2 M2.3.4          | 0.9 - 3.60  | SC-SM | 27,08 | 24,00                | 17,00 | 7,00  | 21,68     | 61,81 | 16,51 |
| 2 M5.6            | 3.6 - 5.40  | SC-SM | 7,40  | 22,00                | 16,00 | 6,00  | 23,49     | 57,28 | 19,23 |
| 3 M1              | 0 - 0.90    | SC    | 18,77 | 3,24                 | 51,32 | 54,44 | 3,24      | 51,32 | 45,44 |
| 3 M2.3.4          | 0.9 - 3.60  | SC-SM | 8,45  | 23,00                | 17,00 | 6,00  | 25,59     | 64,58 | 19,33 |
| 3 M5.6.7          | 3.60 - 6.3  | SC    | 6,09  | 24,00                | 17,00 | 7,00  | 16,34     | 61,87 | 21,79 |
| Valores Máximos   |             |       | 27,08 | 33,00                | 51,32 | 54,44 | 25,59     | 72,33 | 94,57 |
| Valores Promedios |             |       | 12,25 | 23,28                | 22,67 | 13,43 | 15,17     | 54,25 | 31,64 |
| Valores Mínimos   |             |       | 5,69  | 3,24                 | 16,00 | 6,00  | 1,01      | 4,41  | 15,28 |

Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Los resultados de los ensayos de laboratorio se encuentran en el capítulo de Anexos.

### Parámetros de diseño

**Nivel freático:** No se identificó en los sondeos realizados

**Peso Volumétrico:** 1.7 Ton/m<sup>3</sup>.

**Capacidad de Carga:** 15.0 Ton/m<sup>2</sup>.

**Angulo de fricción:** 31 grados.

**Profundidad de cimentación:** 4,5 metros desde el nivel donde se hicieron los sondeos.

Información para espectro de diseño NSR-10

Los resultados de la información del espectro de diseño fueron:

$$A_a = 0.25 \text{ y } A_d = 0.07 \text{ (Ver tabla 10).}$$

**Tabla 12.** Valores de  $A_a$ ,  $A_v$ ,  $A_e$  y  $A_d$  y definición de la zona de amenaza sísmica de Piedecuesta Santander.

| Departamento de Santander |                  |       |       |                         |       |       |
|---------------------------|------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| Municipio                 | Código Municipio | $A_a$ | $A_v$ | Zona de Amenaza Sísmica | $A_e$ | $A_d$ |
| Piedecuesta               | 68547            | 0.25  | 0.25  | Alta                    | 0.11  | 0.07  |

**4.1.4 Recomendaciones para la cimentación de la vivienda.** De acuerdo a las exploraciones de campo mediante ensayos de penetración estándar y de acuerdo al número de golpes promedio obtenido, el perfil de suelo se clasifica como perfil Tipo D.

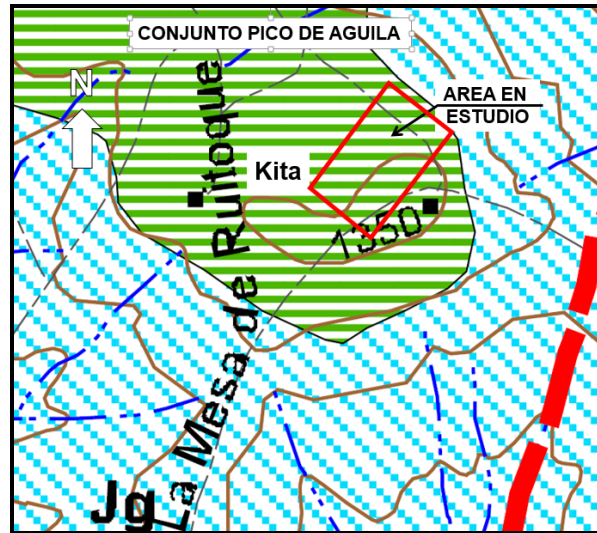
Según la exploración del campo realizado en la zona se determinó que la metodología de cálculo de estado límite de falla y servicio corresponde la expuesta anteriormente para suelos finos.

Se recomienda utilizar zapatas individuales de anchos variables entre 1,5 y 2,5 m. Estas zapatas, deben estar unidas por vigas de amarre y las placas de contrapiso proyectadas en los diferentes sectores, se deben apoyar sobre una capa de material granular de 10cm (mínimo).

