

Auxiliar de Ingeniería en la Empresa Interobras de Santander SAS Para Desarrollar Actividades Técnicas y Administrativas en Proyectos de Geotecnia, Estudios Geofísicos y Obras de Estabilización

María Fernanda Ramos Florián

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

José Alberto Rondón

Magister en Geotecnia

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

A Dios y a la vida por el privilegio de vivir esta experiencia que estuvo llena de retos, aprendizajes, alegrías y triunfos.

A mis papás Rocío y Eider quienes con su eterna paciencia, amor y esfuerzo me permitieron lograr una de mis grandes metas, gracias por enseñarme el ejemplo de perseverancia y valentía, de no tenerle miedo a las dificultades porque sé que Dios siempre está conmigo.

A mis hermanas Yuly, Paola y Melissa por su apoyo y cariño incondicional durante todo este camino, por estar a mi lado en todo momento y por ser las mejores compañeras de vida.

A mis sobrinas Majo y Victoria, por darle luz a mis días y motivarme siempre a cumplir mis sueños y a ser una mejor persona.

Finalmente, quiero dedicar este logro a mi amiga Mariana, por apoyarme en los momentos difíciles, por brindarme todo su amor siempre y por ser mi mayor motivación en el transcurrir de este gran sueño.

### **Agradecimientos**

Quisiera empezar agradeciendo a mi familia, especialmente a mis padres, les agradezco profundamente su amor incondicional y su apoyo constante. Su fe en mí ha sido el motor que me permitió completar este camino. A mis hermanas y sobrinas, por sus palabras de aliento, por su presencia y cariño, gracias por ser mi pilar en los momentos difíciles. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A la Universidad Industrial de Santander, gracias por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente. Mi gratitud también va para la sede Barbosa, cuyo apoyo y disposición fueron esenciales para iniciar con mi formación profesional. Aprecié profundamente su confianza en mi trabajo y el ambiente de aprendizaje que me ofrecieron.

A mi director de proyecto José Alberto Rondón, cuya experiencia y apoyo constante fueron fundamentales para la realización de este trabajo. Su guía no solo me proporcionó claridad académica, sino también motivación en cada momento.

Finalmente, agradezco a Interobras de Santander por darme la oportunidad de hacer parte de su equipo de trabajo, gracias por confiar en mí y brindarme el apoyo y conocimiento necesario para crecer profesionalmente. Gracias por hacer de mí una mejor profesional, por las lecciones, los retos y el aprendizaje.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	15
1. Objetivos.....	17
1.1 Objetivo General.....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
2. Metodología .....	18
2.1 Aspectos de la Empresa .....	18
2.1.1 Incorporación e Inducción .....	18
2.1.2 Preparación y Capacitación.....	18
2.2 Ensayos de Laboratorio y de Campo .....	19
2.2.1 Ensayos de Laboratorio.....	19
2.2.2 Ensayos de Campo.....	19
2.3 Redacción de Informes .....	20
2.4 Diseño y Modelamiento.....	20
2.5 Aporte a la Empresa.....	20
3. Resultados y Análisis.....	21
3.1 Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos .....	21
3.1.1 Granulometría .....	22
3.1.1.1 Determinación de los Tamaños de las Partículas de los Suelos.....	23
3.1.1.2 Análisis Granulométrico Para Subbase Granular. ....	23
3.1.1.3 Análisis Granulométrico Para Base Granular.....	24
3.1.1.4 Ejecución de Granulometrías.....	25

3.1.2 Límites de Atterberg .....	26
3.1.2.1 Límite Líquido. ....	26
3.1.2.2 Límite Plástico. ....	27
3.1.2.3 Ejecución de Límites Atterberg. ....	27
3.1.3 Determinación del Contenido de Agua (Humedad).....	29
3.1.4 Determinación del Peso Unitario de Especímenes del Suelo .....	29
3.1.4.1 Método A. ....	30
3.1.4.2 Método B. ....	30
3.1.4.3 Ejecución del Método B Para el Cálculo del Peso Unitario. ....	30
3.1.5 Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto .....	31
3.2 Ensayos de Campo.....	32
3.2.1 Ensayo De Penetración Y Muestreo Con Tubo Partido De Los Suelos .....	32
3.2.1.1 Ejecución Ensayo Normal de Penetración.....	33
3.2.2 Determinación de Densidad In Situ .....	34
3.2.3 Extracción de Núcleos .....	35
3.2.4 Elaboración de Cilindros, Muestreo de Viguetas y Ensayo de Asentamiento.....	36
3.2.4.1 Asentamiento del Concreto.....	36
3.2.4.2 Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en Obra.....	36
3.2.4.3 Ejecución de Asentamiento y Elaboración de Especímenes de Concreto. ....	37
3.3 Estudios de Suelos .....	38
3.4 Diseño y Modelamiento.....	41
3.4.1 AutoCAD .....	41
3.4.2 Slide 2D .....	42

3.4.3 Diseño y Modelamiento en los Proyectos.....	42
3.5 Aporte a la Empresa.....	46
3.5.1 Valor de Azul de Metileno en Agregado Finos .....	46
3.5.2 Capacitación al Personal de la Empresa .....	47
4. Conclusiones .....	50
5. Recomendaciones .....	51
Referencias Bibliográficas .....	52
Apéndices.....	54

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Proyectos en los que se participó y ensayos ejecutados en laboratorio .....	22
Tabla 2. Orden y tamices para el ensayo de determinación de tamaños.....	23
Tabla 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular .....	24
Tabla 4. Franjas granulométricas del material de base granular.....	24
Tabla 5. Proyectos en los que se participó y ensayos ejecutados en campo .....	32

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Separación y pulverización de las muestras para determinación de tamaños .....	25
Figura 2. Ejecución de granulometría para una base granular .....	25
Figura 3. Aparato del límite líquido de operación manual .....	27
Figura 4. Tamizado de las muestras para ejecutar los límites de Atterberg .....	28
Figura 5. Ejecución de límite líquido.....	28
Figura 6. Ejecución ensayo de determinación de contenido de humedad .....	29
Figura 7. Muestras remoldeadas e intactas para la determinación del peso unitario .....	30
Figura 8. Compresión de cilindros de concreto .....	31
Figura 9. Ensayo de penetración estándar y muestras recolectadas.....	34
Figura 10. Toma de densidades por el método cono y arena.....	35
Figura 11. Extracción de núcleos.....	36
Figura 12. Ejecución de ensayo de asentamiento y toma de vigas .....	37
Figura 13. Estudios de suelos ejecutados durante las prácticas empresariales .....	40
Figura 14. Análisis estático del tanque de almacenamiento .....	43
Figura 15. Análisis dinámico del tanque de almacenamiento.....	43
Figura 16. Análisis estático tanque elevado.....	44
Figura 17. Análisis dinámico tanque elevado .....	44
Figura 18. Planos de perfiles transversales, muro 5 y 6.....	45
Figura 19. Plano planta del muro 6.....	46
Figura 20. Capacitación dada al equipo de trabajo .....	47

Figura 21. Paso a paso del ensayo azul de metileno ..... 48

Figura 22. Formato de resultados-Ensayo azul de metileno ..... 49

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Formatos de laboratorio.....	54
Apéndice B. Contenido estudio de suelos – Interobras .....	56
Apéndice C. Presentación ensayo azul de metileno.....	57

## Glosario

**Capacidad de carga:** es la máxima carga que un terreno puede soportar sin que se deforme o ceda bajo presión.

**Cimentación:** conjunto de elementos de una estructura, cuyo objetivo es transmitir y repartir a un terreno la carga que sostiene de manera que no sobrepase el peso que admite.

**Cohesión:** fuerza interna que mantiene unidas las partículas del suelo.

**Colapso:** fenómeno que consiste en la deformación abrupta del suelo cuando se humedece, sin que haya un aumento significativo de los esfuerzos actuantes.

**Compresión:** ensayo que permite determinar la capacidad del concreto para soportar cargas estructurales.

**Ensayos:** pruebas que se realizan para determinar las características de un producto, ya sea físicas o químicas, bajo procedimientos específicos.

**Estabilización:** proceso que mejora las características de un suelo para que sea más resistente y duradero.

**Expansión:** propiedad física de los suelos que se refiere a su cambio de volumen cuando varía el contenido de agua.

**Exploraciones:** proceso que permite conocer las características geológicas y mecánicas de un terreno, con el objetivo de construir una edificación.

**Geofísica:** ciencia derivada de la geología que trata del estudio de las propiedades físicas de la Tierra.

**Geología:** es la ciencia natural que estudia la composición y estructura tanto interna como superficial del planeta Tierra.

**Geomorfología:** estudio del relieve de la Tierra, que incluye las formas y estructuras de todas las dimensiones, desde continentes y cuencas oceánicas a estrías y alveolos.

**Geotecnia:** es la ciencia que estudia y desarrolla técnicas para el desarrollo de obras de construcción en relación con el suelo.

**Licuefacción:** estado físico en el que se puede encontrar un terreno arenoso saturado cuando su resistencia al corte se reduce de forma drástica por el aumento de la acumulación de presiones.

**Resistencia:** es la capacidad de un terreno para resistir el esfuerzo cortante, es decir, la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él.

**Sismicidad:** es la medida de la actividad sísmica de algún lugar específico, según su frecuencia e intensidad a lo largo del tiempo.

## Resumen

**Título:** Auxiliar de Ingeniería en la Empresa Interobras de Santander SAS Para Desarrollar Actividades Técnicas y Administrativas en Proyectos de Geotecnia, Estudios Geofísicos y Obras de Estabilización\*

**Autor:** María Fernanda Ramos Florián \*\*

**Palabras Clave:** Geotecnia, ensayos, informe, laboratorio, suelos, taludes, estudios, normativa.

**Descripción:** En el presente documento se describe el desarrollo de las prácticas empresariales llevadas a cabo en la empresa Interobras de Santander SAS, las cuales se realizaron bajo el objetivo de desempeñar actividades técnicas y administrativas en áreas de geotecnia, geofísica y obras de estabilización. Durante un periodo de cuatro meses se participó en la elaboración de ensayos e informes de laboratorio de suelos, exploración geotécnica y geofísica, realización de estudios de suelos, creación de modelos de taludes y aporte al laboratorio de la empresa mediante la capacitación del ensayo de azul de metileno. Cada una de estas actividades se encontraba guiada al cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto de grado, además de llevar una revisión rigurosa de la normativa, la garantía de calidad y especificaciones, siempre guiadas y supervisadas por el tutor de la empresa.

