

Practica Empresarial en Interobras de Santander como Auxiliar de ingeniería Civil

Jhoan Sebastian Capera Arquez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Vladimir Ernesto Merchán Jaimes

Doctor en Ingeniería del Terreno Cartográfica y Geofísica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

Agradecimientos

En primer lugar, dar gracias a Dios por brindarme la oportunidad de estudiar en la Universidad Industrial de Santander, además de iluminarme, darme fortaleza en los momentos más desafiantes de mi vida, salud a lo largo de esta etapa y por brindarme sabiduría en cada momento.

A mis padres y hermano por el apoyo incondicional a pesar de las dificultades presentadas durante todo este proceso, por los valores inculcados desde niño que me han guiado en este camino, por siempre creer en mí y por ayudarme a hacer realidad este sueño.

A la Universidad Industrial de Santander y a sus profesores, por contribuir de manera significativa a mi formación como profesional y como persona, con educación de alta calidad y transmitiendo los más sólidos valores.

A la empresa Interobras de Santander S.A.S por darme la oportunidad de realizar mis prácticas empresariales con ellos, brindarme esa primera experiencia laboral, por compartir todo su conocimiento y tiempo durante este proceso.

A mi director de proyecto de grado el profesor Vladimir Ernesto Merchán por guiarme en este proceso.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
2. Objetivos.....	12
2.1 Objetivo General.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3. Generalidades de la empresa.....	13
3.1 Reseña histórica	13
3.2 Misión	13
3.3 Visión	14
3.4 Ubicación de la oficina	14
3.5 Ubicación del laboratorio.....	15
4. Actividades ejecutadas durante la practica	16
4.1 Ensayos de laboratorio.....	16
4.1.1 Humedad natural.....	16
4.1.2 Granulometría	16
4.1.3 Límites de Atterberg	17
4.1.3.1 Límite líquido (LL).....	18
4.1.3.2 Límite plástico (LP)	18
4.1.4 Densidad por el método del cono y arena.....	19
4.1.5 Proctor modificado.....	20
4.1.6 Toma de cilindros y vigas de concreto	20
4.1.7 Compresión de Cilindros	21

4.2 Creación de modelos y planos geotécnicos	23
4.2.1 Estabilización de taludes.....	23
4.2.2 Estabilización de puntos críticos en la vía Peque-Uramita, Antioquia.....	30
4.2.3 Mejoramiento de la vía sobre el corredor vial Uramita-Peque, Antioquia.....	33
4.3 Toma de datos de monitoreo geotécnico en campo	35
4.3.1 mejoramiento y optimización del acueducto de la vereda Helechales en el municipio de Floridablanca, Santander.....	36
4.3.2 Proyecto edificio BIT del rio en el distrito de Barrancabermeja, Santander	39
4.3.3 Pruebas de integridad de pilotes.	41
4.3.4 Prueba de velocidad de pulso ultrasónico.....	44
4.4 Elaboración de estudios de suelo e informes técnicos	47
4.4.1 Informe del estudio de suelos vereda Helechales Floridablanca	47
4.4.2 Estudio de suelos para la construcción de señalización con pórticos en la ruta del cacao, que comunica a Bucaramanga con Barrancabermeja	52
5. Conclusiones.....	58
Bibliografía	59

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Ubicación oficina principal de Interobras de Santander S.A.S.</i>	14
Figura 2 <i>Ubicación laboratorio de suelos y concretos de Interobras de Santander S.A.S.</i>	15
Figura 3 <i>Ensayo de granulometría.</i>	17
Figura 4 <i>Ensayo de límites de Atterberg realizado por el practicante.</i>	18
Figura 5 <i>Densidades de campo por el método del cono y arena realizadas por el practicante.</i> ..	19
Figura 6 <i>Toma de cilindros y viguetas en campo realizados por el practicante.</i>	21
Figura 7 <i>Prueba de compresión de cilindros realizados por el practicante.</i>	22
Figura 8 <i>Resultado prueba de cilindro a los 3 días.</i>	23
Figura 9 <i>Ubicación de las calicatas realizadas en el área de estudio.</i>	24
Figura 10 <i>Taludes a intervenir.</i>	25
Figura 11 <i>Modelos geotécnicos de estabilización en condiciones estáticas talud 1 y 2.</i>	26
Figura 12 <i>Análisis de estabilidad talud 1, con anclajes activos en condición estática y dinámica.</i>	27
Figura 13 <i>Análisis de estabilidad talud 2, con anclajes activos en condición estática y dinámica.</i>	28
Figura 14 <i>Planos de diseño elaborados por el practicante para el talud 1.</i>	29
Figura 15 <i>Planos de diseño elaborados por el practicante para el talud 2.</i>	29
Figura 16 <i>Análisis de estabilidad en condiciones estáticas del punto crítico.</i>	31
Figura 17 <i>Planos de diseño elaborados por el practicante para el punto crítico.</i>	32

Figura 18 <i>Vista en planta de planos de diseño elaborados por el practicante para el punto crítico.</i>	32
Figura 19 <i>Visita de los puntos a intervenir.</i>	33
Figura 20 <i>Vista en perfil de planos de diseño elaborados por el practicante del suelo reforzado y el bolsacreto.</i>	34
Figura 21 <i>Planos de detalles del suelo reforzado.</i>	35
Figura 22 <i>Ubicación de los sondeos 1-2-3.</i>	36
Figura 23 <i>Ubicación de los sondeos 4-5-6-7-8-9.</i>	37
Figura 24 <i>Toma de datos y muestras en campo mediante ensayo de SPT.</i>	38
Figura 25 <i>Equipos utilizados para la tomografía de resistividad eléctrica.</i>	39
Figura 26 <i>Ejecución y supervisión de tomografía de resistividad eléctrica.</i>	41
Figura 27 <i>Equipos utilizados para la prueba de integridad de pilotes.</i>	42
Figura 28 <i>Toma de datos en campo para la prueba de integridad de pilotes.</i>	43
Figura 29 <i>Equipos utilizados para la prueba de velocidad de pulso ultrasónico.</i>	44
Figura 30 <i>Toma de datos de la prueba de pulso ultrasónico en campo.</i>	46
Figura 31 <i>Toma de datos de la prueba de pulso ultrasónico en campo.</i>	46
Figura 32	47
Figura 33 <i>Portada del estudio de suelos para el sistema de acueducto rural de la vereda Helechales.</i>	48
Figura 34 <i>Contenido del estudio de suelos para el sistema de acueducto rural de la vereda Helechales.</i>	49
Figura 35 <i>Modelado de estabilidad para las zanjas a construir.</i>	51

Figura 36 <i>Portada del estudio de suelos para el proyecto de construcción de señalización con pórticos en la ruta del cacao.</i>	52
Figura 37 <i>Contenido del estudio de suelos para el proyecto de construcción de señalización con pórticos en la ruta del cacao.</i>	53
Figura 38 <i>Mapa geológico de la zona de estudio para el proyecto de construcción de señalización con pórticos en la ruta del cacao.</i>	54
Figura 39 <i>Modelado de la propuesta de cimentación de una zapata con micropilotes</i>	57
Figura 40 <i>Análisis de la propuesta de cimentación de una zapata con micropilotes.</i>	57

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>APU para la construcción de anclajes activos.</i>	30
Tabla 2	<i>Resumen de los ensayos de laboratorio realizados.</i>	50
Tabla 3	<i>Calculo de capacidad portante del suelo mediante Terzaghi y Meyerhof para el proyecto del sistema de acueducto rural de la vereda Helechales.</i>	51
Tabla 4	<i>Resumen de ensayos de laboratorio del proyecto denominado construcción de cimentación para la señalización con pórticos en la ruta del cacao.</i>	55
Tabla 5	<i>Cálculo de capacidad portante mediante Terzaghi y Meyerhof para el proyecto de construcción de cimentación para la señalización con pórticos en la ruta del cacao.</i>	56

Resumen

Título: Práctica empresarial en Interobras de Santander como Auxiliar de Ingeniería Civil*

Autor: Jhoan Sebastian Capera Arquez**

Palabras Clave: Geotecnia, Estudio de Suelos, Laboratorios, Anclajes, Micropilotes, Geofísica.

Descripción: El presente documento tiene como finalidad, describir cada una de las actividades ejecutadas durante la práctica empresarial como auxiliar de ingeniería civil en la empresa Interobras de Santander, entre el 30 de marzo y 30 de julio del año en curso. A lo largo de estos 4 meses, se brindó apoyo en la redacción y revisión de informes técnicos, elaboración de análisis de precios unitarios (APUS), diseño y revisión de modelos geotécnicos, toma de datos en campo, elaboración y supervisión los ensayos de laboratorio realizados para los diversos proyectos ejecutados por Interobras de Santander. Estas actividades permitieron familiarizarse con la dinámica y desafíos que enfrenta la empresa en cada actividad ejecutada.

Además, se detallarán cada uno de los proyectos en los cuales se participó durante el desarrollo de la práctica, así como la función desempeñada en cada uno de estos, los aportes logrados y las normativas que rigen cada una de las actividades ejecutadas. Todas estas tareas se desarrollaron bajo la supervisión de el tutor asignado por Interobras de Santander. Uno de los objetivos principales de esta práctica empresarial fue consolidar los conocimientos adquiridos en la universidad, brindando una experiencia práctica en proyectos reales y ofreciendo un primer acercamiento a la vida profesional.

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Programa académico. Director: Vladimir Ernesto Merchán Jaimes. Doctor en Ingeniería del terreno cartográfica y geofísica.

Abstract

Title: Internship at Interobras de Santander as Civil Engineering Assistant. *

Author(s): Jhoan Sebastian Capera Arquez**

Key Words: Geotechnics, Soil Studies, Laboratories, Anchorages, Micropiles, Geophysics.

Description: The purpose of this document is to describe each of the activities performed during the internship as a civil engineering assistant in the company Interobras de Santander, between March 30 and July 30 of this year. Throughout these 4 months, support was provided in the drafting and review of technical reports, preparation of unit price analysis (APUS), design and review of geotechnical models, field data collection, preparation and supervision of laboratory tests performed for various projects executed by Interobras de Santander, these activities allowed to become familiar with the dynamics and challenges faced by the company in each activity executed. In addition, each of the projects in which he participated during the development of the internship will be detailed, as well as the role played in each of these, the contributions achieved and the regulations governing each of the activities carried out. All these tasks were developed under the supervision of the tutor assigned by Interobras de Santander. One of the main objectives of this internship was to consolidate the knowledge acquired at the university, providing practical experience in real projects and offering a first approach to professional life.

* Degree Work

**Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Civil Engineering. Director: Vladimir Ernesto Merchan Jaimes. Doctor in Cartographic and Geophysical Terrain Engineering.

Introducción

En la construcción de las diferentes obras de infraestructura, es indispensable realizar los estudios pertinentes de suelos, estructurales y viales, que ayuden a identificar el posible riesgo, amenaza y vulnerabilidad que generen inestabilidad de los terrenos o estructuras las cuales se puedan ver afectadas en su integridad.

Actualmente Colombia es un país que se encuentra en vía de desarrollo, por lo tanto, el gobierno nacional se encuentra realizando grandes inversiones en obras de infraestructura, que benefician y mejoran la calidad de vida de las personas. Por todo esto se hace sumamente importante realizar los estudios geotécnicos, de materiales, planeación, seguimientos y control de las obras, para asegurar su adecuada ejecución.

Interobras de Santander S.A.S. en los últimos años se ha caracterizado por ser líder a nivel regional y nacional, en la ejecución y desarrollo de proyectos de ingeniería tales como: estudio de suelos, estabilizaciones de taludes, construcción de micropilotes, laboratorio de suelos, concretos y pavimentos, con esto contribuyendo a impulsar la economía en las regiones donde se desarrollan estos proyectos.