Para controlar los niveles de asentamientos totales producto de la carga de las zapatas, la capacidad de carga admisible, no deberá ser mayor a 15,0 T/m<sup>2</sup>, a una profundidad de 4.5 m, medida desde el nivel del terreno actual.

## 4.2 LOTE 6 CONJUNTO PICO DE ÁGUILA RUITOQUE CONDOMINIO (PIEDECUESTA).

**Ilustración 5.** Localización del proyecto.



El proyecto tiene como proyección la construcción de una vivienda de dos (2) niveles y un (1) sótano, con un sistema estructural combinado y se encuentra localizado en el lote 6, del conjunto Pico de Águila, el cual se encuentra al sur-oriente de Ruitoque Condominio, en el municipio de Piedecuesta Santander.

Teniendo en cuenta el número de niveles y las cargas máximas de servicio por columnas que son menores a 800 KN, el proyecto se categoriza de acuerdo a la tabla H.3.1-1 de la NSR-10, como categoría baja.

**4.2.1 Exploración de campo mediante perforaciones sondeos para caracterizaciones geomecánicas del terreno.** En total se realizaron 33.40 metros de perforaciones mecánicas y de barrena.

Se realizaron seis (6) perforaciones de profundidades variables entre 5,85 y 12,40 metros de profundidad.

**Tabla 13.** Resumen registro de perforación SPT corregidas proyecto

| PROF (m)     | S1      | S2      | S3      | S4      | S5      | S6      |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 - 0.45     | APIQUE  | APIQUE  | APIQUE  | APIQUE  | APIQUE  | APIQUE  |
| 0.45 - 0.9   | 10,37   | 34,57   | 22,47   | 19,02   | 15,56   | 12,1    |
| 0.9 - 1.35   | 14,67   | 37,89   | 23,22   | 24,45   | 15,89   | 14,67   |
| 1.35 - 1.8   | 12,97   | 39,92   | 65,87   | 28,94   | 21,96   | 9,98    |
| 1.8 - 2.25   | 89,95   | 73,47   | BARRENA | 63,96   | 29,39   | 10,37   |
| 2.25 - 2.70  | BARRENA | BARRENA | 68,69   | BARRENA | 38,65   | 39,43   |
| 2.70 - 3.15  | 66,95   | 63,84   | BARRENA | 63,96   | 59,99   | BARRENA |
| 3.15 - 3.6   | BARRENA | BARRENA | 55,6    | BARRENA | BARRENA | 1,13    |
| 3.6 - 4.05   | 54,67   | 52,93   | BARRENA | 52,93   | 58,58   | 1,08    |
| 4.02 - 4.5   | BARRENA | BARRENA | BARRENA | BARRENA | BARRENA | 1,03    |
| 4.5 - 4,95   | BARRENA | BARRENA | BARRENA | BARRENA | BARRENA | BARRENA |
| 4.95 - 5.4   | BARRENA | BARRENA | BARRENA | BARRENA | BARRENA | 44,15   |
| 5.4 - 5.85   | BARRENA | BARRENA |         | BARRENA | 43,22   | BARRENA |
| 5.85 - 6.30  |         | BARRENA |         | BARRENA | BARRENA | BARRENA |
| 6.30 - 6.75  |         |         |         |         | BARRENA | BARRENA |
| 6.75 - 7.20  |         |         |         |         | BARRENA | 34,35   |
| 7.20 - 8,70  |         |         |         |         |         | BARRENA |
| 8.70 - 9,20  |         |         |         |         |         | BARRENA |
| 9.20 - 11,40 |         |         |         |         |         | BARRENA |

Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Los resultados de los ensayos de campo se encuentran en el capítulo de Anexos.

#### **4.2.2 Caracterización geológica y geomorfológica del terreno en el área de influencia del estudio.**

- Geología: Meozoico Kita. Formación tambor. Capas de areniscas cuarzosas claras intercaladas con areniscas micáceas y conglomerados, de color amarillo rojizo.
- Geomorfología: Rocas sedimentarias con pendientes moderadas a bajas.