Como resultado del trabajo realizado se obtuvo la culminación de varios proyectos llevados a cabo por la empresa, relacionados con geotecnia y estabilidad de taludes, los cuales están ampliamente ligados a los ensayos y exploraciones de las cuales también se hizo parte. A su vez se incentiva la implementación de nuevos recursos para el laboratorio y la capacidad de la empresa para brindar nuevos servicios.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: José Alberto Rondón. Magister en Geotecnia.

### Abstract

**Title:** Engineering Assistant at Interobras de Santander SAS to Develop Technical and Administrative Activities in Geotechnical Projects, Geophysical Studies, and Stabilization Works.\*

**Author(s):** María Fernanda Ramos Florián \*\*

**Key Words:** Geotechnics, tests, report, laboratory, soils, slopes, studies, regulations.

**Description:** The present document describes the development of the business practices carried out at Interobras de Santander SAS. These practices were conducted with the objective of performing technical and administrative activities in the areas of geotechnics, geophysics, and stabilization works. Over a period of four months, participation included conducting soil laboratory tests and reports, geotechnical and geophysical exploration, soil studies, slope modeling, and contributions to the company's laboratory through training in the methylene blue test. Each of these activities was aligned with meeting the specific objectives of the graduation project, along with a rigorous review of standards, quality assurance, and specifications, all guided and supervised by the company tutor.

As a result of the work performed, several projects related to geotechnics and slope stability, undertaken by the company, were successfully completed. These projects were closely tied to the tests and explorations in which participation was also involved. Additionally, the implementation of new resources for the laboratory and the company's capacity to offer new services was encouraged.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering. Director: José Alberto Rondón. Master in Geotechnics.

## Introducción

La construcción de obras civiles, como edificios, puentes, carreteras, y presas, es una actividad fundamental para el desarrollo urbano, la infraestructura y el bienestar social. Sin embargo, el éxito y la seguridad de estas estructuras dependen de un factor crucial que suele pasar desapercibido para el público en general: la calidad y las propiedades del suelo sobre el cual se construyen. Realizar estudios de suelos antes de iniciar una obra civil no solo es una práctica recomendada, sino una necesidad para garantizar la viabilidad, la seguridad y la longevidad de cualquier estructura.

En Colombia, los estudios de suelos han ganado relevancia en ingeniería civil debido a la complejidad geológica del país, caracterizado por alta sismicidad y zonas de riesgo geotécnico. Desde los años 70, universidades y entidades como el Servicio Geológico Colombiano y el Instituto Nacional de Vías han promovido el análisis de suelos, y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) ha establecido normas que exigen estudios geotécnicos previos a cualquier obra en zonas sísmicas. A pesar de los avances en normativas y la implementación en grandes proyectos de infraestructura, persisten desafíos en zonas rurales y en el sector privado, donde la regulación es menos estricta.

Los estudios de suelos permiten conocer características esenciales como la resistencia, la composición, la permeabilidad y la capacidad de carga del terreno, factores que influyen directamente en el diseño de cimentaciones y en la estabilidad de la construcción. A lo largo de la historia, los problemas geotécnicos no previstos han sido la causa de fallos estructurales significativos que han derivado en pérdidas económicas y, en el peor de los casos, en desastres humanos. La evaluación previa del suelo permite identificar posibles riesgos como deslizamientos,

hundimientos o inundaciones, y proponer medidas de mitigación que se ajusten a las particularidades del terreno. Por esta razón, se abarcará la realización de diversos estudios geotécnicos y geofísicos, y a su vez obras de estabilización, en los cuales se verá reflejada la importancia de realizarlos.

Por medio de las prácticas empresariales en la empresa Interobras de Santander, en donde se llevaron a cabo diversos procesos como revisiones exhaustivas de estudios de caso, normativas y técnicas geotécnicas, exploraciones de campo, ensayos e informes de laboratorio, realización de informes geotécnicos; de suelos y estabilización. Tanto el estudiante como la empresa buscan brindar su aporte a la problemática que se presenta no solo en el país sino en todo el mundo, y brindar los servicios necesarios que contribuyan a optimizar los diseños estructurales, reducir costos, evitar contratiempos y, sobre todo, garantizar la seguridad de las construcciones y sus usuarios.

A lo largo de esta experiencia, participé en diversas etapas de los procesos de la empresa, desde la toma de muestras en campo hasta el análisis detallado de los resultados en laboratorio, lo que me permitió adquirir una comprensión profunda de la geotecnia aplicada, comprendiendo y brindando información sobre la importancia de realizar estudios de suelos antes de comenzar cualquier proyecto de construcción. Mi compromiso y esfuerzo me permitieron finalizar con éxito esta etapa, sintiendo que contribuí a fomentar una cultura de construcción más segura y responsable.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Desarrollar actividades técnicas y administrativas en proyectos de geotecnia, estudios geofísicos y obras de estabilización como auxiliar de ingeniería en la empresa Interobras de Santander S.A.S.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Hacer ensayos e informe de laboratorio de los proyectos como documento soporte en los estudios geotécnicos bajo las consideraciones de las normas vigentes.

Analizar los resultados obtenidos de los ensayos y elaborar informes técnicos relacionados con las actividades desarrolladas por la empresa, dirigidos al cliente o empresa contratante de los proyectos geotécnicos u obras civiles.

Modelar proyectos geotécnicos y de obras civiles utilizando software especializado, con el fin de resolver diferentes problemas presentados como verificación de cimentaciones, muros y estabilidad de taludes.

Explicar el procedimiento que se lleva a cabo para realizar un ensayo implementado recientemente por la empresa, por medio de una capacitación dirigida al personal técnico del laboratorio de suelos.

## **2. Metodología**

En esta sección se describe como se llevó a cabo la práctica empresarial y la respectiva recopilación de información para su desarrollo. La metodología empleada se estructura en los siguientes incisos, los cuales fueron claves para un continuo aprendizaje.

### **2.1 Aspectos de la Empresa**

#### ***2.1.1 Incorporación e Inducción***

Esta etapa se da por parte de la gerente de la empresa, en la cual se dieron a conocer aspectos como la constitución de la empresa, su funcionamiento, las principales áreas de trabajo, el reglamento empresarial, una breve inducción sobre las instalaciones y la respectiva presentación con el personal de la empresa. Durante la inducción e incorporación se llevaron a cabo actividades como presentación de diapositivas, lectura de documentos empresariales, presentación de examen de conocimientos previos y comprensión de la información recibida en la inducción, finalmente se realizó un recorrido por las instalaciones de la empresa y se establecieron las fechas de inicio de actividades.

#### ***2.1.2 Preparación y Capacitación***

Durante esta etapa se establecieron las actividades por desarrollar durante el tiempo de las prácticas empresariales. Junto con el tutor empresarial se revisaron los proyectos que tenía la empresa en el momento del ingreso y las posibles actividades que se podrían desarrollar en base a ellos.

Principalmente se estableció una agenda del tiempo que iba a permanecer en el laboratorio de suelos, concretos y pavimentos de la empresa y el tiempo en oficina, en base a esos periodos establecidos se indicaron una serie de actividades por desarrollar y proyectos en los cuáles trabajar.

Inicialmente se estableció apoyar en el laboratorio, para lo cual se recibió capacitación por parte de los técnicos de laboratorio para la correcta ejecución de los ensayos. Al culminar con estas actividades, se recibe una capacitación por parte del tutor para el desarrollo de los documentos y entregables de los diferentes proyectos que se encontraban en desarrollo.

## **2.2 Ensayos de Laboratorio y de Campo**

Con el fin de dar cumplimiento al primer objetivo específico se desarrollan actividades relacionadas con los ensayos de laboratorio y de campo brindados por la empresa.

### ***2.2.1 Ensayos de Laboratorio***

Durante esta etapa inicialmente se revisó la documentación necesaria para la correcta ejecución de los ensayos, como la normativa, recolección de datos y formatos de resultados de la empresa. Luego de recibir la capacitación por parte de los técnicos de laboratorio se inicia con el apoyo en el desarrollo de ensayos, en los cuáles se debía realizar una correcta documentación de los datos y resultados para ser enviados al cliente o a la oficina. Los formatos de resultados de la empresa se encuentran creados en base a la normativa de cada ensayo, las cuales serán mencionadas más adelante.

### ***2.2.2 Ensayos de Campo***

En esta fase, además de la revisión de normativa y documentos de toma de datos y resultados, se tuvieron en cuenta aspectos técnicos como el personal requerido, el equipo necesario para la ejecución y el equipo de protección personal para cada trabajador. A su vez, aspectos relacionados con el proyecto, como la localización y en base a esta el traslado, días de trabajo y demás aspectos relacionados con el bienestar de los trabajadores.

### **2.3 Redacción de Informes**

La documentación realizada durante las prácticas empresariales se basó en la redacción de estudios de suelos, compuestos por todos los criterios establecidos en el Reglamento de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Para ello se contemplan una serie de ítems que conforman cada estudio, en Interobras de Santander toman importancia las siguientes características para cada estudio: generalidades, localización, geología, sismicidad, caracterización de suelos especiales, indicación de las investigaciones geotécnicas realizadas, parámetros para el diseño, análisis geotécnico, análisis de estabilidad de taludes y conclusiones y/o recomendaciones.

### **2.4 Diseño y Modelamiento**

En esta fase planea la modelación especialmente de obras de estabilización con el fin de ofrecer a los clientes información acertada y detallada sobre su proyecto. Inicialmente se recibe capacitación sobre el manejo de los softwares y los principales aportes que estos pueden otorgar para los estudios realizados por la empresa. Así mismo, durante la ejecución de cada informe se hace uso de los programas para el análisis de estabilidad de taludes y los diseños o planos requeridos.