En este documento se podrá observar las actividades y proyectos en los cuales se brindó apoyo como auxiliar de ingeniería en la empresa Interobras de Santander, además de la metodología utilizada, las normas que rigen cada prueba y los diferentes softwares de diseños utilizados.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Apoyar como auxiliar de ingeniería civil los proyectos desarrollados por Interobras de Santander.

2.2 Objetivos Específicos

Apoyar la creación de informes técnicos, modelaciones geotécnicas en taludes y suelos, tomar datos de monitoreo geotécnico en campo, de los proyectos de diseño ejecutados por Interobras de Santander.

Apoyar la realización de especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios (APUS) y planos de diseño geotécnico.

Apoyar la supervisión de los controles de calidad de los ensayos de laboratorio y de las tareas asignadas, que adopten las medidas apropiadas para cumplir con los establecido.

3. Generalidades de la empresa

3.1 Reseña histórica

Interobras de Santander S.A.S., nace en el año 2012 con el objetivo principal de brindar soluciones efectivas de carácter geotécnico al ámbito de la ingeniería civil, con soluciones eficientes de alto impacto que ayuden al correcto desarrollo de los proyectos de obra civil que lo requieran. Siempre acompañados de un personal altamente capacitado, de calidad, y comprometido en brindar el mejor servicio con transparencia, siempre velando por el cumplimiento de los objetivos trazados (INTEROBRAS, 2023).

Una empresa que desde sus inicios ofrece alternativas de servicios de ingeniería, planeando, desarrollando y ejecutando proyectos de estudios de suelos, construcción de anclajes y micropilotes, laboratorio de suelos, concretos y pavimentos, así como estudios geofísicos (INTEROBRAS, 2023).

3.2 Misión

“Somos una empresa que ofrece alternativas de servicios de ingeniería, para planear, desarrollar y ejecutar proyectos de; estudios de suelos, construcción de anclajes y micropilotes, laboratorio de suelos, concretos y pavimentos, así como estudios geofísicos. Brindando a todos nuestros clientes diferentes opciones de servicio de acuerdo a sus necesidades, garantizando altos estándares de calidad, utilizando mano de obra y personal calificado, una infraestructura apropiada y una filosofía de trabajo basada en los principios de responsabilidad, ética y compromiso.” (INTEROBRAS, 2023).

3.3 Visión

“Ser reconocidos a nivel nacional en el 2025 como una empresa líder en: estudios geotécnicos y de suelos, ingeniería de consulta, construcción de obras civiles y laboratorios de suelos, concreto y pavimentos, mediante el fortalecimiento y consolidación de nuestros servicios, con un equipo profesional, una infraestructura de punta, aplicando nuevas tecnologías, implementando procesos certificados que garanticen el mejoramiento continuo.” (INTEROBRAS, 2023).

3.4 Ubicación de la oficina

Las instalaciones de Interobras de Santander S.A.S donde se desarrollan las actividades de diseño, técnicas, planificación, administrativas y financieras, se ubica en la carrera 25 #31 – 04 (Figura 1) locales 2 y 3 del edificio Geo Von Lengerke en la ciudad de Bucaramanga, Santander Colombia.

Figura 1

Ubicación oficina principal de Interobras de Santander S.A.S.



Fuente: Google Earth (GOOGLE, 2023).

3.5 Ubicación del laboratorio

El laboratorio donde llevan a cabo todos los ensayos de suelos, concretos y pavimentos se encuentra ubicado en la carrera 17c #62-12 del barrio La Ceiba.

Figura 2

Ubicación laboratorio de suelos y concretos de Interobras de Santander S.A.S.



Fuente: Google Earth (GOOGLE, 2023).

4. Actividades ejecutadas durante la practica

Durante en tiempo de desarrollo de la práctica, el estudiante apoyo como auxiliar de ingeniería civil en las actividades correspondientes a ensayos de laboratorio, modelados geotécnicos, generación de planos de diseño, elaboración de precios unitarios, toma de datos de monitoreo geotécnico y creación de informes técnicos.

4.1 Ensayos de laboratorio

Para desarrollar esta actividad se recibió la capacitación de los diferentes equipos a utilizar en cada uno de los ensayos, además de un reconocimiento de las instalaciones del laboratorio.

A continuación, se podrá observar cada uno de los ensayos realizados durante el periodo de la práctica.

4.1.1 Humedad natural

El ensayo de humedad natural se encuentra regulado por el Invias en la Norma INV E-122-13 (INVIAS, 2013). Este ensayo es utilizado para calcular la cantidad de agua que hay presente en una muestra de material extraído respecto a su peso seco, este parámetro es importante para poder determinar las propiedades y el comportamiento del suelo en diferentes condiciones. Durante la práctica se apoyó en la ejecución de 25 ensayos de humedades.

4.1.2 Granulometría

Este ensayo se encuentra regulado por el Invias en la Norma INV E-123-13, este ensayo es muy utilizado en la geotecnia con la finalidad de determinar la distribución de tamaños de las partículas del material analizado (INVIAS, 2013).

Durante el desarrollo de práctica se realizaron 15 ensayos de granulometría para los distintos proyectos ejecutados por Interobras de Santander. En la Figura 3 se observa la ejecución y toma de datos del ensayo de granulometría.

Figura 3

Ensayo de granulometría.



4.1.3 Límites de Atterberg

Para realizar los ensayos de límites de atterberg se siguió la metodología y el procedimiento descrito por el Instituto Nacional de Vías en sus Normas de ensayo para materiales.

4.1.3.1 Límite líquido (LL)

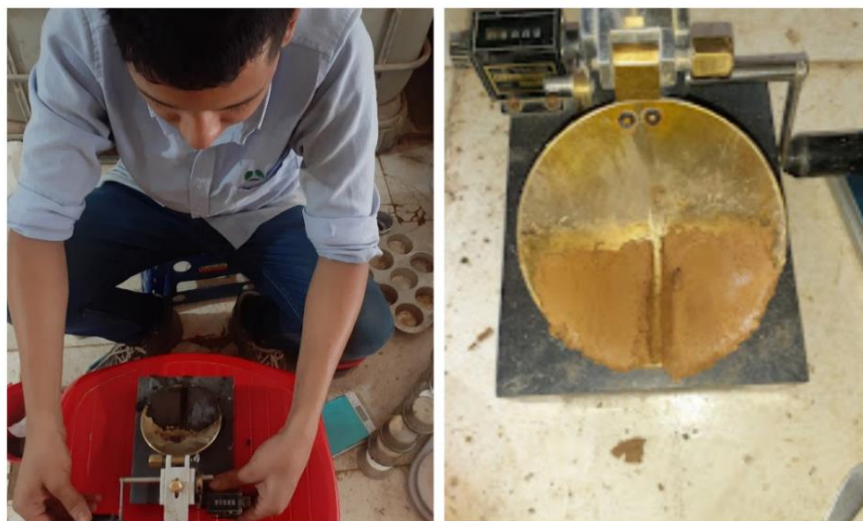
Esta propiedad es el índice contenido de humedad que requiere un suelo que contenga una cantidad considerable de arcillas o limo, para pasar de una consistencia plástica a una líquida, este ensayo se encuentra regulado por el Invias en la Norma INV E-125-13 (INVIAS, 2013). Durante la práctica se apoyó en la ejecución de 15 ensayos de límite líquido.

4.1.3.2 Límite plástico (LP)

Es el porcentaje de humedad de un suelo con arcillas o finos de pasar de una consistencia semisólida a una plástica; este ensayo se encuentra regulado por el Invias en la Norma INV E-126-13 (INVIAS, 2013). En la figura 4, se observa la cazuela de Casagrande utilizada en la ejecución del ensayo, además del procedimiento que se utiliza para su ejecución. Durante la práctica se apoyó en la ejecución de 11 ensayos de límites plásticos.

Figura 4

Ensayo de límites de Atterberg realizado por el practicante.



4.1.4 Densidad por el método del cono y arena

Este ensayo consiste en determinar la densidad de los suelos compactados utilizados en la construcción de terraplenes, subrasantes, capas inferiores de pavimentos y rellenos estructurales. Para el desarrollo de esta actividad se siguieron los parámetros establecidos en la norma Invias INV E-161-13 (INVIAS, 2013). La Figura 5, muestra la ejecución del ensayo de densidad y peso unitario del suelo por el método del cono y arena. Durante la práctica se apoyó en la ejecución de 27 ensayos de densidades por el método y el cono de arena.

Figura 5

Densidades de campo por el método del cono y arena realizadas por el practicante.



4.1.5 Proctor modificado

Este método consiste en determinar la relación entre la humedad y el peso seco unitario de suelos ensayados y se encuentra regulado el Invias en la Norma INV E-142-13 (INVIAS, 2013). Los datos obtenidos en este ensayo son muy importantes ya que nos proporciona información de cómo se comportan los suelos. Durante la práctica se apoyó en la ejecución de 6 ensayos de Proctor modificado.

4.1.6 Toma de cilindros y vigas de concreto

Durante el desarrollo de la práctica se brindó apoyo en la toma de especímenes de concreto en campo de acuerdo con los requisitos se encuentra regulados por el Invias en la Norma INV E-402-13 (INVIAS, 2013).

La elaboración de estos especímenes tiene como finalidad evaluar la calidad del concreto utilizado mediante ensayos de compresión para cilindros de concreto que poseen las siguientes dimensiones 10 cm de diámetro por 20 cm de altura y flexión para vigas con dimensiones de 15 cm X 15 cm X 60 cm (INVIAS, 2013). La Figura 6, muestra el procedimiento de toma del ensayo de especímenes de concreto realizados por el practicante. Durante la práctica se apoyó en la ejecución de 12 especímenes de concreto.

Figura 6

Toma de cilindros y viguetas en campo realizados por el practicante.

**4.1.7 Compresión de Cilindros**

Este ensayo a los cilindros de concreto está especificado en las normas técnica del Invias, más específicamente en la norma INV E-410-13, este consiste en aplicar carga a los cilindros, hasta lograr que este falle y establecer la resistencia a la compresión (F'_c) a los 3, 7, 14 y 28 días (INVIAS, 2013).

La Figura 7, muestra algunos resultados obtenidos al momento de realizar el ensayo de compresión de cilindros. Durante la práctica se apoyó en la ejecución de 15 ensayos de compresión de cilindros.

Figura 7

Prueba de compresión de cilindros realizados por el practicante.



En la figura 8, se puede observar el resultado de una de las pruebas realizadas, para un cilindro con 3 días de fundido, el cual su resistencia a la compresión esperada es de 3000 PSI y una vez realizada la prueba se obtuvo una resistencia de 2173 PSI, es decir se obtuvo el 72% de la resistencia esperada cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma Invias INV E-410-13 (INVIAS, 2013).

Los ensayos realizados en estas muestras extraídas fueron: granulometría, límites de atterberg, corte directo, peso específico.

Figura 9

Ubicación de las calicatas realizadas en el área de estudio.



Una vez obtenidos los parámetros del suelo de zona, se realizó una inspección en campo donde se busca identificar estructuras cercanas o distintos factores que puedan afectar la estabilidad de los taludes, como se observa en la Figura 10.