**4.2.3 Ensayos y análisis de laboratorio.** Los resultados de clasificación de las muestras para cada sondeo fueron:

**Tabla 14.** Resumen registro de clasificación USCS proyecto #2.

| SONDEO            | PROF (m)    | USCS  | WN %  | LIMITES DE ATTERBERG |      |      | GRADACION |       |       |
|-------------------|-------------|-------|-------|----------------------|------|------|-----------|-------|-------|
|                   |             |       |       | LL %                 | LP % | IP % | G %       | A %   | F %   |
| 1 M1.2            | 0 - 1.5     | SM    | 11,09 | NP                   | NP   | NP   | 0,00      | 83,96 | 16,02 |
| 1 M2              | 1.5 - 6.0   | SP    | 23,69 | NP                   | NP   | NP   | 0,22      | 94,88 | 4,92  |
| 2 M1.2            | 0.0 - 1.8   | SM    | 8,30  | NP                   | NP   | NP   | 0,00      | 79,15 | 20,85 |
| 2 M3.4            | 1.8 - 4.8   | SP-SM | 26,34 | NP                   | NP   | NP   | 0,11      | 94,32 | 5,57  |
| 2 M5              | 4.8 - 6.3   | SP-SM | 26,85 | NP                   | NP   | NP   | 0,04      | 92,19 | 7,78  |
| 3 M1.2            | 0 - 1.35    | SM    | 9,96  | NP                   | NP   | NP   | 0,00      | 85,19 | 14,81 |
| 3 M3.4.5          | 1.35 - 5.85 | SP    | 24,58 | NP                   | NP   | NP   | 0,12      | 95,26 | 4,68  |
| 4 M1              | 0 - 0.9     | SM    | 4,94  | NP                   | NP   | NP   | 2,53      | 79,55 | 17,92 |
| 4 M2              | 0.90 - 1.8  | SP-SM | 4,92  | NP                   | NP   | NP   | 0,00      | 89,35 | 10,65 |
| 4M 3.4.5          | 1.8 - 6.30  | SP    | 23,95 | NP                   | NP   | NP   | 0,03      | 95,51 | 4,46  |
| 5 M1              | 0 - 0.9     | SM    | 12,40 | NP                   | NP   | NP   | 0,36      | 82,81 | 16,83 |
| 5 M2.3            | 0.9 - 2.7   | SM    | 4,57  | NP                   | NP   | NP   | 0,41      | 83,43 | 16,15 |
| 5 M4.5.6.7        | 2.7 - 8.70  | SP-SM | 4,57  | NP                   | NP   | NP   | 0,63      | 93,56 | 5,81  |
| 6 M1.2.3          | 0 - 2.25    | SM    | 16,40 | NP                   | NP   | NP   | 4,89      | 63,25 | 31,86 |
| 6 M4.5.6          | 2.25- 5.4   | SM    | 18,32 | NP                   | NP   | NP   | 3,68      | 55,72 | 37,90 |
| 6 M 7.8           | 5.4 - 8.4   | SP-SM | 27,26 | NP                   | NP   | NP   | 3,23      | 90,37 | 6,40  |
| 6 M 7.8           | 8.4 - 11.40 | SP-SM | 18,72 | NP                   | NP   | NP   | 0,00      | 92,73 | 7,27  |
| Valores Máximos   |             |       | 27,26 | NP                   | NP   | NP   | 4,89      | 95,51 | 37,90 |
| Valores Promedios |             |       | 13,60 | NP                   | NP   | NP   | 1,58      | 82,63 | 15,53 |
| Valores Mínimos   |             |       | 4,57  | NP                   | NP   | NP   | 0,00      | 55,72 | 4,46  |

Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Los resultados de los ensayos de laboratorio se encuentran en el capítulo de Anexos.

### Parámetros de diseño

**Nivel freático:** (no se encontró en las perforaciones)

**Peso volumétrico:** 1.7 Ton/m<sup>3</sup>

Capacidad de carga de 35.0Ton/m<sup>2</sup>

**Angulo de fricción:** 32 grados

**Profundidad de cimentación:** 3.5 metros por debajo del nivel de ejecución de sondeos.

Información para espectro de diseño NSR-10

Los resultados de la información del espectro de diseño fueron:

$A_a = 0.25$  y  $A_d = 0.07$ , (Ver tabla 11).