Estos diseños y modelamientos ofrecen un análisis más amplio sobre cada proyecto y ayuda a evaluar las necesidades que cada uno requiere.

### **2.5 Aporte a la Empresa**

Durante el periodo de capacitación en la empresa, se indicó por medio del tutor la necesidad de implementar nuevos ensayos para el laboratorio de suelos, se mencionaron algunos para los cuales se tenía planeada la compra de equipos necesarios para su ejecución.

Gracias a esta información se estableció junto al tutor y la gerente de la empresa la compra del equipo para el ensayo de azul de metileno, el aporte que se daría a la empresa es una

capacitación al personal de la correcta realización de este ensayo, los equipos necesarios y el cuidado que estos requieren.

### **3. Resultados y Análisis**

#### **3.1 Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos**

Los laboratorios de suelos y concretos son esenciales en ingeniería civil y construcción, ya que evalúan las propiedades de suelos y concretos para diseñar estructuras seguras y duraderas. Estos análisis aseguran la estabilidad de infraestructuras como edificios, carreteras y puentes, previniendo problemas estructurales futuros.

El laboratorio de suelos, concretos y pavimentos de Interobras de Santander cuenta con los equipos y personal necesario para efectuar los ensayos tal como lo indican las normativas Invias, (INV 2013), Icontec (NTC), American Society for Testing and Materials (ASTM) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Algunos de los ensayos de laboratorio que se desarrollan son: humedad, límites de plasticidad, granulometría, compresión inconfiada, corte directo, peso unitario, CBR de laboratorio, consolidación, expansión libre, proctor modificado, compactación, etc. (Interobras de Santander SAS, 2023)

A continuación, se describen los ensayos que fueron ejecutados en los tiempos establecidos de participación en actividades de laboratorio, así como las normativas bajo las cuales se rigen estos ensayos y evidencia fotográfica de su ejecución. Además de esto es importante mencionar que para cada ensayo se maneja un formato de diligenciamiento el cuál esta desarrollado en base a las operaciones matemáticas establecidas en cada norma, para la obtención de resultados finales.

**Tabla 1**

*Proyectos en los que se participó y ensayos ejecutados en laboratorio*

<b>Proyecto</b>	<b>Ensayos Ejecutados</b>	<b>Participación</b>
Mejoramiento Parque Principal, Puerto Wilches	Determinación de tamaños, humedad, peso unitario, límites de Atterberg	80%
Mejoramiento Parque San Rafael, Puerto Wilches	Determinación de tamaños, humedad, peso unitario, límites de Atterberg	80%
Mejoramiento Parque Barrio Yarima, Puerto Wilches	Determinación de tamaños, humedad, peso unitario, límites de Atterberg	80%
Adecuación Vía Principal, Puerto Wilches	Determinación de tamaños, humedad, peso unitario, límites de Atterberg, proctor modificado y CBR de laboratorio	50%
Elaboración de Estudios y Diseños Para Acueducto en San Vicente	Determinación de tamaños, humedad, peso unitario, límites de Atterberg	40%
Proyecto Vial 4G Bucaramanga - Barrancabermeja- Yondó	Ensayos para base y subbase granular	15%
Mitigación Sectores Nazareth, La Gloria, Pablo VI	Compresión de Cilindros	15%
Mejoramiento de Vías Terciarias- Municipio de Palmas del Socorro	Compresión de Cilindros	10%

*Nota.* Esta tabla muestra los proyectos en los que se participó durante las prácticas empresariales, así como los ensayos ejecutados y un porcentaje aproximado de participación.

### **3.1.1 Granulometría**

El ensayo de granulometría determina la distribución del tamaño de partículas en suelos o agregados, esencial para evaluar propiedades mecánicas y de compactación. Consiste en tamizar la muestra a través de tamices de distintas aperturas, pesando el material retenido en cada uno. Esto permite calcular los porcentajes de cada tamaño y generar una curva granulométrica, útil para clasificar y evaluar la idoneidad del material en construcción.

Se ejecutaron granulometrías para bases, subbases y determinación de tamaños para clasificación de suelos, bajo las respectivas normas establecidas en el INVIAS.

**3.1.1.1 Determinación de los Tamaños de las Partículas de los Suelos.** Este ensayo se desarrolla siguiendo lo descrito en la norma (INV E-123-13). Esta norma se refiere a la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo, en donde la distribución de las partículas mayores de 75  $\mu\text{m}$  (retenidas en el tamiz No. 200) se determina por tamizado. (Instituto Nacional de Vías, 2013c)

Se puede usar una serie de tamices tal que, al dibujar la curva granulométrica, se obtenga una separación uniforme entre los puntos del gráfico. Esta serie está integrada por los siguientes tamices.

**Tabla 2**

*Orden y tamices para el ensayo de determinación de tamaños*

Tamiz	Alternativa
75.0 mm	3"
37.5 mm	1 ½"
19.0 mm	¾"
9.5 mm	3/8"
4.75 mm	No. 4
2.36 mm	No. 8
1.10 mm	No. 16
600 $\mu\text{m}$	No. 30
300 $\mu\text{m}$	No. 50
150 $\mu\text{m}$	No. 100
75 $\mu\text{m}$	No. 200

*Nota.* Tamices en orden para realizar el ensayo de determinación de los tamaños de las partículas de los suelos. Adaptado del Instituto Nacional de Vías, Sección 100 – Suelos. INV E – 123 – 13.

**3.1.1.2 Análisis Granulométrico Para Subbase Granular.** Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la especificación ART. 320 del INVIAS, el material que produzca el constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica

uniforme y sensiblemente paralelar a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa. (Instituto Nacional de Vías, 2013h)

**Tabla 3**

*Franjas granulométricas del material de subbase granular*

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0 2"	37.5 1 ½"	25.0 1"	12.5 ½"	9.5 3/8"	4.75 No.4	2.00 No.10	0.425 No.40	0.075 No.200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias (±)	0%		7%				6%		3%

*Nota.* Franjas granulométricas para la caracterización de la subbase granular. Adaptado del Instituto Nacional de Vías, Capítulo 3 (Afirmados, subbases y bases). ART. 320.

**3.1.1.3 Análisis Granulométrico Para Base Granular.** Para cumplir con lo establecido en el ART. 330 del INVIAS, se plantea en la norma la siguiente franja granulométrica, cumpliendo además con una correcta separación de la muestra (cuarteo), lavado y secados adecuados. (Instituto Nacional de Vías, 2013a)

**Tabla 4**

*Franjas granulométricas del material de base granular*

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5 1 ½"	25.0 1"	19.0 ¾"	9.5 3/8"	4.75 No.4	2.00 No.10	0.425 No.40	0.075 No.200
	% PASA							
<b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN GRUESA</b>								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
<b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA</b>								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15

Tolerancia ( $\pm$ )	0%	7%	6%	3%
----------------------	----	----	----	----

*Nota.* Franjas granulométricas para la caracterización de base granular. Adaptado del Instituto Nacional de Vías, Capítulo 3 (Afirmados, subbases y bases). ART. 330 – BASE GRANULAR.

**3.1.1.4 Ejecución de Granulometrías.** Las muestras que llegan al laboratorio deben pasar por un proceso antes de ejecutar el ensayo en los tamices. En primer lugar, se separa la cantidad necesaria para el ensayo, se seca esta muestra a  $60 \pm 5^\circ\text{C}$ , luego se pulveriza (determinación de tamaños) y se lava por el tamiz No. 200 para eliminar las partículas finas, finalmente se seca la muestra a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , se deja enfriar y se ejecuta la granulometría utilizando los tamices descritos en la Tabla 2, 3 o 4, según corresponda.

### Figura 1

*Separación y pulverización de las muestras para determinación de tamaños*



*Nota.* Las figuras presentan separación de las muestras recolectadas en campo y pulverización luego de secado a  $60 \pm 5^\circ\text{C}$ , respectivamente. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

### Figura 2

*Ejecución de granulometría para una base granular*



*Nota.* En las figuras se presentan los tamices y demás implementos utilizados para la ejecución de una granulometría para base granular. Tomado del registro fotográfico de la empresa Interobras de Santander SAS.

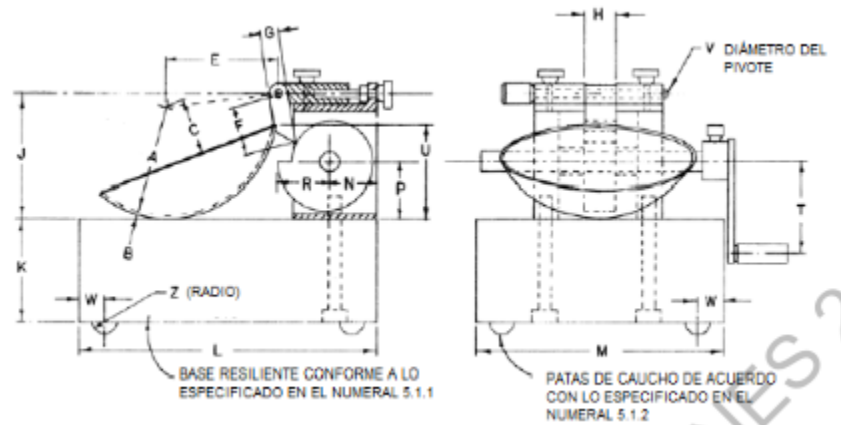
### ***3.1.2 Límites de Atterberg***

El ensayo de límites de plasticidad evalúa la consistencia y deformabilidad de suelos finos mediante dos pruebas: límite líquido y límite plástico. El límite líquido mide el contenido de humedad donde el suelo pasa de plástico a semilíquido, usando la copa de Casagrande. El límite plástico se obtiene al amasar el suelo hasta formar cilindros que se agrietan a 3 mm de diámetro. Estos datos determinan el índice de plasticidad, clave para clasificar el suelo en ingeniería civil.