Figura 10

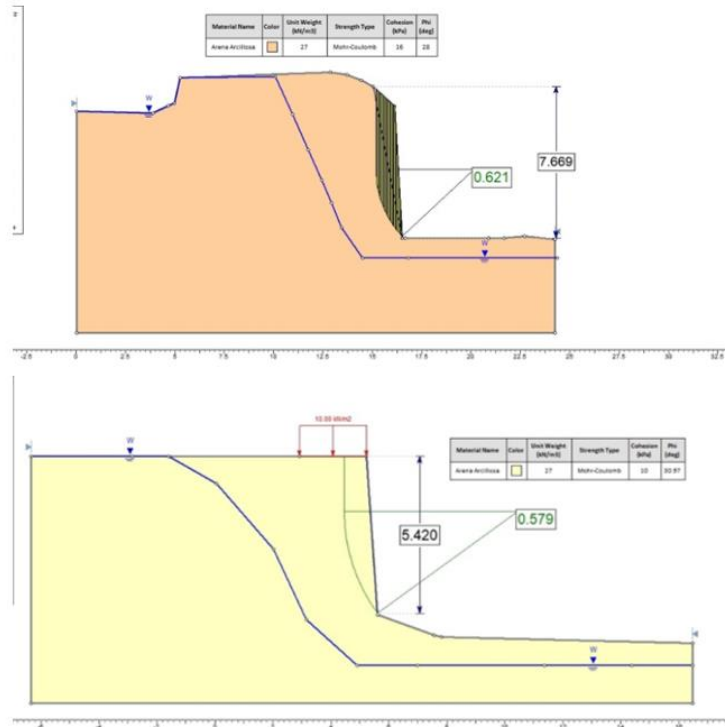
Taludes a intervenir.



Luego con la ayuda de la topografía se procede a crear los perfiles de los taludes a intervenir con la ayuda del software Civil 3d, estos perfiles creados serán exportados en formato DXF para realizar el respectivo modelado y análisis de estabilidad mediante el software Slide como se observa en la Figura 11. En este programa se introducen los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados anteriormente.

Figura 11

Modelos geotécnicos de estabilización en condiciones estáticas talud 1 y 2.



Una vez realizado el análisis de equilibrio límite del talud mediante el método de Bishop simplificado el cual considera las que las fuerzas a cortante entre dovelas, son cero; esto con ayuda del software Slide V.6, se observa que los factores de seguridad arrojados por el programa en condición estática son menores a los indicado en la tabla H.2.4-1 de la Norma Sismo Resistente (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010), la cual indica que valor debe ser mayor a 1.5 (F. S=1.5) en condición estática; por lo tanto, al ser inestable en esta condición se procede a realizar una propuesta de estabilización para cada uno de los taludes.

Con los resultados de estabilidad obtenidos, los parámetros del suelo y las características geométricas de los taludes, se procede a realizar el cálculo de la alternativa de estabilización mediante el manual de diseño de anclajes de la FHWA (Federal Highway Administration). Para este proyecto los ingeniero encargados del diseño plantearon basados en los cálculos el uso de anclajes activos de 4 metros de longitud libre, 6 metros de bulbo, 15 de grados de inclinación, 3 torones, un diámetro de perforación de 0.15 metros, además de un muro de concreto.

A continuación, determinado el tipo de estabilización a realizar se procede a introducir los valores y características de los anclajes a utilizar en el software Slide V.6 para realizar el respectivo análisis en condiciones estáticas y dinámicas de los taludes evaluados, como se muestra en la Figura 12 y Figura 13.

Figura 12

Análisis de estabilidad talud 1, con anclajes activos en condición estática y dinámica.

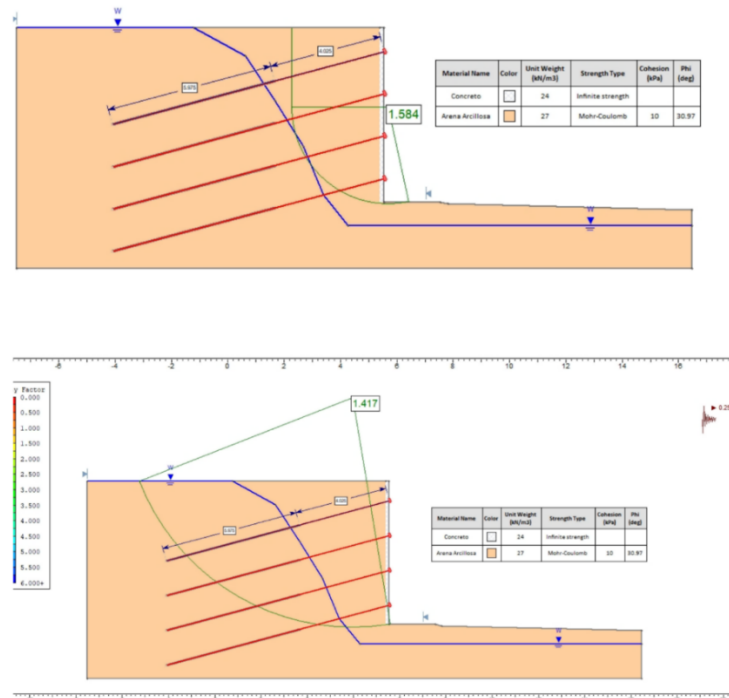
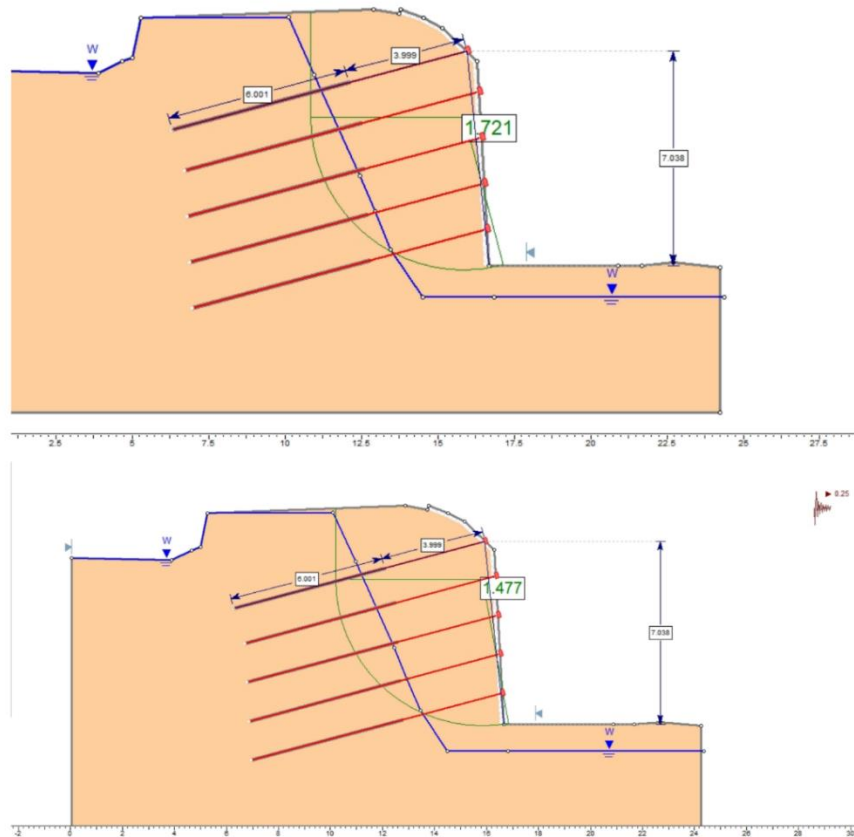


Figura 13

Análisis de estabilidad talud 2, con anclajes activos en condición estática y dinámica.



Como se observa en la Figuras 12 y Figura 13 los factores de seguridad para condición estática es mayor a 1.5 y en condición dinámica es mayor a 1.05, los cuales son los valores mínimos establecidos por la Norma Sismo Resistente Colombiana 2010 para este tipo de estructuras.

una vez realizada esta verificación se procede a realizar los planos de diseño de este proyecto (Figura 14 y Figura 15).

Figura 14

Planos de diseño elaborados por el practicante para el talud 1.

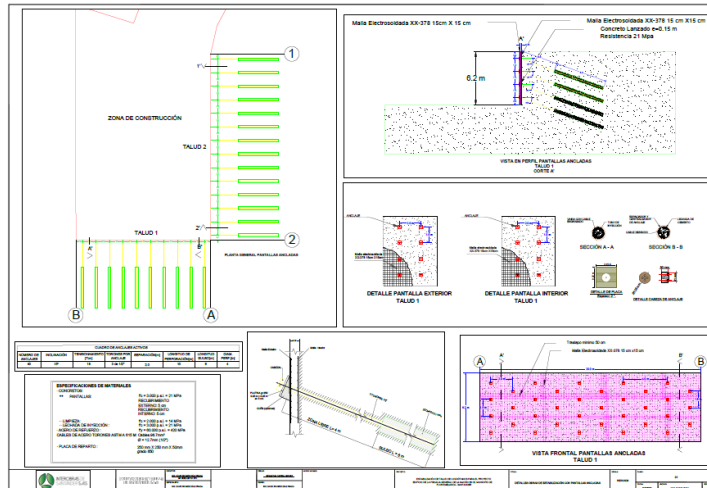
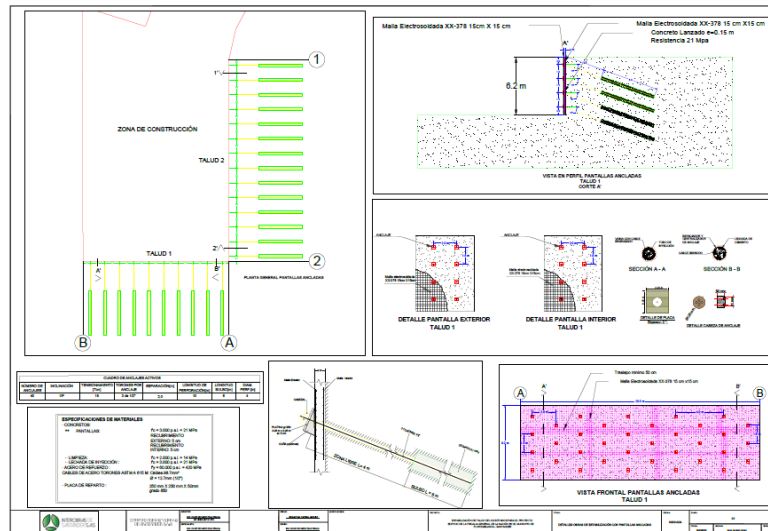


Figura 15

Planos de diseño elaborados por el practicante para el talud 2.



Finalizado la etapa del diseño, se realizó la construcción del APU para la propuesta de estabilización en cada uno de los taludes analizados con anterioridad. El resultado de este análisis se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1

APU para la construcción de anclajes activos.