**Tabla 15.** Valores de  $A_a$ ,  $A_v$ ,  $A_e$  y  $A_d$  y definición de la zona de amenaza sísmica de Piedecuesta Santander.

| Departamento de Santander |                  |       |       |                         |       |       |
|---------------------------|------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| Municipio                 | Código Municipio | $A_a$ | $A_v$ | Zona de Amenaza Sísmica | $A_e$ | $A_d$ |
| Piedecuesta               | 68547            | 0.25  | 0.25  | Alta                    | 0.11  | 0.07  |

**4.2.4 Recomendaciones para la cimentación de la vivienda.** De acuerdo a las exploraciones de campo mediante ensayos de penetración estándar y de acuerdo al número de golpes promedio obtenido, el perfil de suelo se clasifica como perfil Tipo C.

Según la exploración del campo realizados en la zona se determinó que la metodología de cálculo de estado límite de falla y servicio corresponden la expuesta anteriormente para suelos granulares

De acuerdo a los resultados de la exploración de campo y a la heterogeneidad de estos, se analizó como solución al sistema de cimentación utilizar zapatas individuales unidas entre vigas de amarre y las placas de contrapiso proyectadas en los diferentes sectores, se deben apoyar sobre una capa de material granular de 10cm (mínimo).

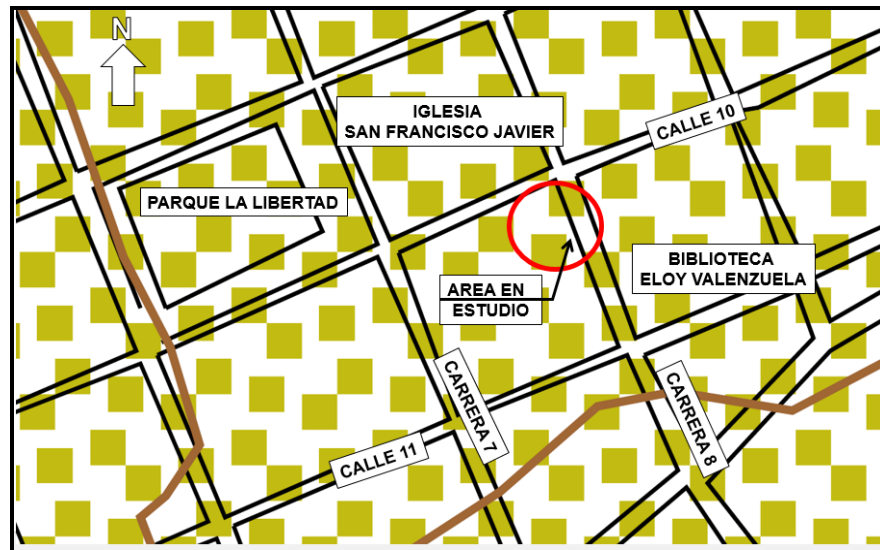
Se recomienda utilizar zapatas individuales de anchos variables entre 1,0 y 2,5 m.

Para controlar los niveles de asentamientos totales producto de la carga de las zapatas, la capacidad de carga admisible, no deberá ser mayor a 35,0 T/m<sup>2</sup>, a una profundidad de 3.5 m, medida desde el nivel del terreno actual.

En el sector nororiental, en el cual se encuentra ubicado el sondeo 6, el espesor de suelos antrópicos (relleno) alcanza una profundidad de hasta 5,3 metros, por lo que se requiere que la cimentación de la estructura en este sector se realice por debajo de esta profundidad, sobre suelos residuales de la Formación Tambor.

#### 4.3 LOCAL LAS DELICIAS LOCALIZADO EN LA CALLE 10 NO 7-96 (PIEDRECUESTA).

**Ilustración 6.** Localización del proyecto.



El proyecto tiene como proyección la ampliación de una edificación de (3) niveles y un (1) atillo, se encuentra localizado en el Barrio la Gloria Comuna Villanueva entre la calle 10 No7-96, en el municipio de Piedecuesta Santander.

Teniendo en cuenta el número de niveles y las cargas máximas de servicio por columnas.

El proyecto se categoriza de acuerdo a la tabla H.3.1-1 de la NSR-10, como categoría baja.

#### 4.3.1 Exploración de campo mediante perforaciones sondeos para caracterizaciones geo mecánicas del terreno.

- Se realizaron en total 20.70 metros de perforaciones mecánicas
- Se realizaron tres (3) perforaciones de profundidades variables entre 6.3 y 7,20 metros de profundidad.