**3.1.2.1 Límite Líquido.** Este ensayo se desarrolla en base a lo descrito en la norma INV E – 125 – 13. Este se determina mediante tanteos, en los cuales una porción de la muestra se esparce sobre una cazuela de bronce que se divide en dos partes con un ranurador, permitiendo que esas dos partes fluyan como resultado de los golpes recibidos por la caída repetida de la cazuela sobre una base normalizada. El límite líquido multipunto (realizado por la empresa) requiere 3 o más tanteos, cuyos resultados se dibujan para establecer una relación y determinar el límite líquido. (Instituto Nacional de Vías, 2013d)

**Figura 3**

*Aparato del límite líquido de operación manual*



Nota. En la figura se encuentra la reconocida copa de Casagrande, aparato para realizar el límite líquido. Tomado del Instituto Nacional de Vías, sección 100, INV E-125.

**3.1.2.2 Límite Plástico.** La norma INV E 126 – 13, la cual indica el procedimiento para determinar el límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos, define que el límite plástico se determina presionando de manera repetida una pequeña porción de suelo húmedo, de manera de formar rollo de 3.2 mm (1/8”) de diámetro, hasta que su contenido de agua se reduce a un punto en el cual se produce el agrietamiento y/o desmoronamiento de los rollos. El límite plástico es la humedad más baja con la cual se pueden formar rollos de suelo de este diámetro, sin que ellos se agrieten o desmoronen. El índice de plasticidad se calcula sustrayendo el límite plástico del límite líquido. (Instituto Nacional de Vías, 2013f)

**3.1.2.3 Ejecución de Límites Atterberg.** Para la ejecución de este ensayo, en primer lugar, se debe preparar la muestra, la cual debe ser secada a  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  después de ser separada de las muestras obtenidas en campo, luego se debe pulverizar y pasar por el tamiz No. 40, las partículas que pasen este tamiz serán las que se utilizarán para ejecutar los ensayos bajo las normativas y

procedimientos indicados anteriormente. A continuación, se presenta registro fotográfico del proceso realizado.

#### **Figura 4**

*Tamizado de las muestras para ejecutar los límites de Atterberg*



*Nota.* Se presenta el tamizado por el tamiz No. 40 para obtener las muestras idóneas para la ejecución del límite líquido y plástico. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

#### **Figura 5**

*Ejecución de límite líquido*



*Nota.* Se presenta la ejecución del límite líquido por medio de la cazuela de Casagrande. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

### 3.1.3 Determinación del Contenido de Agua (Humedad)

Este ensayo se desarrolla siguiendo lo establecido en la norma INV E 122 – 13, la cual se refiere a la determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad), por masa, de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado. (Instituto Nacional de Vías, 2013e)

Para su ejecución se lleva una muestra del material húmedo a un horno a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) y se seca hasta alcanzar una masa constante. Se considera que la masa perdida a causa del secado es agua y que la masa remanente corresponde a la muestra seca. El contenido de agua se calcula relacionando la masa de agua en la muestra húmeda con la masa de la muestra seca.

### Figura 6

*Ejecución ensayo de determinación de contenido de humedad*



*Nota.* Se presenta en las figuras la separación de las muestras para la determinación del contenido de agua, antes del secado a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

### 3.1.4 Determinación del Peso Unitario de Especímenes del Suelo

Se determina el peso unitario húmedo y seco en base al método B de la norma ASTM D7263 21 – “Métodos de Prueba Estándar para Determinación de Laboratorio de la Densidad (Peso de la Unidad) de las Muestras de Suelo”. La norma maneja dos métodos, el A y B, los cuales

describen dos formas de determinar las densidades total/húmeda y seca (pesos unitarios) de especímenes de suelo intactos, alterados, remoldeados y reconstituidos (compactados). (ASTM D7263, 2021)

**3.1.4.1 Método A.** Cubre el procedimiento para medir el volumen de especímenes recubiertos de cera mediante la determinación de la cantidad de agua desplazada. Este método solo se aplica en especímenes en los que la cera no penetrará la superficie exterior del espécimen.

**3.1.4.2 Método B.** Cubre el procedimiento mediante la medición directa de las dimensiones y la masa de un espécimen, generalmente de forma cilíndrica. Los especímenes intactos y reconstituidos/remoldeados podrán probarse mediante este método en conjunción con determinaciones de resistencia, permeabilidad (aire/agua) y compresibilidad.

**3.1.4.3 Ejecución del Método B Para el Cálculo del Peso Unitario.** Para la aplicación de este método se pueden tomar los especímenes intactos o remoldeados, en cualquier caso, se debe medir su altura, diámetro, peso húmedo y peso seco (después de estar en el horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ). Con la toma de estos datos se puede calcular la humedad y peso unitario del espécimen mediante los cálculos indicados en la normativa, los cuales se encuentran contemplados en los formatos de resultados de la empresa (Apéndice A).

### Figura 7

*Muestras remoldeadas e intactas para la determinación del peso unitario*



*Nota.* Se presenta en la imagen de la izquierda dos muestras remoldeadas y en la de la derecha la separación de granulometría, humedad y una muestra intacta para el cálculo del peso unitario según el método B antes mencionado. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

### ***3.1.5 Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto***

Se desarrolla por medio de la norma INV E 410 – 13, que se refiere a la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tanto cilindros moldeados como núcleos extraídos, y está limitada a concretos con una densidad superior a  $800 \text{ kg/m}^3$  ( $50\text{lb}/\text{pie}^3$ ).

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, con una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión se determina dividiendo la máxima carga aplicada durante el ensayo por le sección transversal del espécimen. (Instituto Nacional de Vías, 2013g)

## **Figura 8**

### *Compresión de cilindros de concreto*



*Nota.* Se presenta en las figuras la compresión de cilindros de concreto y la carga soportada hasta llegar al fallo. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

Los resultados de cada uno de los ensayos descritos anteriormente, se obtiene mediante el diligenciamiento de los formatos de la empresa, los cuales ya contemplan las ecuaciones y cálculos indicados en cada norma, estos se presentan en el Apéndice A.

### 3.2 Ensayos de Campo

Los ensayos en campo evalúan las propiedades del suelo, materiales o estructuras directamente en el terreno, garantizando que cumplan con los requisitos de diseño. Entre los más comunes están la prueba de penetración estándar (SPT), la prueba de carga de placa y la determinación de densidad in situ, siguiendo normativas específicas y métodos resumidos.

**Tabla 5**

*Proyectos en los que se participó y ensayos ejecutados en campo*

<b>Proyecto</b>	<b>Ensayos Ejecutados</b>	<b>Participación</b>
Proyectos de Mejoramiento en Puerto Wilches, Santander	Ensayo Normal de Penetración (SPT)	100%
Mejoramiento Vía Yarima-Carmen de Chucurí	Apiques	100%
Parque San Francisco	Extracción de Núcleos	30%
Casa Atrapasueños-Barrio el Tejar	Toma de Cilindros	20%
Mejoramiento De La Infraestructura Urbana-Centro Caminable En Bucaramanga	Toma de Vigas	10%
Varios	Densidad In situ	50%

*Nota.* Se presentan en la tabla los proyectos en los que se participó durante el tiempo de prácticas y los ensayos de campo ejecutados en cada uno de ellos, junto con su porcentaje de participación.

#### 3.2.1 Ensayo De Penetración Y Muestreo Con Tubo Partido De Los Suelos

El método descrito en la norma ASTM D1586 describe el procedimiento conocido como Método de prueba estándar para prueba de penetración estándar (SPT) y muestreo de suelos con barril dividido (Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel

Sampling of Soils). Este método de prueba describe el procedimiento, generalmente conocido como Prueba de Penetración Estándar (SPT), para impulsar un muestreador de barril partido con un martillo de 140 lb [63,5 kg] que se deja caer desde 30 in. [750 mm] para obtener una muestra de suelo con fines de identificación y medir la resistencia del suelo a la penetración del muestreador de diámetro estándar de 2 in. [50 mm]. El valor "N" de la SPT es la cantidad de golpes de martillo necesarios para impulsar el muestreador en el intervalo de profundidad de 0,5 a 1,5 pies [0,15 a 0,45 m] de un intervalo de impulso de 1,5 pies [0,45 m]. (ASTM D1586, 2018)

**3.2.1.1 Ejecución Ensayo Normal de Penetración.** El acompañamiento para la realización de este ensayo se realizó para el plan de mejoramiento de varios parques del municipio de Puerto Wilches, Santander: Parque Principal, Parque San Rafael y Parque Barrio Yarima, así como apiques de la vía principal del municipio y sondeos en una escuela del corregimiento de Puente Sogamoso. Allí se realizaron tres sondeos manuales por lugar y se evaluaron aspectos del terreno para el posterior estudio de suelos

La ejecución del ensayo de penetración manual se desarrolló mediante el acompañamiento de auxiliares, los cuáles se encargaban de realizar el ensayo. Como practicante se realizaba la recolección de las muestras (tomadas por cada metro) y la toma de los golpes en el formato de la empresa, así como el registro fotográfico de las actividades y la revisión del uso de los equipos de protección personal por parte de los colaboradores.

**Figura 9**

*Ensayo de penetración estándar y muestras recolectadas*



*Nota.* En las imágenes superiores se encuentra la ejecución del ensayo SPT manual en tres parques y apiques en la vía principal de Puerto Wilches, y en las inferiores las muestras recolectadas en estos ensayos. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

### 3.2.2 Determinación de Densidad In Situ

La norma INV E 161 – 13 “Densidad y Peso Unitario del Suelo en el Terreno por el Método del Cono y Arena”, se usa para determinar en el sitio, con equipo de cono y arena la densidad y el peso unitario de suelos compactados.

Para el ensayo, se excava manualmente un hueco en el suelo que se va a ensayar y se guarda en un recipiente todo el material excavado. Se llena el hueco con una arena de densidad conocida, y se determina el volumen del hueco. Se calcula la densidad húmeda del suelo en el lugar, dividiendo la masa del material húmedo removido por el volumen del hueco. Se determina el

contenido de humedad del material extraído del hueco y se calculan su masa y densidad seca in situ, usando la masa húmeda del suelo, la humedad y el volumen del hueco. (Instituto Nacional de Vías, 2013b)

### Figura 10

*Toma de densidades por el método cono y arena*



*Nota.* Se presenta en las imágenes la ejecución del ensayo para la determinación de la densidad del suelo, por medio del método cono y arena. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

### 3.2.3 Extracción de Núcleos

La norma aplicable para este ensayo es la NTC 3658, la cual es una adopción modificada respecto a la norma ASTM C42/C42M-16. En ella se establece la obtención, la preparación y el ensayo de núcleos extraídos de concreto para determinaciones de longitud, resistencia a la compresión o resistencia a la tracción indirecta. (ASTM C42/C42M, 2020)

La obtención de estos núcleos se hace en base a lo indicado en la normativa, con el fin de llevarlos a laboratorio y hallar su resistencia a la compresión, y detallar si cumple con las

especificaciones de la obra civil que se esté evaluando. El equipo que utiliza la empresa para este ensayo es el extractor de núcleos HILTI.