OBJETO DEL PROYECTO:	
Fecha:	5 de abril de 2023

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1 MURO DE CONTENCIÓN				
1.1	Suministro de instalación de concreto para pantalla anclada de e= 0.15 m	m³	54	\$ 598.000,00 \$ 32.013.930,01
1.2	Suministro de instalación de malla electrosoldada	m²	364	\$ 37.800,00 \$ 13.759.200,00
2 ANCLAJES ACTIVOS				
2.1	Suministro e instalación de anclajes activos de 10 m de profundidad con 3 torones de 1/2"	m	98	\$ 190.000,00 \$ 18.620.000,00
2.2	Platina para tensionamiento	Und	98	\$ 280.000,00 \$ 27.440.000,00
SUB TOTAL				\$ 91.833.130,01
Administración				5% \$ 4.591.656,50
Imprevistos				5% \$ 4.591.656,50
IVA				19% \$ 523.448,84
Utilidades				3% \$ 2.754.993,90
PRESUPUESTO TOTAL				\$ 104.294.885,75

ITEM:	Suministro e instalación de anclajes activos de 10 m de profundidad con 3 torones de 1/2"				UNIDAD:	m
1. EQUIPO						
DESCRIPCION	UND	TARIFA	REND	VALOR UNIT		
Herramientas mayor	g	998,84	1,00	998,84		
Equipo de tensionamiento	g	80.000,00	9,00	3.888,89		
Equipo de perforación	hora	180.000,00	3,70	43.243,24		
Compras	hora	120.000,00	3,50	34.285,71		
Equipo de inyección	g	90.000,00	17,40	5.173,20		
				SUBTOTAL	92.587,89	
2. MATERIALES						
DESCRIPCION	UND	PRECIO UNIT	CANT	VALOR UNIT		
Materiales constituyente anclaje 3 torones 1/2"	m	24.514,00	1,00	24.514,00		
Cemento	kg/ml	700,00	25,00	17.500,00		
Materiales de tensionamiento	m	42.000,00	1,00	42.000,00		
				SUBTOTAL	84.014,00	
3. TRANSPORTES						
DESCRIPCION	UND	P. UNITARIO	REND	VALOR UNIT		
Transporte de equipo	g	1.700.000,00	1,000,00	1.700,00		
Transporte de materiales	g	500.000,00	1,000,00	500,00		
				SUBTOTAL	1.700,00	
4. MANO DE OBRA						
TRABAJADOR	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	REND	VALOR UNIT	
Ayudante (A)	\$6.707,07	50,00%	335.353,43	30,00	\$ 4.591,38	
Operador	\$8.000,00	50,00%	400.000,00	30,00	6.206,67	
				SUBTOTAL	11.698,11	
				TOTAL COSTOS DIRECTOS	190.000,00	
					DESCRIPCION	% VALOR TOTAL
					ADMINISTRACION	5% 9.500,00
					IMPREVISTOS	5% 9.500,00
					UTILIDAD	3% 5.700,00
					SUBTOTAL	24.700,00
					PRECIO UNITARIO TOTAL APROXIMADO	214.700,00

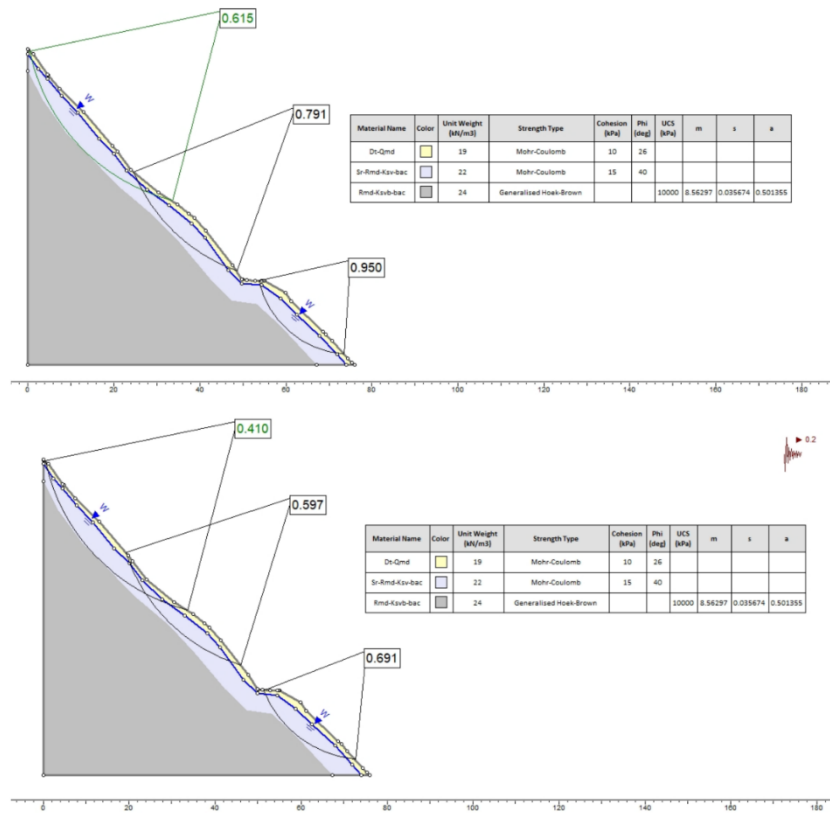
4.2.2 Estabilización de puntos críticos en la vía Peque-Uramita, Antioquia.

Para este proyecto se brindó apoyo en la elaboración de modelos de estabilidad, propuesta de estabilización, planos de diseño e informes geotécnicos para el punto crítico ubicado en la vía Peque-Uramita del departamento de Antioquia.

En la etapa de elaboración de los modelos de estabilidad, se utilizaron las topografías, además del estudio de suelos realizado en la zona para obtener los parámetros del suelo en el punto por analizar. Una vez obtenidos estos datos se modelan en condición estática y dinámica utilizando el software Slide, dando como resultado los factores observados en la Figura 16.

Figura 16

Análisis de estabilidad en condiciones estáticas del punto crítico.



Posterior a esto se brindó apoyo en la creación de los planos de diseño, para el punto a intervenir, en el cual mediante la topografía se implantaron en la parte inferior del talud anclajes pasivos de 9 metros y en la parte superior del talud se implementaron anclajes activos, para los cuales su longitud varía entre 20 y 25 metros. Así como los diferentes detalles de diseño requeridos para este tipo de estructura (Figura 17 y Figura 18).

Figura 17

Planos de diseño elaborados por el practicante para el punto crítico.

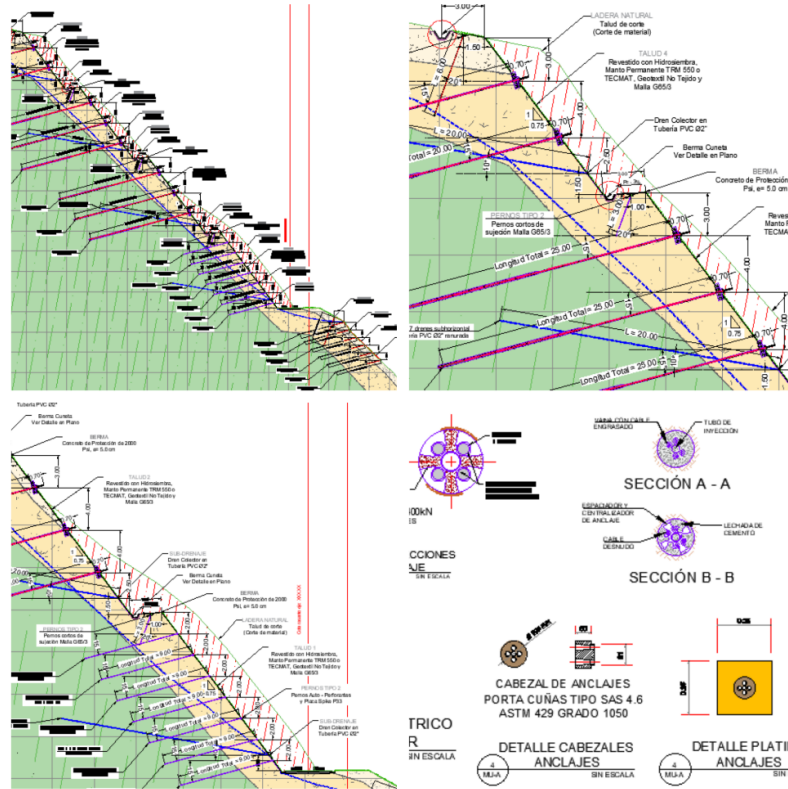
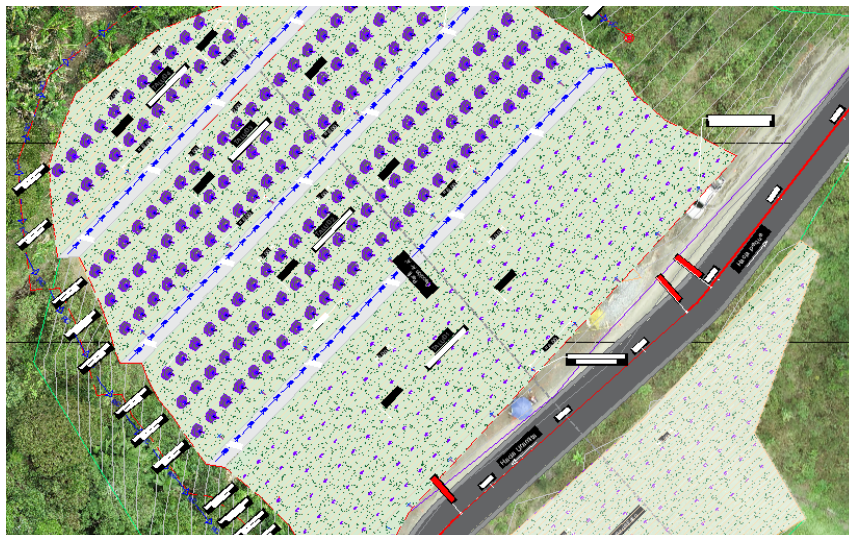


Figura 18

Vista en planta de planos de diseño elaborados por el practicante para el punto crítico.



4.2.3 Mejoramiento de la vía sobre el corredor vial Uramita-Peque, Antioquia.

Durante el desarrollo de la práctica se brindó apoyo en la elaboración de planos para el proyecto que consistía en recuperar parte de la banca de la vía entre los municipios de Uramita-Peque, la cual se vio perjudicada debido a la erosión generada por el río que pasa a un costado de esta, a su vez se busca proteger esta misma vía de dicha erosión. Para recuperar la banca de la vía en el diseño se utilizó suelo reforzado con geomalla y para controlar la erosión se utilizó bolsacretos dispuestos en las zonas que se ven afectadas por el río.

La primera actividad realizada para este proyecto fue hacer una visita a los puntos a estudiar cómo se observa en la Figura 19.

Figura 19

Visita de los puntos a intervenir.



Nota. Esta figura muestra uno de los puntos críticos a intervenir del proyecto.

Los parámetros para realizar los planos de las estructuras a dibujar fueron suministrados por los ingenieros de Interobras de Santander encargados de realizar los distintos cálculos que se requieren para este tipo de estructuras en la etapa de diseño, estos planos se realizaron utilizando la topografía de la zona mediante el software Civil 3D de Autodesk (Autodesk, 2023). Los planos generados para el suelo reforzado y bolsacreto son los que se pueden observar en la Figura 20 y Figura 21.

Figura 20

Vista en perfil de planos de diseño elaborados por el practicante del suelo reforzado y el bolsacreto.