**Tabla 16.** Resumen registro de perforación SPT corregidas proyecto

| PROF (m)    | S1     | S2     | S3     |
|-------------|--------|--------|--------|
| 0 - 0.45    | APIQUE | APIQUE | APIQUE |
| 0.45 - 0.9  | 8,64   | 8,64   | 6,91   |
| 0.9 - 1.35  | 9,78   | 2,44   | 2,44   |
| 1.35 - 1.8  | 6,99   | 2      | 2,99   |
| 1.8 - 2.25  | 9,51   | 1,73   | 10,37  |
| 2.25 - 2.70 | 9,28   | 3,09   | 9,28   |
| 2.70 - 3.15 | 10,59  | 4,94   | 9,88   |
| 3.15 - 3.6  | 5,88   | 7,84   | 6,53   |
| 3.6 - 4.05  | 1,22   | 10,39  | 4,28   |
| 4.02 - 4.5  | 5,76   | 6,91   | 4,03   |
| 4.5 - 4.95  | 7,65   | 7,65   | 7,11   |
| 4.95 - 5.4  | 7,82   | 6,99   | 7,82   |
| 5.4 - 5.85  | 8,98   | 9,41   | 7,49   |
| 5.85 - 6.30 | 9,11   | 12,83  | 7,67   |
| 6.30 - 6.75 | 30,49  | 33,28  | 9,7    |
| 6.75 - 7.20 |        |        | 35,44  |

Fuente: ConstrSuelos de Colombia S.A.S

Los resultados de los ensayos de campo se encuentran en el capítulo de Anexos.

#### 4.3.2 Caracterización geológica y geomorfológica del terreno en el área de influencia del estudio.

- **Geología Regional:** Depósitos de flujos de Escombros (Qfe): Depósitos constituidos por fragmentos de rocas y metamórficas, tamaño grava bloque principalmente neisis y granodiorita, esporádicamente anfibolitas y esquistos, en matriz intersticial es de arena media a gruesa en alrededor de un 80% (aproximadamente un 20% de finos limo-arcillosos),
- **Geomorfología:** Flujos de escombros de piedemonte del macizo de Santander.

**4.3.3 Ensayos y análisis de laboratorio.** Los resultados de clasificación de las muestras para cada sondeo fueron:

**Tabla 17.** Resumen registro de clasificación USCS proyecto #3.

| SONDEO            | PROF (m)  | USCS | WN %  | LIMITES DE ATTERBERG |       |       | GRADACION |       |       |
|-------------------|-----------|------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                   |           |      |       | LL %                 | LP %  | IP %  | G %       | A %   | F %   |
| 1 M1              | 0 - 1.8   | SC   | 11,28 | 30,06                | 19,72 | 10,34 | 0,26      | 53,45 | 46,27 |
| 1 M2              | 1.8 - 4.5 | CL   | 18,68 | 36,23                | 22,35 | 13,88 | 2,97      | 44,25 | 53,72 |
| 1 M3              | 4.5 - 6.3 | CL   | 18,80 | 34,23                | 20,33 | 13,99 | 2,85      | 57,59 | 40,44 |
| 2 M1              | 0 - 2.7   | ML   | 17,99 | 38,97                | 28,15 | 10,82 | 1,44      | 45,60 | 54,29 |
| 2 M2              | 2.7 - 7.2 | SM   | 19,42 | 32,08                | 23,95 | 8,13  | 14,49     | 57,92 | 31,04 |
| 3 M1              | 0 - 1.8   | ML   | 18,23 | 32,08                | 23,95 | 8,13  | 3,51      | 46,90 | 50,85 |
| 3 M2              | 1.8 - 4.5 | ML   | 29,24 | 36,76                | 25,96 | 10,80 | 0,77      | 41,70 | 57,90 |
| 3 M3              | 4 - 7.2   | SM   | 29,91 | 32,09                | 25,24 | 6,84  | 0,50      | 53,05 | 46,95 |
| Valores Máximos   |           |      | 29,91 | 38,97                | 28,15 | 13,99 | 14,49     | 57,92 | 57,90 |
| Valores Promedios |           |      | 20,44 | 34,06                | 23,71 | 10,37 | 3,35      | 50,06 | 47,68 |
| Valores Mínimos   |           |      | 11,28 | 30,06                | 19,72 | 6,84  | 0,26      | 41,70 | 31,04 |

Fuente: Construsuelos de Colombia S.A.S

Los resultados de los ensayos de laboratorio se encuentran en el capítulo de Anexos.