### Figura 11

#### *Extracción de núcleos*



*Nota.* Se presenta en las imágenes la extracción de núcleos para bordillo y muro en el parque San Francisco de la ciudad de Bucaramanga. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

#### **3.2.4 Elaboración de Cilindros, Muestreo de Viguetas y Ensayo de Asentamiento**

**3.2.4.1 Asentamiento del Concreto.** Aplicado mediante la Norma Técnica Colombiana (NTC 396), el método allí explicado indica que una muestra de concreto fresco se coloca en un molde tronco cónico y se compacta mediante una varilla. El molde se levanta permitiendo que el concreto se asiente. El asentamiento corresponde a la diferencia entre la posición inicial y la desplazada de la superficie superior del concreto (centro de la cara superior). (ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, 1992)

**3.2.4.2 Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en Obra.** La normativa aplicada es la NTC 550, la cual establece los procedimientos para la elaboración y curado de

especímenes cilíndricos y prismáticos, tomados de muestras representativas de concreto fresco para construcción. Esta norma es aplicable para la obtención de cilindros y vigas en campo.

**3.2.4.3 Ejecución de Asentamiento y Elaboración de Especímenes de Concreto.** Estas pruebas se ejecutan para determinar la resistencia en laboratorio del concreto utilizado en las diferentes obras civiles, de acuerdo con las especificaciones de obra, se determina mediante los ensayos de asentamiento, compresión de cilindros y flexión de vigas si este concreto cumple o no con lo indicado en sus especificaciones. Para su ejecución es importante hacer uso del equipo indicado en cada norma, así como el equipo de proyección personal. (ASTM C31/C31M, 2023)

### Figura 12

*Ejecución de ensayo de asentamiento y toma de vigas*



*Nota.* En las imágenes se encuentra la ejecución del ensayo de asentamiento mediante el cono slump y toma de vigas en obra. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

En ensayo de penetración estándar y densidad de campo cuenta con un formato para la toma de datos, los cuáles se presentan en el Apéndice A.

### 3.3 Estudios de Suelos

El estudio geotécnico se define como el “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 al integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo, además de proteger vías, instalaciones de servicios públicos, predios y construcciones vecinas” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

En Interobras de Santander los estudios de suelos están contemplados por diversos ítems, como generalidades, ubicación, geología, sismicidad, suelos especiales, investigaciones geotécnicas, parámetros para el diseño, análisis geotécnico, análisis de estabilidad de taludes y finalmente, conclusiones y recomendaciones, cada uno de estos se describe a continuación.

**Generalidades:** En este ítem se contemplan las principales características del estudio, los objetivos en concordancia con lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), el alcance que tendrá el estudio y la normativa utilizada; en este se presentan las normas tenidas en cuenta para la ejecución de ensayos de laboratorio, de exploración del suelo y en base al alcance las demás normas que apliquen.

**Ubicación:** Aquí se establece una ubicación regional y además una local, en donde se proyecta ejecutar el proyecto, se establecen algunas características de la zona de estudio como el clima y la ubicación exacta de las exploraciones realizadas en campo, en coordenadas de origen nacional. Se debe presentar la información acompañada de mapas de ubicación para ofrecer un mayor entendimiento.

**Geología:** Inicialmente se presentan unas características geológicas y geotécnicas generales de la región del proyecto, luego se presenta un marco geológico local, acompañado de la estratigrafía de la zona, la geología estructural, geomorfología y demás información que se considere oportuna. Se presenta un esquema de las fallas en la zona y del perfil geológico encontrado.

**Sismicidad:** Este ítem se ejecuta según lo establece el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, se presenta la zona de amenaza sísmica según lo establezca la norma, se define el tipo de suelo y demás características necesarias para el capítulo de estabilidad.

**Suelos especiales:** En este capítulo se determinan algunos fenómenos que hacen que los suelos se comporten de manera especial: expansión, licuefacción, colapso y erosión. Es necesario calcularlos debido a que estos brindaran información para las recomendaciones y conclusiones que se den en el estudio, así como también afectarían en la toma de decisiones para la profundidad y tipo de cimentación del proyecto.

**Investigaciones geotécnicas:** Allí se presentan los criterios tenidos en cuenta para la exploración realizada, el perfil geotécnico; acompañado de evidencia fotográfica y tablas de los ensayos, a su vez se presenta un resumen de la metodología de los ensayos elaborados en laboratorio y de los resultados obtenidos.

**Parámetros para el diseño:** Se calculan los parámetros que se utilizarán para el diseño de las cimentaciones, estos son los pesos unitarios (de laboratorio y comprobados con relaciones con el SPT), ángulo de fricción interna, cohesión y módulo de elasticidad.

**Análisis geotécnico:** En este ítem se calculan los datos geotécnicos necesarios para las cimentaciones, en base a una teoría específica. Se determina la capacidad de carga, los estados

límite de servicio, asentamientos inmediatos y coeficiente de reacción del suelo o módulo de balasto.

**Análisis de estabilidad de taludes:** Según las cimentaciones recomendadas y los planos arquitectónicos del proyecto se calcula la estabilidad que tendrá el talud a una profundidad determinada, la cuál es recomendada por el ingeniero geotecnista a cargo del estudio, según las exploraciones de campo realizadas y los resultados obtenidos durante el estudio. Se debe calcular la estabilidad en condición estática y dinámica, según lo establece la norma, además se deben plantear alternativas para la seguridad como inclinación del talud o uso de entibado durante la excavación.

### Figura 13

#### *Estudios de suelos ejecutados durante las prácticas empresariales*



*Nota.* Se presentan en las imágenes la portada de los estudios de suelos ejecutados como auxiliar de ingeniería en la empresa Interobras de Santander SAS. Tomado de la base de documentos del desarrollo de las prácticas empresariales.

El contenido de un estudio de suelos entregado por la empresa Interobras de Santander SAS se presenta en el Apéndice B.

### **3.4 Diseño y Modelamiento**

El diseño de cimentaciones garantiza estabilidad y seguridad estructural al analizar el suelo, cargas y características de la obra para elegir la cimentación adecuada. Esto asegura durabilidad, optimiza costos y minimiza riesgos en el proyecto.

Los diseños y modelamiento de cimentaciones se hacen en base al estudio de suelos realizado para determinado proyecto. Según los resultados obtenidos allí se plantea la cimentación que se considere más adecuada por parte del ingeniero geotecnista y se realiza el modelamiento de taludes para garantizar la seguridad durante la excavación que se realizará durante la ejecución de la obra.

#### **3.4.1 AutoCAD**

Autodesk AutoCAD proporciona a arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción herramientas precisas para realizar las siguientes tareas:

- Dibuja y anota geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos de malla.
- Automatiza tareas de dibujo para colocar objetos mediante inteligencia artificial, comparar dibujos, crear planificaciones, publicar presentaciones y mucho más.

(Autodesk, 2024)

El programa de la empresa Autodesk es utilizado para el diseño de las cimentaciones planteadas y presentación de planos. Durante la ejecución de las prácticas empresariales se utilizó el programa por medio de la cuenta de estudiante UIS.

### ***3.4.2 Slide 2D***

Slide es un software de análisis de estabilidad de taludes en 2D que utiliza métodos de equilibrio límite para el cálculo de la estabilidad. Su ámbito de aplicación en minería y obra civil es muy variado, permitiendo evaluar un gran número de problemáticas geotécnicas, tales como estabilidad de terraplenes, presas, taludes en excavaciones mineras o en edificaciones, efectos de cargas externas, sísmicas, eficiencia de elementos de refuerzo, etc. Durante la ejecución de proyectos se utilizó la versión web del programa Slide, en su versión 6.0. (rocscience, 2024)

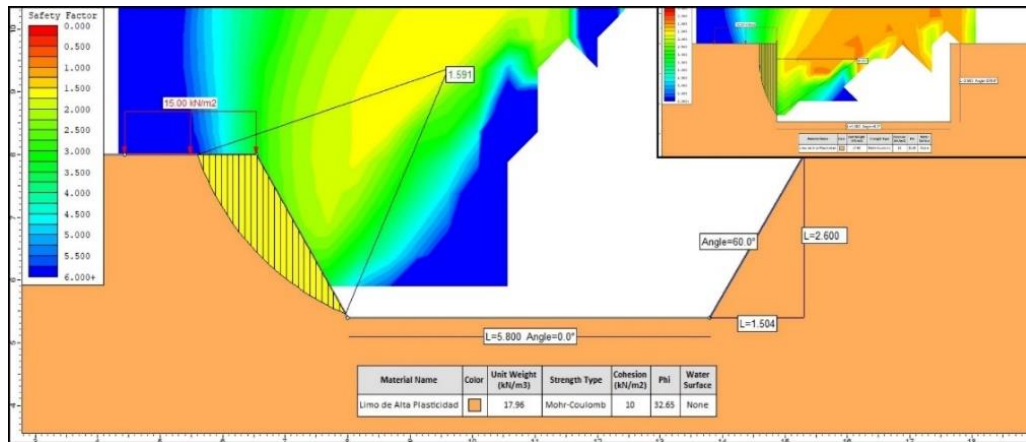
### ***3.4.3 Diseño y Modelamiento en los Proyectos***

Durante el tiempo empleado en el cumplimiento de este objetivo específico se participó en el análisis de estabilidad de taludes del proyecto de “Optimización Y Mejora Del Acueducto De Vado Real – San José De Suaita, Santander”, a su vez, se aportó tiempo en el desarrollo del estudio geotécnico solicitado por el cliente.