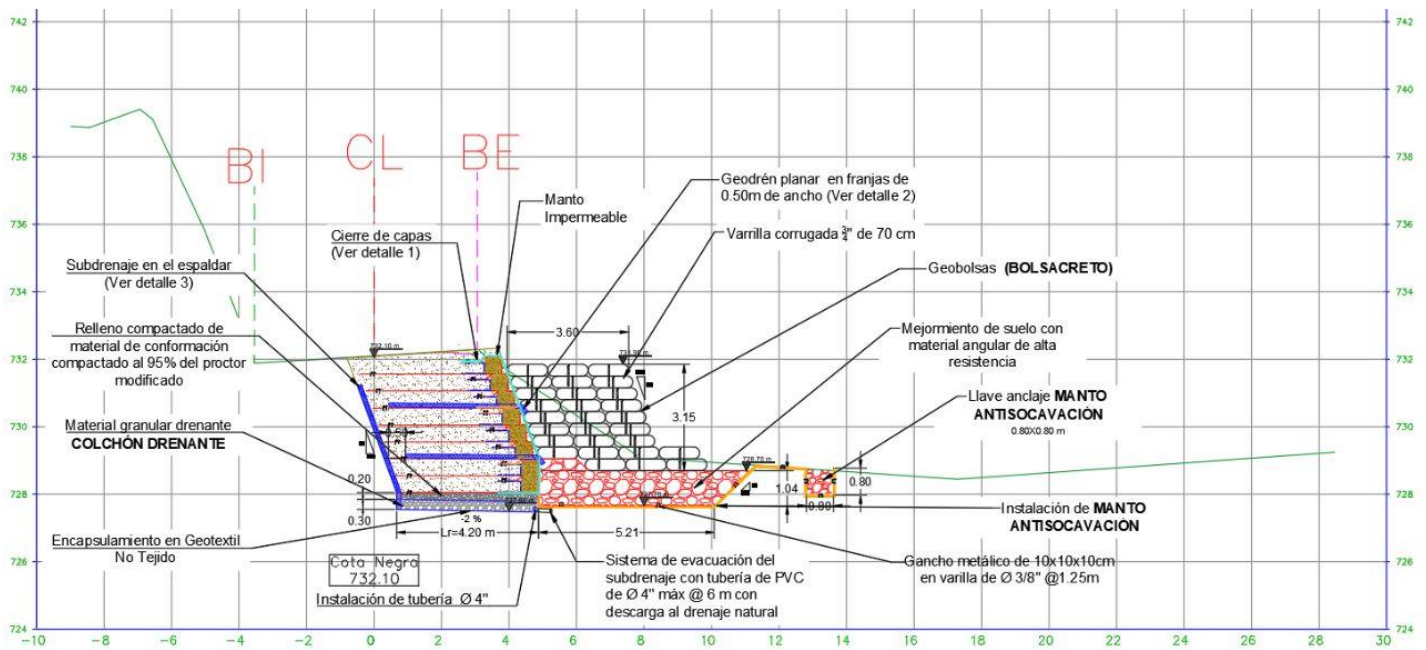
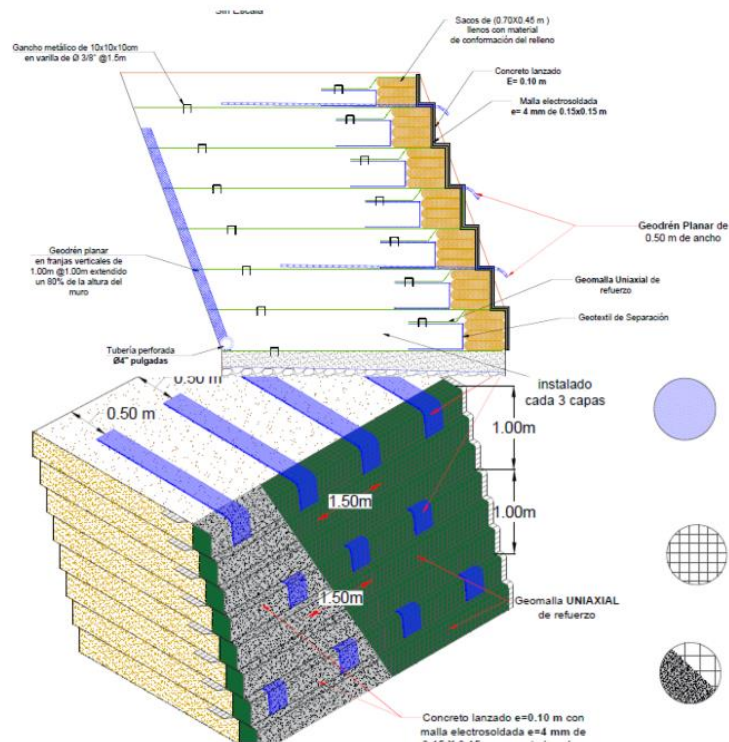


Figura 21

Planos de detalles del suelo reforzado.



4.3 Toma de datos de monitoreo geotécnico en campo

La toma de datos de monitoreo geotécnico es una parte esencial en la geotecnia, debido a que con esto se puede comprender el comportamiento de los suelos estudiados. Durante el desarrollo de la práctica el practicante apoyó la toma de datos de monitoreo para los siguientes proyectos.

4.3.1 mejoramiento y optimización del acueducto de la vereda Helechales en el municipio de Floridablanca, Santander

En este proyecto se brindó apoyo en la toma de datos y muestras en campo mediante la prueba de penetración estándar (SPT), la cual es un ensayo de campo muy usado en la ingeniería civil y con esto poder determinar la resistencia del suelo estudiado mediante el número de golpes.

Para desarrollar esta actividad lo primero que se realizó fue identificar las zonas donde se ejecutarían cada una de las perforaciones. Por eso con la ayuda de las líneas de conducción y la localización de alguna de las estructuras de interés, se procede realizar la ubicación mediante Google Earth de los sondeos que se deben ejecutar (Figura 22, Figura 23).

Figura 22

Ubicación de los sondeos 1-2-3.



Fuente: Google Earth (GOOGLE, 2023).

Figura 23

Ubicación de los sondeos 4-5-6-7-8-9.



Fuente: Google Earth (GOOGLE, 2023).

Una vez conocida cada una de las ubicaciones de las estructuras, se procede a realizar cada uno de los sondeos, la Figura 24 muestra la toma de datos en campo y las muestras extraídas durante la exploración geotécnica utilizando SPT, ejecutando el siguiente procedimiento indicado en la norma Invias INV E-105-13 (INVIAS, 2013):

- Preparar la zona donde se va a realizar el ensayo, con el fin de no generar afectaciones a redes eléctricas o hidráulicas que se puedan ver afectadas por el ensayo.
- Se arma el equipo SPT en el punto de interés. Este equipo cuenta con: muestreador de cuchara partida, martillo, tubos de perforación y un tubo guía.
- Una vez armado se procede a realizar los golpes con el martillo a una altura determinada por el tubo guía, se debe ir contando la cantidad de golpes necesarios para llegar primero a 0.15 m, luego a 0.30 m y por último a 0.45 m y hacer el registro de estos valores.

- Tomado el ultimo valor de golpes, se lleva a cabo la extracción del tubo de muestreo para extraer la muestra contenida en este y debe ser almacenada de manera correcta utilizando vinipel para asegurar que la muestra no se vea alterada en su humedad, mientras es transportada al laboratorio.
- Se vuelve a preparar el equipo en el mismo punto y se repite el proceso hasta llegar a la profundidad de interés o que el equipo de rechazo.

Figura 24

Toma de datos y muestras en campo mediante ensayo de SPT.



4.3.2 Proyecto edificio BIT del río en el distrito de Barrancabermeja, Santander

Durante el desarrollo de este proyecto se brindó apoyo en la supervisión y ejecución de 2 ensayos geofísicos de tomografías de resistividad eléctrica (TRE) para identificar el estado del suelo en la zona estudiada, en la ciudad de Barrancabermeja, Santander (Figura 26).

La tomografía de resistividad eléctrica es un método geofísico que analiza el subsuelo mediante la inyección de corriente eléctrica a través de unos electrodos que se conectan a una fuente poder. Además, estos también van conectados a una consola de conmutación y que a su vez mide la resistencia que ejerce el suelo ante estos pulsos de corriente (Figura 25). Con esto se busca obtener un modelo en 2D con los valores de resistencia del suelo a diferentes profundidades, para así tener una idea del estado del suelo en la zona de estudio. (Reynolds, 2011).

Figura 25

Equipos utilizados para la tomografía de resistividad eléctrica.



Fuente: Interobras de Santander (INTEROBRAS, 2023).

Para realizar la adquisición de datos se debe realizar el siguiente procedimiento (ASTM D6431-18, 2018):

- Se debe preparar el equipo el cual cuenta de: la unidad básica, cables LUND, jumpers, conectores, electrodos y una fuente de poder.
- Es necesario ubicar la unidad básica en el centro de la línea tomográfica.
- Una vez ubicada la unidad básica, se procede a fijar los electrodos hacia los lados de esta en línea recta sobre el terreno, separado a la distancia establecida por el operador del equipo.
- A continuación, se extiende el cable LUND paralelo a los electrodos.
- Con ayuda de los jumpers se conectan los electrodos al cable LUND.
- Después se conecta el cable LUND a la unidad básica, a su vez esta debe ir conectada con la fuente de poder.
- Para asegurar que todos los electrodos están funcionando correctamente se realiza un chequeo mediante la unidad básica, la cual indica que electrodo estaría fallando, si llega a suceder esto se procede a realizar la revisión del electrodo.
- Una vez hecho esto y que todos los electrodos estén funcionando correctamente, se realiza la configuración deseada en la unidad base por parte del operador del equipo y se comienza con la adquisición de datos.
- Finalizada la adquisición de datos se guarda la información para ser procesada en oficina.

Figura 26

Ejecución y supervisión de tomografía de resistividad eléctrica.



Nota. Esta figura muestra al practicante apoyando y supervisando la ejecución de la tomografía de resistividad eléctrica para el edificio BIT del río.

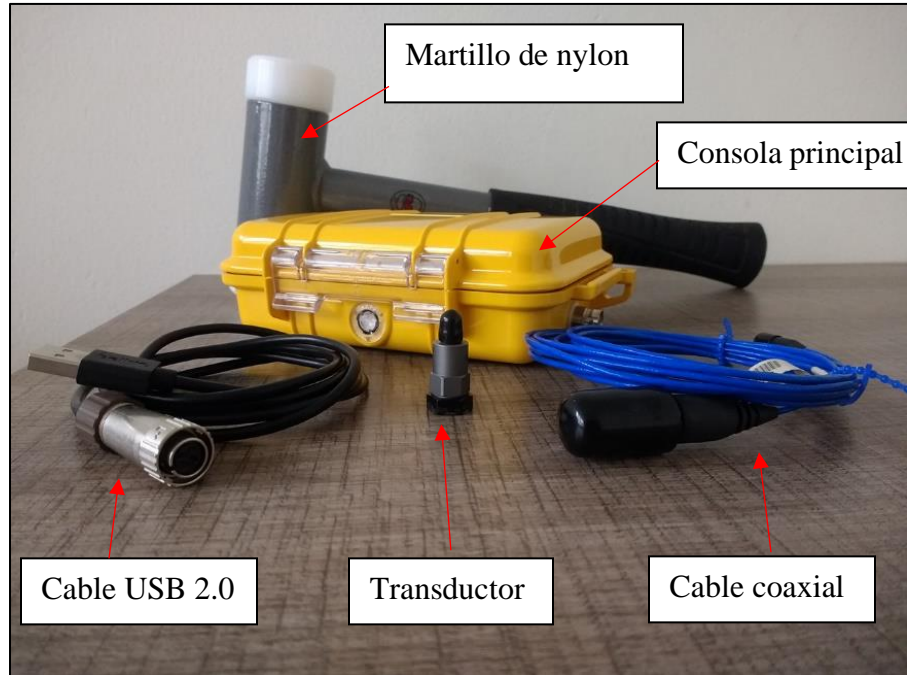
4.3.3 Pruebas de integridad de pilotes.

Esta prueba consiste en determinar la integridad de los pilotes, mediante un golpe en la cabeza del pilote el cual genera un pulso que recorre toda la sección, este pulso se puede reflejar al llegar al pie del pilote o donde se presente anomalías tales como: fracturas, interrupciones y variaciones de la sección (Rausche, Likins, & Shen Ren Kung, 1992). Este ensayo se encuentra regulada por la norma ASTM Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations (ASTM D 5882-16, 2012).

Los equipos utilizados para realizar estos ensayos son los que se muestran en la Figura 27.

Figura 27

Equipos utilizados para la prueba de integridad de pilotes.



Fuente: Interobras de Santander (INTEROBRAS, 2023).

Durante la práctica esta prueba se realizó para la cimentación del proyecto condominio reserva 103 y para la cimentación del puente vehicular PR 20+930 ruta 5505 en el municipio de Chitagá (Figura 28). La adquisición de los datos se realiza de la siguiente manera (Rausche, Likins, & Shen Ren Kung, 1992):

- Limpieza de la cabeza del pilote, retirando la suciedad o cualquier residuo de concreto que dificulte la instalación del transductor.
- Instalar el transductor perpendicular el pilote, para asegurar la correcta fijación a la superficie rugosa se utiliza plastilina o masilla.