#### **Parámetros de diseño**

**Nivel freático:** En los sondeos realizados, no se encontró el nivel freático.

**Peso Volumétrico:** 1.8 Ton/m3.

**Angulo de fricción:** 29 grados

**Capacidad de Carga:** 15.0 Ton/m2.

**Profundidad de cimentación:** 4,50 metros medidos desde el nivel en el cual fueron realizado los sondeos.

Información para espectro de diseño NSR-10

Los resultados de la información del espectro de diseño fueron:

Aa = 0.25 y Ad = 0.07 (Ver tabla 12)

**Tabla 18.** Valores de  $A_a$ ,  $A_v$ ,  $A_e$  y  $A_d$  y definición de la zona de amenaza sísmica de Piedecuesta Santander.

| Departamento de Santander |                  |       |       |                         |       |       |
|---------------------------|------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| Municipio                 | Código Municipio | $A_a$ | $A_v$ | Zona de Amenaza Sísmica | $A_e$ | $A_d$ |
| Piedecuesta               | 68547            | 0.25  | 0.25  | Alta                    | 0.11  | 0.07  |

**4.3.4 Recomendaciones para la cimentación de la vivienda.** De acuerdo a las exploraciones de campo mediante ensayos de penetración estándar y de acuerdo al número de golpes promedio obtenido, el perfil de suelo se clasifica como perfil Tipo D.

Según la exploración de campo realizada en la zona, se determinó que la metodología de cálculo de estado límite de falla y servicio corresponde a la expuesta anteriormente para suelos finos.

A partir de los resultados de los sondeos se encontró que en el área en estudio se presentan rellenos de espesor variable hasta 4,5 metros.

Se recomienda utilizar zapatas individuales, de anchos variables entre 1.5 y 2.5 m. Para controlar los niveles de asentamientos totales producto de la carga de las zapatas, la capacidad de carga admisible, no deberá ser mayor a 15.0 t/m<sup>2</sup>, a una profundidad de 4.5 m desde el nivel actual del terreno en el cual fueron realizados los sondeos.

Adicionalmente para controlar los asentamientos diferenciales entre apoyos se deben utilizar zapatas de anchos entre 1.5 y 2.5 m. Las placas de contrapiso proyectadas en los diferentes sectores, se deben apoyar sobre una capa de material granular de 10cm (mínimo).

#### **4.4 VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CALLE 58 NO 30-94 BARRIO CONUCOS (BUCARAMANGA)**

**Ilustración 7.** Localización del proyecto.



El proyecto tiene como proyección el reforzamiento y ampliación de una vivienda de dos (2) niveles localizado en el barrio Conucos entre las calles 58 No 30-94 en el municipio de Bucaramanga.

Teniendo en cuenta el número de niveles y las cargas máximas de servicio por columnas. El proyecto se categoriza de acuerdo a la tabla H.3.1-1 de la NSR-10, como categoría baja.

##### **4.4.1 Exploración de campo mediante perforaciones sondeos para caracterizaciones geo mecánicas del terreno.**

- Se realizaron en total 11.85 metros de perforaciones mecánicas.
- Tres perforaciones de profundidades variables entre 3,60 y 4,20 metros de profundidad.

**Tabla 19.** Resumen registro de perforación SPT corregidas proyecto

| PROF (m)    | S1     | S2     | S3     |
|-------------|--------|--------|--------|
| 0 - 0.45    | APIQUE | APIQUE | APIQUE |
| 0.45 - 0.9  | 10,37  | 3,46   | 5,19   |
| 0.9 - 1.35  | 8,56   | 2,44   | 7,33   |
| 1.35 - 1.8  | 5,99   | 5,99   | 5,99   |
| 1.8 - 2.25  | 3,46   | 6,05   | 6,05   |
| 2.25 - 2.70 | 3,87   | 1,55   | 5,41   |
| 2.70 - 3.15 | 2,82   | 2,82   | 1,41   |
| 3.15 - 3.6  | 3,88   | 15,5   | 5,88   |
| 3.6 - 4.05  | 15,64  | 7,45   | 32,39  |
| 4.02 - 4.5  | 16,51  | 38,05  |        |
| 4.5 - 4,95  | 63,86  |        |        |

Fuente: ConstruSuelos de Colombia S.A.S

#### 4.4.2 Caracterización geológica y geomorfológica del terreno en el área de influencia del estudio.

- Geología Regional: Formación Bucaramanga
- Qblr. Miembros limos rojos: Arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Existen esporádicos bloques angulares grandes, de arenisca, asociados superficialmente a este miembro.
- Geomorfología: Miembros Limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga.