A continuación, se muestra el análisis desarrollado para el tanque de almacenamiento y el tanque elevado del proyecto, cuyas profundidades y dimensiones fueron tomadas en base a los planos otorgados por el cliente. Las propiedades de los suelos fueron halladas mediante la exploración de campo y el estudio geotécnico en proceso, y el análisis realizado mediante el software Slide versión web.

**Figura 14**

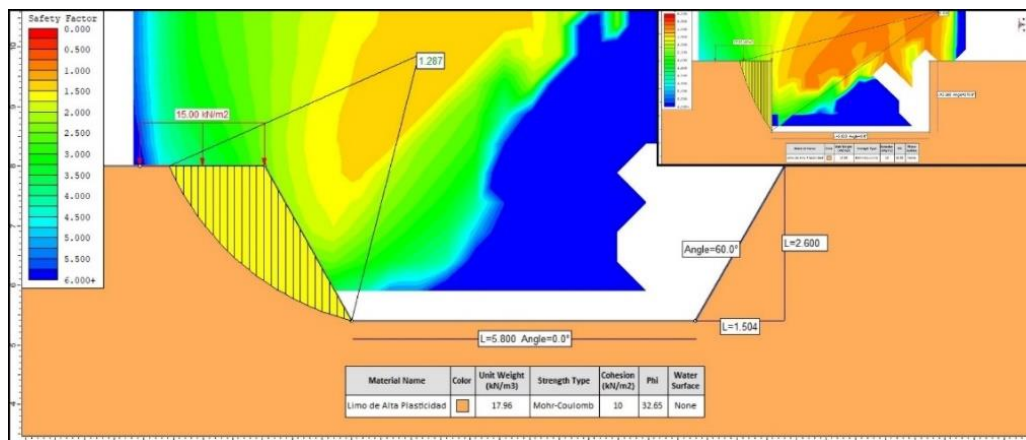
*Análisis estático del tanque de almacenamiento*



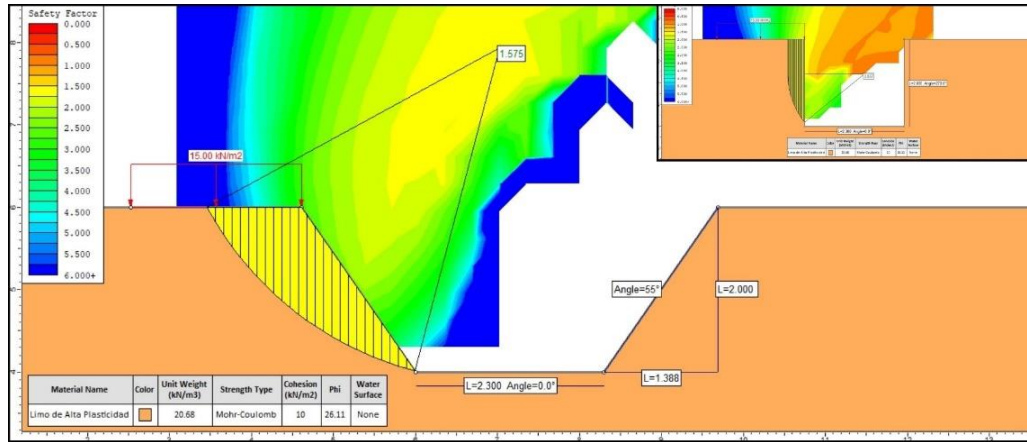
*Nota.* Se presenta el análisis de estabilidad de talud estático para el tanque de almacenamiento, el cual tras no cumplir con talud vertical de inclina 60°, obteniendo un factor de seguridad de  $1.591 > 1.5$ . Tomado y adaptado de Slide V 6.0, versión web.

**Figura 15**

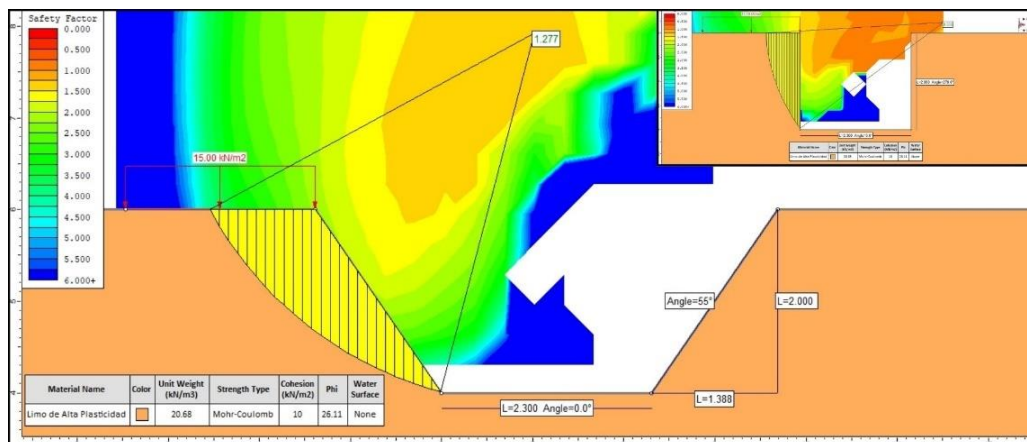
*Análisis dinámico del tanque de almacenamiento*



*Nota.* Se presenta el análisis de estabilidad de talud dinámico para el tanque de almacenamiento, el cual tras no cumplir con talud vertical de inclina 60°, obteniendo un factor de seguridad de  $1.287 > 1.05$ . Tomado y adaptado de Slide V 6.0, versión web.

**Figura 16***Análisis estático tanque elevado*

*Nota.* Se presenta el análisis de estabilidad de talud estático para el tanque elevado, el cual tras no cumplir con talud vertical de inclina 55°, obteniendo un factor de seguridad de  $1.575 > 1.5$ . Tomado y adaptado de Slide V 6.0, versión web.

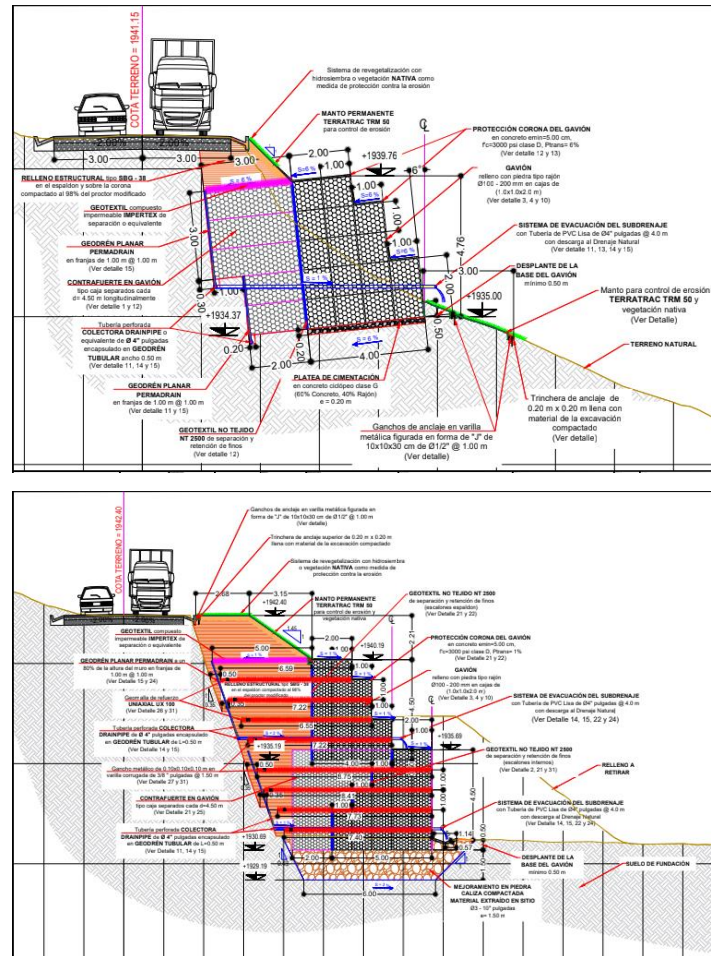
**Figura 17***Análisis dinámico tanque elevado*

*Nota.* Se presenta el análisis de estabilidad de talud estático para el tanque elevado, el cual tras no cumplir con talud vertical de inclina 55°, obteniendo un factor de seguridad de  $1.277 > 1.05$ . Tomado y adaptado de Slide V 6.0, versión web.

Además, se participó en la elaboración de planos para el proyecto de vía secundaria que comunica a dos municipios del departamento de Santander, el cual beneficiará a varios municipios de los departamentos de Santander y Boyacá. El apoyo en este proyecto se basó únicamente en la elaboración de planos por medio del programa AutoCAD, bajo los criterios ya establecidos en el proyecto con anterioridad por el equipo de trabajo de la empresa. Los planos en los cuales se participó son: planta del muro 6, perfil transversal del muro 6 y el perfil transversal del muro 5.

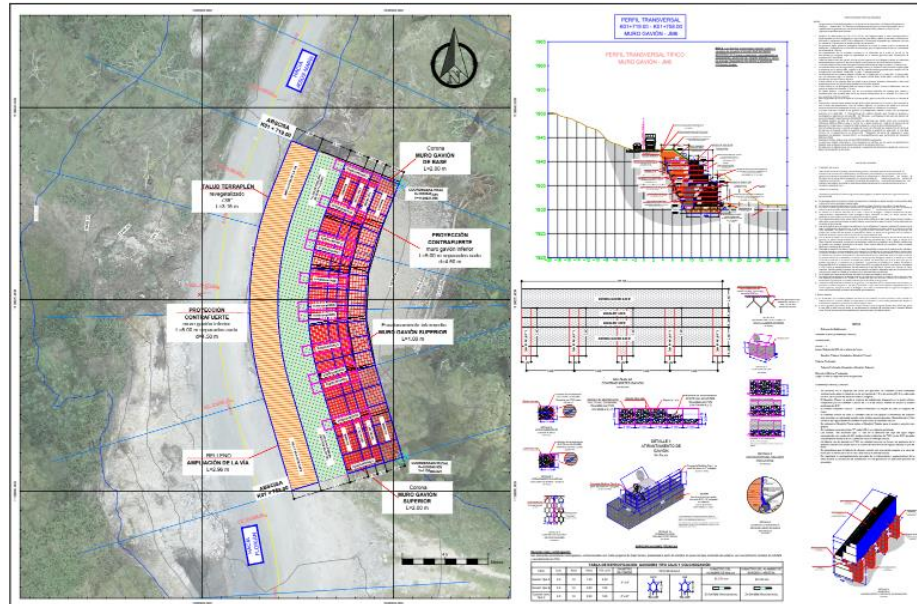
**Figura 18**

*Planos de perfiles transversales, muro 5 y 6*



*Nota.* En las imágenes se presentan los planos transversales de los muros 5 y 6 respectivamente.