- Se conecta el transductor mediante el cable coaxial a la consola principal y esta mediante cable USB se conecta al computador portátil.
- Se enciende el computador, para abrir el software de adquisición y configurar los parámetros de diámetro, longitud y resistencia del pilote.
- Con los parámetros dentro del software se procede a realizar el golpe con el martillo de nylon y a registrar los datos obtenidos el software.
- Para cada pilote se hace un mínimo de 7 golpes.

Figura 28

Toma de datos en campo para la prueba de integridad de pilotes.



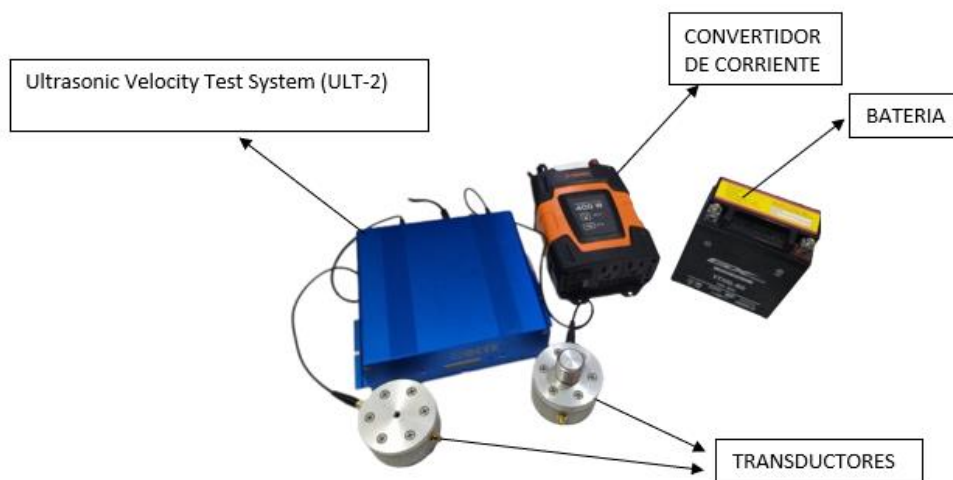
4.3.4 Prueba de velocidad de pulso ultrasónico.

La prueba de velocidad de pulso ultrasónico, es un ensayo no destructivo el cual consiste en la medición del tiempo de propagación de un pulso ultrasónico emitido por un transductor emisor a un receptor a través del concreto (Figura 29). Este ensayo se encuentra especificado por la ASTM C597 (Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concret, 2009).

Esta prueba tiene como propósito determinar el módulo de elasticidad del concreto, la detección de fisuras, su profundidad aproximada y defectos en el concreto.

Figura 29

Equipos utilizados para la prueba de velocidad de pulso ultrasónico.



Fuente: Interobras de Santander (INTEROBRAS, 2023).

Para el desarrollo de la actividad se contó con la capacitación por parte del operador del equipo acerca del funcionamiento y cuidados del mismo, además del acompañamiento por el tutor de la empresa el cual estuvo a cargo de la actividad, se analizaron las fisuras en la zona de estudio

(Figura 30 y Figura 31). Esto se realizó usando la siguiente metodología de adquisición (ASTM C597, 2009) .

- Inspección y limpieza de la zona de interés.
- Se conecta la batería al convertidor de corriente y a la consola ult-2.
- Mediante cables coaxiales se conectan los transductores a la consola ult-2.
- Encendido el equipo se procede a calibrar e inspeccionar el funcionamiento del equipo juntando los transductores, esperando que al realizar esto el equipo arroje un primer valor.
- Posteriormente se procede a realizar una primera lectura para determinar el módulo de elasticidad del concreto, colocando los transductores sobre la superficie; se mide la distancia entre estos dos y se hace el registro de los valores arrojados por el equipo.
- Luego se realiza una segunda lectura para determinar la profundidad de las fisuras, colocando los transductores a una distancia inicial X de la grieta, se hace un primer registro de datos. Después se ubican los transductores a una distancia de $2X$ de la grieta y se realiza la segunda adquisición de datos.

Figura 30

Toma de datos de la prueba de pulso ultrasónico en campo.



Figura 31

Toma de datos de la prueba de pulso ultrasónico en campo.



En la figura 32, se puede observar los resultados obtenidos del análisis de datos para los puntos analizados en la prueba de campo, en cada uno se realizó el cálculo de módulo de elasticidad, resistencia a la compresión y profundidad de las grietas. En los resultados se evidencia que el concreto cumple con los parámetros de resistencia $f'c$ de 3000 PSI de diseño y se recomendó hacer seguimiento a las grietas mediante fisurómetros de regleta.

Figura 32

Análisis de datos de la prueba de pulso ultrasónico en campo.

Calculo Resistencia del Concreto									Calculo Profundidad de Grietas					
Punto	Abscisa	Costado	Datos (μ s)	Distancia (m)	Velocidades (m/s)	Promedio Velocidades (m/s)	E (mpa)	F'c (mpa)	Punto	Abscisa	Costado	Datos	Distancia	Profundidad de grietas (mm)
1	93+106	Derecho	18.40	0.071	3858.7	3422.6	25303.3	29.0	1	93+106	Derecho	44.74	0.0355	43.0
			20.31		3495.8							66.60		
			24.37		2913.4									
2	93+339	Derecho	20.82	0.075	3602.3	3500.7	26471.1	31.7	2	93+339	Derecho	42.60	0.0375	41.5
			24.25		3092.8							65.27		
			19.70		3807.1									
3	93+380	Izquierdo	20.93	0.078	3726.7	3411.4	25137.0	28.6	3	93+380	Izquierdo	29.92	0.039	17.0
			25.93		3008.1							56.13		
			22.29		3499.3									
4	93+540	Derecho	28.15	0.081	2877.4	3545.0	27144.9	33.4	4	93+540	Derecho	11.70	0.0405	40.3
			23.92		3386.3							18.53		
			18.53		4371.3									

4.4 Elaboración de estudios de suelo e informes técnicos

En el desarrollo de la práctica se apoyó en la elaboración de estudios de suelos para distintos proyectos.

4.4.1 Informe del estudio de suelos vereda Helechales Floridablanca

El practicante durante el desarrollo del proyecto fue el encargado de realizar el informe del estudio de suelos para el mejoramiento y optimización del acueducto de la vereda Helechales en el municipio de Floridablanca (Figura 33), Santander; todo esto bajo la supervisión del tutor designado por la empresa.

Figura 33

Portada del estudio de suelos para el sistema de acueducto rural de la vereda Helechales.



La estructura del informe está basada en las generalidades del estudio, su ubicación, características del proyecto, geología, zonas de amenaza y resultados de la exploración geotécnica realizada en la zona (Figura 34).

Figura 34

Contenido del estudio de suelos para el sistema de acueducto rural de la vereda Helechales.

CONTENIDO	
1. INTRODUCCIÓN	7
2. CAPÍTULO 1.....	8
2.1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO	8
2.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO	8
2.3. ALCANCE DEL ESTUDIO	9
3. CAPÍTULO 2.....	10
3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	10
3.1.1. Ubicación del proyecto	10
4. CAPÍTULO 3.....	11
4.1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	11
4.1.1. Descripción general.....	11
5. CAPÍTULO 4.....	13
5.1. GEOLOGÍA REGIONAL	13
6. CAPÍTULO 5.....	15
6.1. ZONAS DE AMENAZAS Y RIESGOS	15
6.1.1. Amenaza hidrológica	15
6.1.2. Amenaza a Fenómenos de Remoción en Masa y Erosión	15
6.2. AMENAZAS SÍSMICAS	16
6.3. ZONA DE AMENAZA SÍSMICA	17
6.4. Valores Aa y Av	19
6.5. Efectos locales	21
7. CAPÍTULO 6.....	24
7.1. Investigación Geotécnica Realizada	24
7.1.1. Criterios utilizados.....	24
7.1.2. Perfil geotécnico.....	24
7.1.3. Sondeos	25
7.1.4. Corrección de sondeos.....	52
8. METODOLOGÍA DE PRUEBAS DE LABORATORIO.....	56
8.1. Resumen de la metodología.....	56
8.1.1. Equipos Utilizados para todos los ensayos:	58
8.2. Resultados de los ensayos de laboratorio.....	59
8.2.1. Resultados de pruebas de humedad natural	59
8.2.2. Resultados de las pruebas de granulometría.....	60
8.2.3. Resultados ensayo de límite líquido y límite plástico e índice de plasticidad de suelos	62
8.2.4. Resultados ensayo de peso unitario	64
8.2.5. Resultados ensayo de corte directo	65
8.2.6. Nivel de cimentación recomendado	65
9. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	66
10. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN	73
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
12. ANEXO 1. RESUMEN RESULTADOS DE LABORATORIO	79

LISTA DE TABLAS	
Tabla 1 – Coordenadas de los Sondeos	11
Tabla 2 – Ubicación de los sondeos	24
Tabla 3 - Numero de SPT 1	27
Tabla 4 - Numero de SPT 2	30
Tabla 5 - Numero de SPT 3	33
Tabla 6 - Numero SPT 4	36
Tabla 7 - Numero SPT 5	40
Tabla 8 - Numero SPT 6	43
Tabla 9 - Numero SPT 7	46
Tabla 10 - Numero SPT 8	49
Tabla 11 - Numero SPT 9	52
Tabla 12 - Corrección del número de golpes	53
Tabla 13 - Corrección del número de golpes	54
Tabla 14 - Corrección del número de golpes	55
Tabla 15 - Humedad natural	59
Tabla 16 - Granulometría	60

A las muestras extraídas durante la exploración geotécnica se les realizaron sus respectivos ensayos como: humedad natural, granulometría y límites de Atterberg, así como ensayo de corte directo consolidado drenado y peso específico (Tabla 2). Todos estos se realizaron bajo los requisitos exigidos por las normas Invias que rige a cada uno de estos.

Tabla 2

Resumen de los ensayos de laboratorio realizados.