**4.4.3 Ensayos y análisis de laboratorio, interpretación y análisis de resultados.** Los resultados de clasificación de las muestras para cada sondeo fueron:

**Tabla 20.** Resumen registro de clasificación USCS proyecto #4.

| SONDEO            | PROF (m)    | USCS | WN %  | LIMITES DE ATTERBERG |       |       | GRADACION |       |       |
|-------------------|-------------|------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                   |             |      |       | LL %                 | LP %  | IP %  | G %       | A %   | F %   |
| 1 M1              | 0 - 0.90    | SC   | 12,26 | 30,00                | 22,00 | 9,00  | 1,25      | 56,18 | 45,58 |
| 1 M2.3            | 0.90 - 2.70 | SC   | 16,93 | 28,00                | 18,00 | 10,00 | 0,33      | 55,99 | 43,68 |
| 1 M 4.5           | 2.70-4.95   | SC   | 18,68 | 28,00                | 18,00 | 10,00 | 3,90      | 54,98 | 41,12 |
| 2 M1.2.3          | 0 - 2.70    | SC   | 18,54 | 27,00                | 18,00 | 10,00 | 1,82      | 56,68 | 42,50 |
| 2 M2.3.4          | 2.7 - 4.05  | SM   | 23,91 | NP                   | NP    | NP    | 4,93      | 56,37 | 36,70 |
| 3 M1.2.3          | 0 - 2.70    | SC   | 16,64 | 30,00                | 11,00 | 7,00  | 2,84      | 51,27 | 45,89 |
| 3 M2.3.4          | 2.7 - 3.60  | SC   | 29,70 | 32,00                | 23,00 | 9,00  | 2,93      | 50,49 | 45,58 |
| Valores Promedios |             |      | 19,52 | 29,17                | 18,33 | 9,17  | 2,57      | 54,57 | 43,01 |
| Valores Mínimos   |             |      | 12,26 | 27,00                | 11,00 | 7,00  | 0,33      | 50,49 | 36,70 |

Fuente: ConstruSuelos de Colombia S.A.S

### Parámetros de diseño

**Nivel freático:** A 3.15 metros de profundidad.

**Peso Volumétrico:** 1.8 Ton/m<sup>3</sup>.

**Capacidad de Carga:** 30.0 Ton/m<sup>2</sup>.

**Angulo de fricción:** 32 grados.

**Profundidad de cimentación:** 4,5 metros medidos desde el nivel en el cual fueron realizados los sondeos.

Información para espectro de diseño NSR-10

Los resultados de la información del espectro de diseño fueron:

$A_a = 0.25$  y  $A_d = 0.09$ . (Ver tabla 13)

**Tabla 21.** Valores de  $A_a$ ,  $A_v$ ,  $A_e$  y  $A_d$  y definición de la zona de amenaza sísmica de Bucaramanga Santander.

| Municipio   | Código Municipio | $A_a$ | $A_v$ | Zona de Amenaza Sísmica | $A_e$ | $A_d$ |
|-------------|------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| Bucaramanga | 68001            | 0.25  | 0.25  | Alta                    | 0.15  | 0.09  |

### 4.5 RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LA VIVIENDA.

De acuerdo a las exploraciones de campo mediante ensayos de penetración estándar y de acuerdo al número de golpes promedio obtenido, el perfil de suelo se clasifica como perfil Tipo D.

Según la exploración de campo realizada en la zona, se determinó que la metodología de cálculo de estado límite de falla y servicio corresponde a la expuesta anteriormente para suelos granulares.

A partir de los resultados de los sondeos se encontró que en el área en estudio se presentan rellenos de espesor variable hasta 4,20 metros.

El perfil estratigráfico del área en estudio, se caracteriza por presentar suelos transportados de llenos antrópicos (Relleno) de hasta 4.20 metros de profundidad.

Se recomienda utilizar zapatas individuales, de anchos variables entre 1.0 y 2.5 m.

Para controlar los niveles de asentamientos totales producto de la carga de las zapatas, la capacidad de carga admisible, no deberá ser mayor a 30.0 t/m<sup>2</sup>, a una profundidad de 4.5 m desde el nivel actual del terreno en el cual fueron realizados los sondeos.