Tomado de la base de documentos del desarrollo de las prácticas empresariales.

**Figura 19***Plano planta del muro 6*

*Nota.* En la figura se presenta el plano planta del muro 6, junto con algunas otras vistas del plano y especificaciones. Tomado de la base de documentos del desarrollo de las prácticas empresariales.

### 3.5 Aporte a la Empresa

Mediante la revisión de la normativa, la compra del equipo necesario y el espacio y tiempo dados por la empresa se desarrolla una capacitación sobre el ensayo del valor de azul de metileno en agregados finos, la cual se hace en base a una presentación de diapositivas explicando el procedimiento, un video instructivo y ejecución del ensayo. Esta capacitación es presentada al personal tanto de laboratorio como de oficina de la empresa.

#### 3.5.1 Valor de Azul de Metileno en Agregado Finos

Este ensayo se rige por la norma INV E – 235 – 13, consiste en añadir de manera sucesiva pequeñas dosis de una solución de azul de metileno a una suspensión de la muestra de ensayo en agua. Después de cada dosis se comprueba la absorción de solución colorante por parte de la

muestra, realizando una prueba de coloración sobre papel de filtro para detectar la presencia de colorante libre. (Instituto Nacional de Vías, 2013i)

Una vez confirmada la presencia de colorante libre, se calcula el valor de azul de metileno, expresado en gramos de colorante absorbido por kilogramo de la fracción granulométrica ensayada.

### 3.5.2 Capacitación al Personal de la Empresa

La capacitación fue realizada el sábado 2 de noviembre de 2024 en las instalaciones de la empresa, carrera 25 No. 31-04. Se llevo a cabo bajo la siguiente metodología.

**Presentación de diapositivas:** En esta etapa se presenta la normativa bajo la cual se realiza el ensayo y todo lo dispuesto en ella: equipo, preparación de la muestra, preparación del azul de metileno, preparación de la suspensión, procedimiento, determinación de la cantidad de colorante y cálculos. (APÉNDICE C)

#### Figura 20

*Capacitación dada al equipo de trabajo*



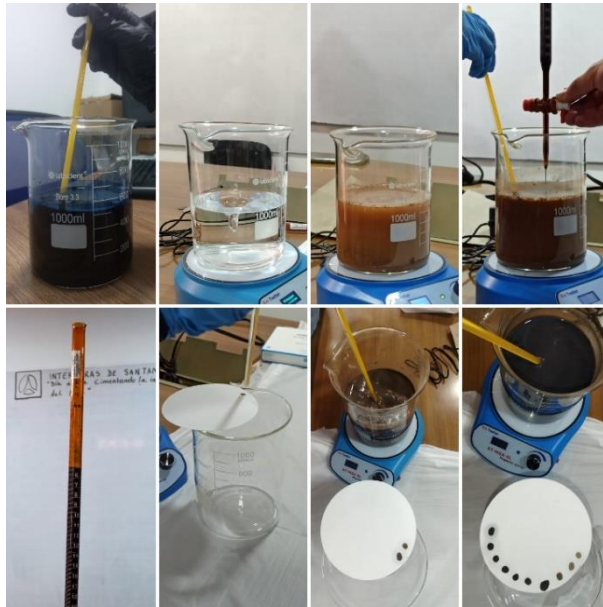
*Nota.* En la imagen se encuentra la presentación de diapositivas con la información del ensayo de azul de metileno, capacitación dada al equipo de trabajo. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

**Presentación de vídeo:** Como método de aprendizaje se utiliza la presentación de un video con el fin de dar claridad al procedimiento a realizar, este ofrece un procedimiento detallado del ensayo y de los resultados que se esperan obtener. (Ramírez, 2012)

**Ejecución del Ensayo:** Luego de haber recibido la instrucción sobre el procedimiento, se procede a realizar el ensayo en acompañamiento de todo el personal que recibió la capacitación, esto con el fin de poner en práctica lo explicado en las fases anteriores.

### Figura 21

*Paso a paso del ensayo azul de metileno*



*Nota.* En la figura se presenta una descripción fotográfica del paso a paso del ensayo de valor de azul de metileno en agregado finos realizado durante la capacitación. Tomado del registro fotográfico de las prácticas empresariales.

**Formato de resultados:** Con el fin de obtener el valor de azul de metileno, lo cual es el propósito del ensayo, se crea una hoja de cálculo para obtener el resultado.



#### 4. Conclusiones

Los estudios de suelos permiten determinar sus características principales, lo que facilita el diseño de obras civiles en concordancia con el análisis geotécnico y las recomendaciones del geotecnista.

El manejo adecuado de estudios previos a la construcción de la obra contribuye a garantizar estabilidad estructural, seguridad y viabilidad para el proyecto, generando estructuras funcionales para las comunidades beneficiarias.

Los ensayos realizados en laboratorio o en campo identifican propiedades físicas y mecánicas del suelo, proporcionando datos necesarios para el análisis. Algunos de estos ensayos permiten determinar propiedades específicas de los materiales, como la resistencia a la compresión y la flexión.

El cumplimiento de las normas establecidas por los entes de regulación asegura precisión en los resultados y el cumplimiento de los objetivos previstos en cada ensayo.

La supervisión y el control de calidad son esenciales para garantizar los estándares establecidos y asegurar la confiabilidad de los datos obtenidos.

El análisis de los resultados provenientes de exploraciones en campo y ensayos de laboratorio permite identificar las características principales de los suelos, así como detectar fenómenos o inconvenientes potenciales durante la etapa de construcción. Esto facilita el planteamiento de alternativas para mitigarlos o evitarlos.

El trabajo en campo permite elaborar un perfil geotécnico basado en los materiales identificados en la zona. Este perfil se complementa con la información de la geología regional documentada, lo que contribuye a un análisis geológico más preciso.

El uso de software de dibujo y modelación mejora la comprensión del proyecto y facilita el trabajo en equipo al integrar especificaciones y estándares normativos.

La estabilización de taludes durante las excavaciones es una práctica clave para garantizar la seguridad de los trabajadores. Un análisis adecuado de estabilidad debe considerar las propiedades del suelo, incluyendo posibles soluciones como la modificación de la inclinación del talud para reducir empujes activos y la inestabilidad generada por sobrecargas en la etapa de construcción. También es necesario diseñar y construir obras de contención, como entibados, según las condiciones del sitio.

La implementación del ensayo del valor de azul de metileno en laboratorios de suelos, concretos y pavimentos amplía las opciones de análisis de suelos finos para los clientes, de acuerdo con las especificaciones técnicas de cada obra y los criterios normativos aplicables.

## **5. Recomendaciones**

Para quienes deseen seguir abordando prácticas en el ámbito de la geotecnia, se recomienda profundizar en la formación técnica mediante el estudio de normativas, modelado numérico y manejo de softwares de estabilización; adquirir experiencia práctica en proyectos interdisciplinarios y áreas complementarias como hidrogeología y obras civiles; participar en redes profesionales y eventos especializados para fomentar el intercambio de conocimientos; y promover la sostenibilidad mediante el uso de materiales ecológicos, técnicas innovadoras de estabilización de suelos y diseños que minimicen el impacto ambiental, combinando siempre la investigación aplicada con las necesidades reales del sector.

### Referencias Bibliográficas

- ASTM C31/C31M. (2023). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field (NTC 550)*.
- ASTM C42/C42M. (2020). *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*.
- ASTM D1586. (2018). *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils*.
- ASTM D7263. (2021). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Density and Unit Weight of Soil Specimens*.
- Autodesk. (2024). *Autodesk AutoCAD: software de diseño y dibujo en el que confían millones de usuarios*. <https://www.autodesk.com/mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=ACDIST>
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (1992). *Standard Test Method For Slump of Hydraulic Cement Concrete NTC 396*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (2013a). *Base Granular ART 330*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (2013b). *Densidad y Peso Unitario del Suelo en el Terreno por el Método del Cono y Arena INV E-161*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (2013c). *Determinación de los Tamaños de las Partículas de los Suelos INV E-123*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (2013d). *Determinación del Límite Líquido de los Suelos INV E-125*. Bogotá.