Parámetros del suelo													
Sondeos	Granulometría			Límites			% Humedad	Clasificación SUCS	Peso unitario (Kn/m ³)		Ángulo de fricción (°)	Cohesión (Kpa)	
	% Gravas	% Arenas	% Finos	LL	LP	I.P			Humedo	Seco			
S1 -M1- PROF (0.0 - 3.0 m) - Captación	0.60	57.40	42.00	31	20	11	25.0	SC (Arena Arcillosa)	18.26	13.48	29.06	12.96	
S1 -M2- PROF (3.0 - 6.0 m) - Captación	6.80	55.20	38.00	31	20	11	19.0	SC (Arena Arcillosa)					
S2 -M1- PROF (0.0 - 3.0 m) - Captación	0.80	66.00	33.20	38	24	14	33.3	SC (Arena Arcillosa)	17.41	12.87	29.06	12.96	
S2 -M2- PROF (3.0 - 6.0 m) - Captación	0.20	67.60	32.20	37	17	20	28.2	SC (Arena Arcillosa)					
S3 -M1-2 - PROF (0.0 - 4.0 m) - Captación	5.60	63.80	30.60	44	32	12	23.5	SC (Arena Arcillosa)	21.01	16.94	29.06	12.96	
S3 -M3- PROF (4.0 - 6.0 m) - Captación	6.40	56.40	37.20	34	17	18	28.5	SC (Arena Arcillosa)					
S4 -M1- PROF (0.0 - 3.0 m) - Planta	0.20	62.60	37.20	37	24	13	20.5	SC (Arena Arcillosa)	18.15	14.96	27.29	12.86	
S4 -M2- PROF (3.0 - 6.0 m) - Planta	1.20	68.20	30.60	35	N.P	N.P	14.9	SC (Arena Arcillosa)					
S5 -M1- PROF (0.0 - 3.0 m) - Planta	22.40	63.40	14.20	35	19	17	17.6	SC (Arena Arcillosa)	18.29	13.74	29.06	12.96	
S5 -M2- PROF (3.0 - 4.0 m) - Planta	0.00	58.20	41.80	32	21	11	22.0	SC (Arena Arcillosa)					
S5 -M3- PROF (4.0 - 6.0 m) - Planta	18.00	58.60	23.40	36	23	13	12.4	SC (Arena Arcillosa)	18.26	14.18	28.14	11.71	
S6 -M1- PROF (0.0 - 3.0 m) - Planta	8.40	51.00	40.60	39	29	10	26.6	SC (Arena Arcillosa)					
S6 -M2- PROF (3.0 - 6.0 m) - Planta	4.80	59.80	35.40	36	19	17	22.0	SC (Arena Arcillosa)	18.26	14.18	28.14	11.71	
S7 -M1- PROF (0.0 - 4.0 m) - Red	0.00	59.40	40.60	36	23	13	14.9	SC (Arena Arcillosa)					
S7 -M2- PROF (4.0 - 6.0 m) - Red	10.20	49.40	40.40	30	22	7	31.6	SC (Arena Arcillosa)	18.26	14.18	28.14	11.71	
S8 -M1- PROF (0.0 - 3.0 m) - Red	3.40	46.60	50.00	42	32	10	26.6	SC (Arena Arcillosa)					
S8 -M2- PROF (3.0 - 6.0 m) - Red	5.60	63.00	31.40	36	21	15	13.6	SC (Arena Arcillosa)	18.26	14.18	28.14	11.71	
S9 -M1-2- PROF (0.0 - 2.0 m) - Red	1.20	34.00	64.80	41	26	14	14.9	(CL) Arcilla Inorganica					
S9 -M3- PROF (2.0 - 6.0 m) - Red	2.40	39.60	58.00	39	21	18	23.5	(OL) Limos Organicos					

Con los parámetros del suelo ya conocidos se llevó a cabo el cálculo de capacidades portantes para cada una de las estructuras, utilizando el método de Terzaghi y Meyerhof (Tabla 3), para zapatas cuadradas a una profundidad de un metro.

Tabla 3

Calculo de capacidad portante del suelo mediante Terzaghi y Meyerhof para el proyecto del sistema de acueducto rural de la vereda Helechales.

Capacidad de Carga (Terzaghi) Ec. Cimentacion continua o corrida, circular & cuadrada

Zapata continua o corrida $q_u = c'N_c + qN_q + 1/2\gamma B N_{\gamma}$

Zapata cuadrada $q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma B N_{\gamma}$

Zapata circular $q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma B N_{\gamma}$

Parámetros de entrada

ϕ'	29.06	Grad	0.507192681	Rad
c'	12.87	kN/m ²		
γ	12.87	kN/m ³		
D_f	1	m		
B	12.87	kN/m ²		
H	1	m		
F_1	1			
Tipo de zapata	cuadrada			

Factores de carga

N_c	20.12
N_q	34.41
N_{γ}	17.35
$F_{\gamma 1}$	48.07

Factores de forma

Zapata	S_c	S_{γ}
Continua	1	1
Circular	1.3	0.3
Cuadrada	1.3	0.4

Capacidad de carga última (qu)

q_u (continua)	kN/m ²
q_u (Circular)	kN/m ²
q_u (Cuadrada)	883.33 kN/m ²

Capacidad de carga permisible (qperm) por área unitaria

q_{perm} (cuadrado)	294.44 kN/m ²	36.02 Tn/m ²
-----------------------	--------------------------	-------------------------

Carga bruta permisible

Q	294.44 kN
-----	-----------

Capacidad de Carga (Meyerhof) Ec. General

$q_u = \gamma N_c F_{c1} F_{c2} + q N_q F_{q1} F_{q2} + 1/2 \gamma B N_{\gamma} F_{\gamma 1} F_{\gamma 2}$

Parámetros de entrada

ϕ'	29.06	Grad	0.507192681	Rad
c'	12.87	kN/m ²		
γ	12.87	kN/m ³		
D_f	1	m		
B	1	m		
H	1	m		
F_1	1			

Factores de carga

N_c	18.75
N_q	27.84
N_{γ}	19.51
$F_{\gamma 1}$	15.15

Factores de forma

F_{c1}	1.58
F_{c2}	1.89
$F_{\gamma 1}$	1.00
$F_{\gamma 2}$	1.00

Factores de profundidad

D_f/B	F_{q1}	F_{q2}	$F_{\gamma 1}$	$F_{\gamma 2}$
0	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.16	1.31	1.31	1.31
2	1.33	1.49	1.49	1.49
3	1.48	1.63	1.63	1.63
4	1.61	1.74	1.74	1.74
5	1.72	1.83	1.83	1.83
6	1.81	1.90	1.90	1.90
7	1.88	1.95	1.95	1.95
8	1.94	1.99	1.99	1.99
9	1.99	2.02	2.02	2.02
10	2.03	2.05	2.05	2.05

Factores de inclinación

F_{c1}	1
F_{c2}	1
$F_{\gamma 1}$	1
$F_{\gamma 2}$	1

Capacidad de carga última (qu)

q_u	1080.07 kN/m ²
-------	---------------------------

Capacidad de carga permisible (qperm) por área unitaria

q_{perm}	430.03 kN/m ²	53.76 Tn/m ²
------------	--------------------------	-------------------------

Carga bruta permisible

Q	430.03 kN	53.76 Tn/m ²
-----	-----------	-------------------------

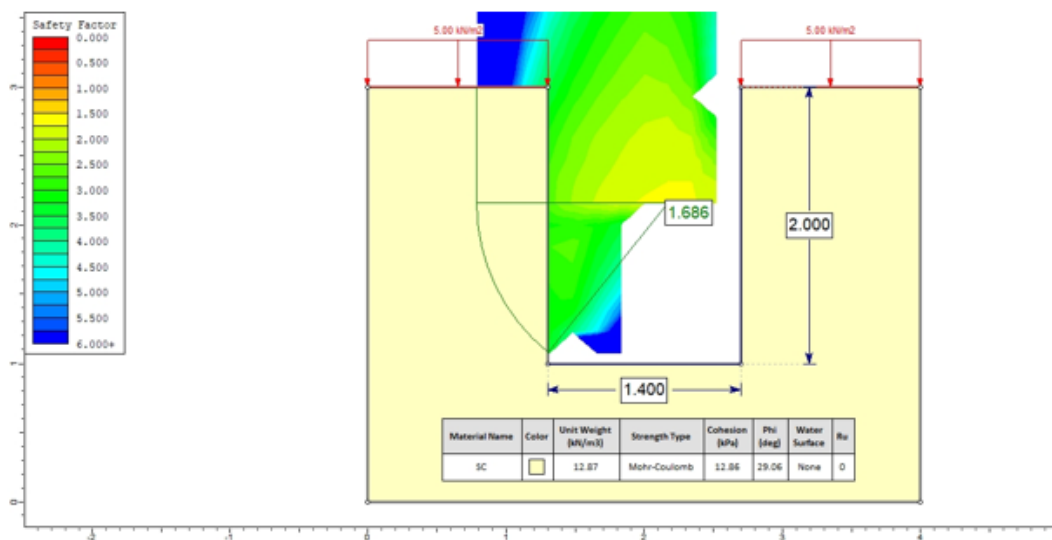
Nota:

- c' : Presión admisible de terreno
- q_{ult} : Capacidad portante del terreno
- q_{adm} : Presión admisible por asentamiento
- ϕ : es el menor valor entre q_{ult}/F_1 y q_{adm}

Una vez calculada la capacidad portante del suelo, se realizó el análisis de estabilidad de las dimensiones máximas de las zanjas a excavar en la etapa de construcción (Figura 35).

Figura 35

Modelado de estabilidad para las zanjas a construir.



4.4.2 Estudio de suelos para la construcción de señalización con pórticos en la ruta del cacao, que comunica a Bucaramanga con Barrancabermeja

Este estudio de suelos se realizó con el fin de determinar el comportamiento del terreno para los puntos donde se cimentará los pórticos para la señalización de la vía mediante la Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic (ASTHO, 2015) (Figura 36).

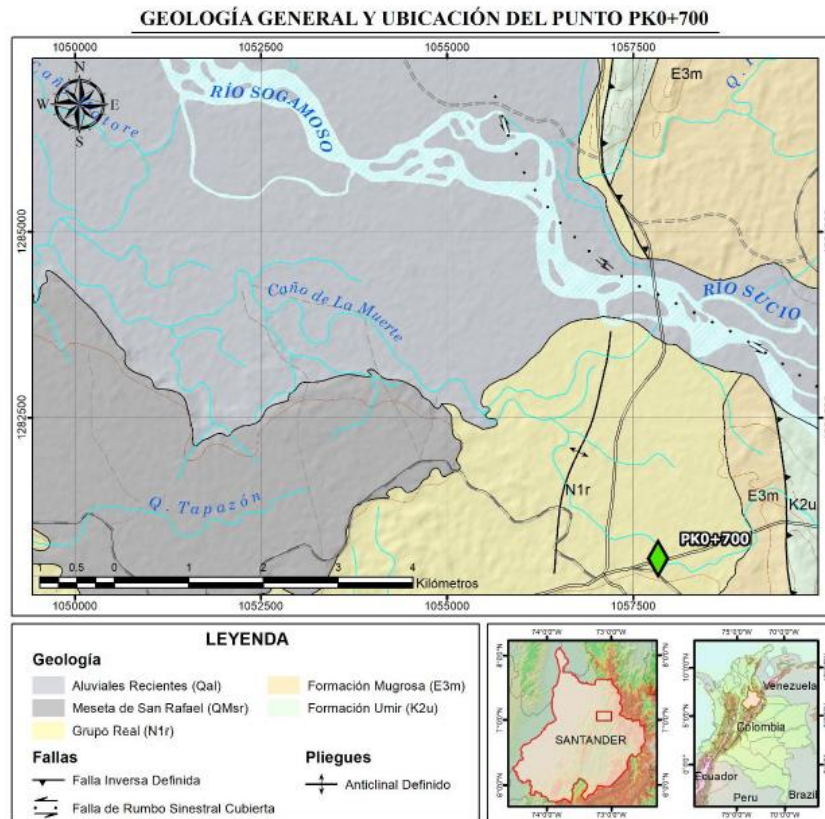
Figura 36

Portada del estudio de suelos para el proyecto de construcción de señalización con pórticos en la ruta del cacao.



Figura 38

Mapa geológico de la zona de estudio para el proyecto de construcción de señalización con pórticos en la ruta del cacao.



Posterior a esto se realizó el análisis de la muestra extraídas en la exploración geotécnica y se realizaron los ensayos de laboratorio como: granulometría, límites de Atterberg, humedad natural, peso específico y corte directo, utilizando la metodología de diseño Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic AASTHO (Tabla 4). Además de esto se realizó la corrección del número de golpes del SPT por: eficiencia del martillo, diámetro de la perforación, tipo de muestreador y longitud de la barra perforadora.