Adicionalmente para controlar los asentamientos diferenciales entre apoyos se deben utilizar zapatas de anchos entre 1.0 y 2.5 m. Las placas de contrapiso proyectadas en los diferentes sectores, se deben apoyar sobre una capa de material granular de 10cm (mínimo).

## **5. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCION DEL PROCESO CONSTRUCTIVO**

### **5.1 RELLENOS**

En caso de implementar rellenos para nivelación y adecuación del lote, se debe retirar toda la capa vegetal existente hasta una profundidad de 50cm. Los materiales a emplear para estos rellenos deben ser seleccionados o materiales de rellenos para estructuras según las Especificaciones INVIAS en capas no mayores a 25 cm al 95% del proctor modificado de dicho material.

En caso de proyectar estructuras rígidas sobre estos rellenos, bajo ninguna circunstancia se deben cimentar de forma superficial, las cimentaciones de las estructuras se deben apoyar a nivel de suelo competente.

### **5.2 EXCAVACIONES.**

Realizar inicialmente la excavación por medio de taludes para garantizar la estabilidad de la excavación y de las construcciones vecinas durante el proceso constructivo de la cimentación.

Las excavaciones para la construcción de las zapatas que se realicen junto a estructuras existentes, se recomienda implementar contrafuertes mediante la excavación de tramos de suelo intermedios, para mejorar las condiciones de estabilidad de los taludes.

Durante el proceso de excavación, se debe monitorear mediante control, topográfico, las coronas de los taludes de las excavaciones para detectar

potenciales zonas susceptibles a derrumbes y tomar las medidas de protección necesarias.

### **5.3 MANEJO DE NIVELES FREÁTICOS DURANTE CONSTRUCCIÓN.**

Para el manejo de los niveles freáticos se recomienda implementar pozos de achique o de abatimiento de niveles freáticos, mediante la implementación de tubos de concretos prefabricados ranurados, desde estos pozos se debe bombear las aguas captadas por las zanjas y el pozo, hasta los sistemas de alcantarillado. Se debe garantizar un bombeo continuo para mantener en buenas condiciones las excavaciones. [5]

## **6. CONCLUSIONES**

Para la realización de un estudio de suelos, se deben tener muy claro los conocimientos teóricos prácticos de esta especialidad de la ingeniería, para la toma de muestras en el campo, así como el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio.

Para la ejecución de los sondeos y muestreo se debe contar con las herramientas y equipos apropiados, para obtener resultados óptimos y confiables que evitan altos costos y riesgos en la realización de cualquier proyecto.

Los proyectos de esta práctica empresarial están ubicados en las localidades de Bucaramanga y Piedecuesta, tres de estos se caracterizaron por tener un suelo con perfil tipo D y el otro tipo C con mayor capacidad portante.

La práctica empresarial es una modalidad de grado que permite ampliar y utilizar los conocimientos aprendidos en la academia además de desarrollar capacidad de expresión, liderazgo y sociabilidad en la vida profesional.

## **BIBLIOGRAFIA**

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. NSR10: Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10 Título H. Bogotá, AIS, 2010.

BRAJA, Das. Principios de ingeniería en cimentaciones international. Mexico: Thomson. 2001.

CHRISTIAN, John T.; DAVID CARRIER III, W. Janbu, Bjerrum and Kjaernsli's chart reinterpreted. Canadian Geotechnical Journal, 1978, vol. 15, no 1, p. 123-128.

CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. Informe técnico de estudios de suelos. 2019.

DUNCAN, James y BUCHIGNANI, Albert. An engineering manual for settlement studies. University of California, Department of Civil Engineering, 1976.

HETTIARACHCHI, Hiroshan y BROWN, Timothy. Use of SPT blow counts to estimate shear strength properties of soils: energy balance approach. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2009, vol. 135, no 6, p. 830-834

MEYERHOFF, Howard. Antillean tectonics. Oklahoma: Illius. 1965.

PECK, Ralph; HANSON, Walter y THORNBURN, Thomas. Foundation engineering. New York: Wiley, 1974.

RAMIREZ, Jenny; TANDAZO, Eddie; VERA, Xavier. Obtención de ecuaciones de correlación para estimar las velocidades de las ondas de corte En los suelos de la ciudad de Guayaquil. Trabajo de grado Ingeniera civil. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009. 100 p.

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph y MESRI, Goe. Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons. Inc., New York, 1967.