Tabla 4

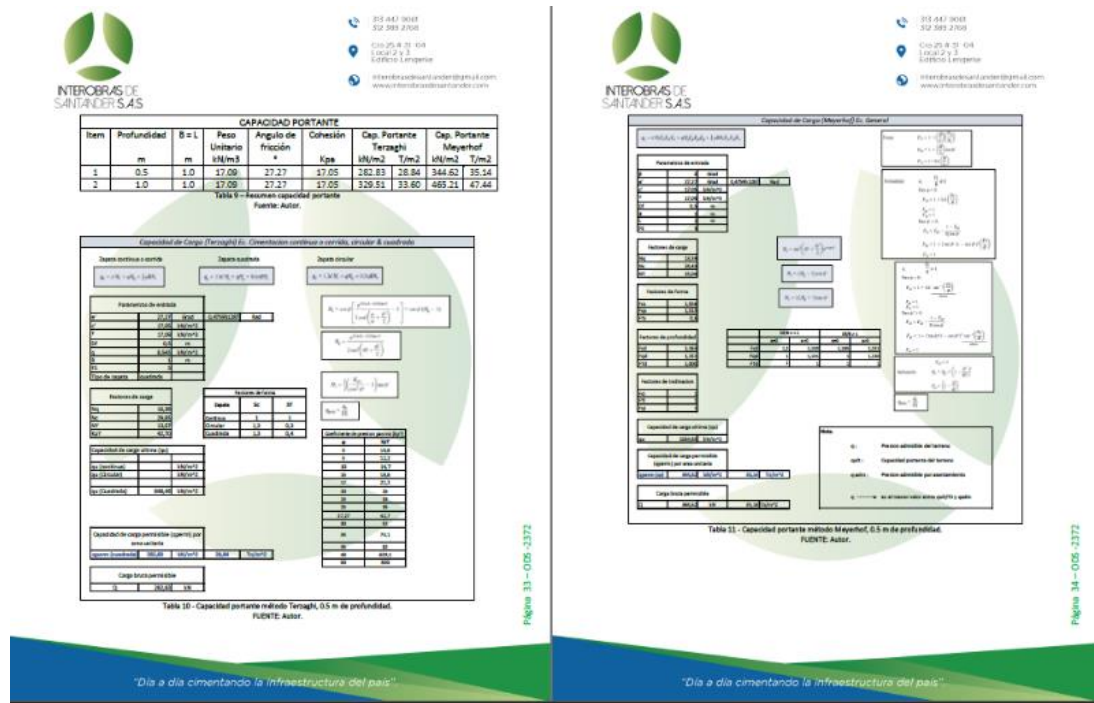
Resumen de ensayos de laboratorio del proyecto denominado construcción de cimentación para la señalización con pórticos en la ruta del cacao.

Exploración		Resumen resultados de ensayos de campo y de laboratorio																	
SONDEO	Profundidad (m)	SPT						peso unitario seco KN/m3	peso unitario humedo KN/m3	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación		Corte directo	
		Inicio	Fin	6"	12"	18"	Nspt			N60	G	A	F	LL	LP	IP	USCS	AASHTO	C (Kpa)
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK0+700	0,00	0,50	6	8	10	18	15	17,09	20,06	24,6	44,80	30,60	22	8	14	SC	A-2-6	17,05	27,27
	0,50	1,00	8	8	9	17	14												
	1,00	1,50	7	7	9	16	14												
	1,50	2,00	5	5	9	14	12												
	2,00	2,50	5	5	7	12	10	16,62	19,31	7,40	42,40	50,20	34	20	14	CL	A-6	31,84	14,87
	2,50	3,00	10	15	21	36	28												
	3,00	3,50	7	11	20	31	22												
	3,50	4,00	18	22	21	43	29												
	4,00	4,50	24	27	24	51	32												
	4,50	5,00	10	25	30	55	33												
5,00	5,50	15	30	35	65	37													
5,50	6,00	20	32	42	74	41													

Con los datos de cohesión, ángulo de fricción y peso específico, se calculó la capacidad portante para cada uno de los putos mediante Terzaghi y Meyerhof (Tabla 5), para zapatas cuadradas a 0.5 y 1 metro de profundidad.

Tabla 5

Cálculo de capacidad portante mediante Terzaghi y Meyerhof para el proyecto de construcción de cimentación para la señalización con pórticos en la ruta del cacao.



Una vez obtenida la capacidad de soporte se procede a realizar una alternativa de cimentación, la cual se calculó utilizando las fuerzas utilizadas para el diseño de la señalización suministradas por la empresa contratante, además del software Geo5 (Fina Ltd., 2022) (Figura 39 y Figura 40).

La alternativa de cimentación suministrada consiste en 4 micropilotes a dos metros de profundidad con un diámetro de 16.82 cm, además de una zapata de 1.5 m X 1.5m con 0.60 m de espesor y un pedestal de 0.9 m X 0.9 m con 0.4 m de altura.

Figura 39

Modelado de la propuesta de cimentación de una zapata con micropilotes

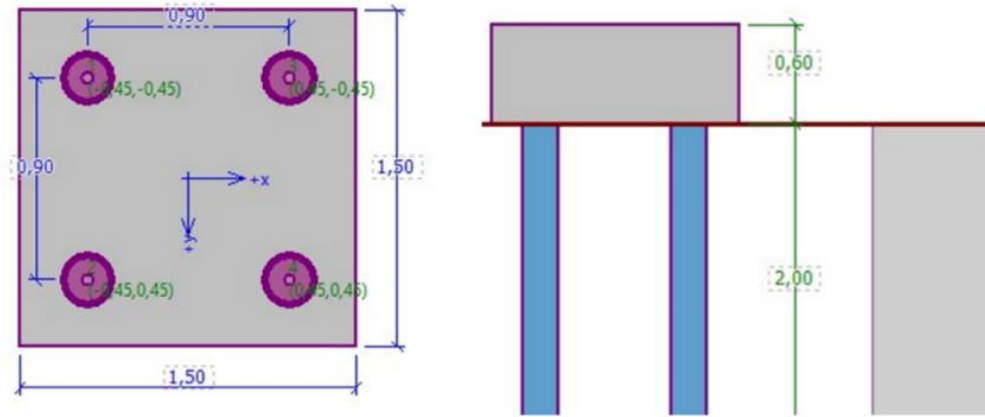
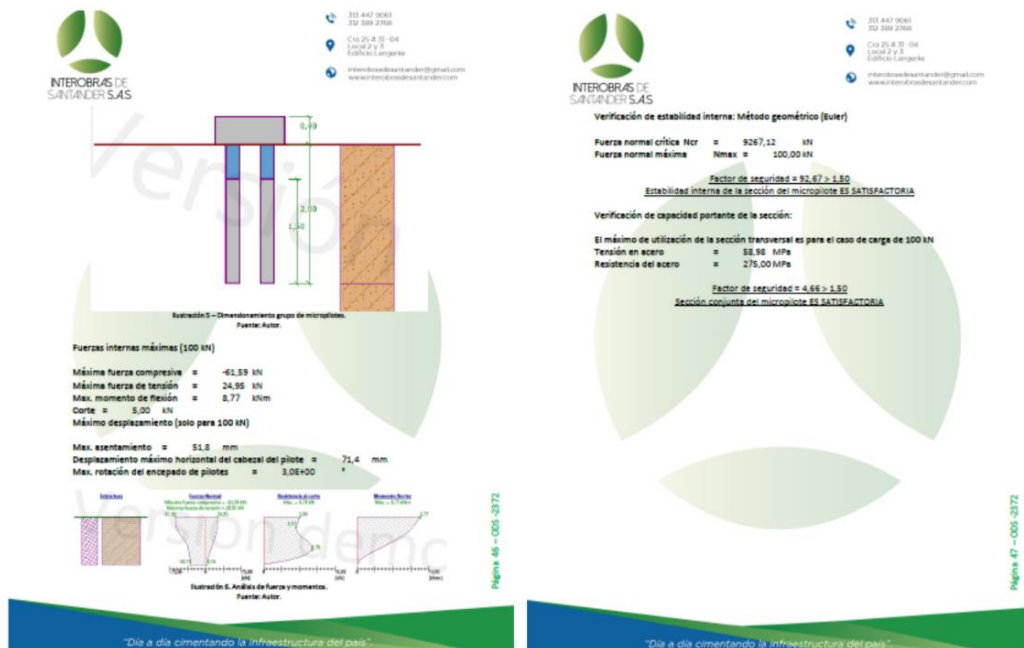


Figura 40

Análisis de la propuesta de cimentación de una zapata con micropilotes.



5. Conclusiones

Durante la práctica empresarial se fortalecieron los conceptos adquiridos en el programa académico de ingeniería civil proporcionado por la Universidad Industrial de Santander, esta permite mejorar los conceptos teóricos y prácticos, para así brindar mejores soluciones en campo a las problemáticas que se puedan llegar a presentar.

Se logro desarrollar habilidades en la ejecución y supervisión de ensayos de laboratorio y de campo para la caracterización de materiales geotécnicos, Se realizaron 25 ensayos de humedad, 15 granulometrías, 15 limites líquidos, 11 limites plásticos, 27 densidades de cono y arena, 6 Proctor modificados, 12 especímenes de concreto y 18 compresiones de cilindros.

Se desarrollaron habilidades en el manejo de software especializado destinado a analizar la estabilidad de taludes y laderas; en ese aspecto se realizaron 3 análisis de estabilidad bajo supervisión del tutor designado por la empresa.

Los estudios geotécnicos son parte esencial en la ingeniería civil para evaluar el tipo de suelo y ofrecer soluciones que mejoren la estabilidad del terreno y con esto prevenir posibles afectaciones por deslizamientos, siendo fundamentales al momento de tomar decisiones seguras en cualquier proyecto.

Se adquirió experiencia en el área de construcción de obras y con esto poder llegar a realizar controles de calidad en cada una de las etapas constructivas que poseen los diferentes proyectos.

Bibliografía

- AASTHO. (2015). *Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic*.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10-Título H*.
- ASTM C597. (2009). *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concret*.
- ASTM D 5882-16. (2012). *Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations*.
- ASTM D6431-18. (2018). *Standard Guide for Using the Direct Current Resistivity Method for Subsurface Site Characterization*. Obtenido de <https://www.astm.org/d6431-18.html>
- Autodesk. (2023). Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/products>
- Braja M Das. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*.
- Díaz, J. S. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*.
- Esri. (2021). *ArcGIS*. Obtenido de <https://www.arcgis.com/index.html>
- Fina Ltd. (2022). *GEO 5*. Obtenido de <http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/geo5-features/>
- GOOGLE. (2023). *Google Earth*. Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- INTERNACIONAL, A. (2016). *Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations (D5882 – 16)*". West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- INTEROBRAS. (2023). *Interobras de Santander S.A.S*. Obtenido de <https://interobras-de-santander-sas.business.site/>
- INVIAS. (2013). *Densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el metodo del cono y arena INV E-161*.
- INVIAS. (2013). *Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos INV E-123*.

INVIAS. (2013). *Determinación del contenido de humedad INV E-122-13.*

INVIAS. (2013). *Determinación del límite líquido de los suelos INV E-125.*

INVIAS. (2013). *Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio para ensayos de compresión y flexión INV E-402.*

INVIAS. (2013). *Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos INV E-126.*

INVIAS. (2013). *OBTENCION DE MUESTRAS DE SUELO MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA INV E-105-13.*

INVIAS. (2013). *Relaciones de Humedad - peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación) INV E-142.*

INVIAS. (2013). *Resistencia a la compresión de cilindros de concreto INV E-410.*

Rausche, F., Likins, G., & Shen Ren Kung. (1992). *Pile integrity testing and analysis*. Obtenido de Application of Stress-Wave Theory to Piles: <https://www.pile.com/wp-content/uploads/2017/03/PileIntegrityTestingAndAnalysis.pdf>

Reynolds, J. M. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*.

Rocscience. (2022). *Slide 2d*. Obtenido de <https://www.rocscience.com/software/slide2>