- Instituto Nacional de Vías. (2013e). *Determinación en Laboratorio del Contenido de Agua (Humedad) de Muestras de Suelo, Roca y Mezclas de Suelo-Agregado INV E-122*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (2013f). *Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos INV E-126*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (2013g). *Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto INV E-410*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (2013h). *Sub-base Granular ART 320*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (2013i). *Valor de Azul de Metileno en Agregados Finos INV E-235*. Bogotá.
- Interobras de Santander SAS. (2023). *Brochure*. Bucaramanga.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010, marzo). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*.
- Ramírez, S. (Director). (2012, abril 24). *ENSAYO DE AZUL DE METILENO* (Vols. 1-2) [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=PwtTu9jvP8U&t=118s>
- rocscience. (2024). *Slide2*. <https://www.rocscience.com/software/slide2#overview>

Apéndices

Apéndice A. Formatos de laboratorio

<p>INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. "Una empresa que crece día a día cimentando la infraestructura del país"</p>	INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. DEPARTAMENTO TÉCNICO LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NORMA: L.N.V.E-123/2013 Y NORMA: L.N.V.E-126/2013	EMISIÓN: 2023 REVISIÓN: 1 IOS-OT-123 PÁGINA 1 DE 1																												
	Fecha: _____ Orden de Servicio: _____ Cliente: _____ Proyecto: _____ Material: _____																													
<b>ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO</b> <table border="1"> <tr> <td>NÚMERO DE GOLPES</td> <td>25</td> <td>28</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL RECIPIENTE (g)</td> <td>22.43</td> <td>20.15</td> <td>26.03</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN HUMEDO (g)</td> <td>28.77</td> <td>26.16</td> <td>31.42</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN SECO (g)</td> <td>2.64</td> <td>2.57</td> <td>2.30</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL ESPESIMEN SECO (g)</td> <td>0.22</td> <td>0.01</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE AGUA (%)</td> <td>43.08</td> <td>43.00</td> <td>44.00</td> </tr> <tr> <td>WATTS LÍQUIDO DE CADA PORCIÓN (g)</td> <td>43.43</td> <td>43.00</td> <td>43.33</td> </tr> </table>			NÚMERO DE GOLPES	25	28	22	MASA DEL RECIPIENTE (g)	22.43	20.15	26.03	MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN HUMEDO (g)	28.77	26.16	31.42	MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN SECO (g)	2.64	2.57	2.30	MASA DEL ESPESIMEN SECO (g)	0.22	0.01	0.30	CONTENIDO DE AGUA (%)	43.08	43.00	44.00	WATTS LÍQUIDO DE CADA PORCIÓN (g)	43.43	43.00	43.33
NÚMERO DE GOLPES	25	28	22																											
MASA DEL RECIPIENTE (g)	22.43	20.15	26.03																											
MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN HUMEDO (g)	28.77	26.16	31.42																											
MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN SECO (g)	2.64	2.57	2.30																											
MASA DEL ESPESIMEN SECO (g)	0.22	0.01	0.30																											
CONTENIDO DE AGUA (%)	43.08	43.00	44.00																											
WATTS LÍQUIDO DE CADA PORCIÓN (g)	43.43	43.00	43.33																											
<b>ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO</b> <table border="1"> <tr> <td>NÚMERO DEL RECIPIENTE</td> <td>81</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL RECIPIENTE (g)</td> <td>22.88</td> <td>26.25</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN HUMEDO (g)</td> <td>28.32</td> <td>32.30</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN SECO (g)</td> <td>25.43</td> <td>31.11</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL AGUA (g)</td> <td>1.09</td> <td>1.05</td> </tr> <tr> <td>MASA DEL ESPESIMEN SECO (g)</td> <td>0.57</td> <td>0.66</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE AGUA (%)</td> <td>40.00</td> <td>33.00</td> </tr> </table>			NÚMERO DEL RECIPIENTE	81	37	MASA DEL RECIPIENTE (g)	22.88	26.25	MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN HUMEDO (g)	28.32	32.30	MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN SECO (g)	25.43	31.11	MASA DEL AGUA (g)	1.09	1.05	MASA DEL ESPESIMEN SECO (g)	0.57	0.66	CONTENIDO DE AGUA (%)	40.00	33.00							
NÚMERO DEL RECIPIENTE	81	37																												
MASA DEL RECIPIENTE (g)	22.88	26.25																												
MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN HUMEDO (g)	28.32	32.30																												
MASA DEL RECIPIENTE CON EL ESPESIMEN SECO (g)	25.43	31.11																												
MASA DEL AGUA (g)	1.09	1.05																												
MASA DEL ESPESIMEN SECO (g)	0.57	0.66																												
CONTENIDO DE AGUA (%)	40.00	33.00																												
<b>GRÁFICO HUMEDAD / No. GOLPES CAZUELA CASA GRANDE</b> <table border="1"> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO (%)</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO (%)</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</td> <td>22</td> </tr> </table>			LÍMITE LÍQUIDO (%)	43	LÍMITE PLÁSTICO (%)	21	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	22																						
LÍMITE LÍQUIDO (%)	43																													
LÍMITE PLÁSTICO (%)	21																													
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	22																													
Observaciones: _____ Fecha de Entrega: _____ Elaborado: María Fernanda Ramos Florán Revisado: Ing. David Ricardo Díaz Prada																														

<p>INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. "Una empresa que crece día a día cimentando la infraestructura del país"</p>	INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. DEPARTAMENTO TÉCNICO DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS NORMA: L.N.V.E-123	EMISIÓN: 2023 REVISIÓN: 1 IOS-OT-123 PÁGINA 1 DE 1																																																																						
	Proyecto: _____ Cliente: _____ Material: _____																																																																							
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MÉTODO DE TAMBAZO (NÚMERO 1 - INV E-123-13)</b> <table border="1"> <tr> <td>TAMBAZO MÁXIMO DE LA PARTÍCULA (mm)</td> <td>0.075</td> </tr> <tr> <td>% PASA TAMBAZO Nº100</td> <td>89.23</td> </tr> <tr> <td>% PASA TAMBAZO Nº75</td> <td>92.8</td> </tr> <tr> <td>ERROR EN LA GRADACIÓN*</td> <td>0.00-0.1</td> </tr> </table>			TAMBAZO MÁXIMO DE LA PARTÍCULA (mm)	0.075	% PASA TAMBAZO Nº100	89.23	% PASA TAMBAZO Nº75	92.8	ERROR EN LA GRADACIÓN*	0.00-0.1																																																														
TAMBAZO MÁXIMO DE LA PARTÍCULA (mm)	0.075																																																																							
% PASA TAMBAZO Nº100	89.23																																																																							
% PASA TAMBAZO Nº75	92.8																																																																							
ERROR EN LA GRADACIÓN*	0.00-0.1																																																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">TAMBAZO</th> <th colspan="2">1200.0 gr</th> <th colspan="2">PESO SECO DESPUÉS DE LAVAR (gr)</th> <th rowspan="2">214.0 gr</th> </tr> <tr> <th>Peso restante</th> <th>% Retenido</th> <th>% Retenido Acumulado</th> <th>% Pasa</th> </tr> <tr> <td>7"</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>1.12"</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>0.425"</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>0.25"</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>Nº4</td> <td>41.0</td> <td>3.4</td> <td>4.1</td> <td>95.95</td> </tr> <tr> <td>Nº8</td> <td>37.0</td> <td>3.1</td> <td>7.2</td> <td>92.8</td> </tr> <tr> <td>Nº15</td> <td>34.0</td> <td>2.8</td> <td>10.0</td> <td>90.13</td> </tr> <tr> <td>Nº30</td> <td>32.0</td> <td>2.6</td> <td>12.6</td> <td>87.4</td> </tr> <tr> <td>Nº60</td> <td>29.0</td> <td>2.3</td> <td>14.9</td> <td>85.1</td> </tr> <tr> <td>Nº100</td> <td>26.0</td> <td>2.1</td> <td>17.0</td> <td>83.0</td> </tr> <tr> <td>Nº200</td> <td>23.0</td> <td>1.8</td> <td>18.8</td> <td>81.2</td> </tr> <tr> <td>Peso No. 200</td> <td>23.0</td> <td>2.1</td> <td>10.1</td> <td>89.9</td> </tr> </table>			TAMBAZO	1200.0 gr		PESO SECO DESPUÉS DE LAVAR (gr)		214.0 gr	Peso restante	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	7"	0.0	0.0	0.0	100.00	1.12"	0.0	0.0	0.0	100.00	0.425"	0.0	0.0	0.0	100.00	0.25"	0.0	0.0	0.0	100.00	Nº4	41.0	3.4	4.1	95.95	Nº8	37.0	3.1	7.2	92.8	Nº15	34.0	2.8	10.0	90.13	Nº30	32.0	2.6	12.6	87.4	Nº60	29.0	2.3	14.9	85.1	Nº100	26.0	2.1	17.0	83.0	Nº200	23.0	1.8	18.8	81.2	Peso No. 200	23.0	2.1	10.1	89.9
TAMBAZO	1200.0 gr			PESO SECO DESPUÉS DE LAVAR (gr)		214.0 gr																																																																		
	Peso restante	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa																																																																				
7"	0.0	0.0	0.0	100.00																																																																				
1.12"	0.0	0.0	0.0	100.00																																																																				
0.425"	0.0	0.0	0.0	100.00																																																																				
0.25"	0.0	0.0	0.0	100.00																																																																				
Nº4	41.0	3.4	4.1	95.95																																																																				
Nº8	37.0	3.1	7.2	92.8																																																																				
Nº15	34.0	2.8	10.0	90.13																																																																				
Nº30	32.0	2.6	12.6	87.4																																																																				
Nº60	29.0	2.3	14.9	85.1																																																																				
Nº100	26.0	2.1	17.0	83.0																																																																				
Nº200	23.0	1.8	18.8	81.2																																																																				
Peso No. 200	23.0	2.1	10.1	89.9																																																																				
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>																																																																								
Observaciones: _____ Material compuesto por un 4.15% de arena, 11.62% de arena y 84.23% de limo.																																																																								

<p>INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. "Una empresa que crece día a día cimentando la infraestructura del país"</p>	INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. DEPARTAMENTO TÉCNICO ENSAYO DE PENETRACIÓN Y MUESTREO CON TUBO PARTIDO DE LOS SUELOS NORMA L.N.V.E-111	EMISIÓN: 2023 VERSION: 1 PÁGINA 1 DE 1	
	Orden de Servicio: _____ Empresa Solicitante: _____ Proyecto: _____ Muestra: _____ Fecha del ensayo: _____		
Sonda No 1			
PROFUNDIDAD (Mts)	PROFUNDIDAD MUESTRA	PENETRACIÓN (N)	DESCRIPCIÓN
1.00	0.0 - 0.5		
	0.5 - 1.0	APIQUE	
2.00	1.0 - 1.5	5	6
	1.5 - 2.0	6	7
3.00	2.0 - 2.5	5	20
	2.5 - 3.0	22	29
4.00	3.0 - 3.5		
	3.5 - 4.0		
5.00	4.0 - 4.5		
	4.5 - 5.0		
6.00	5.0 - 5.5		
	5.5 - 6.0		
7.00	6.0 - 6.5		
	6.5 - 7.0		
8.00	7.0 - 7.5		
	7.5 - 8.0		
9.00	8.0 - 8.5		
	8.5 - 9.0		
10.00	9.0 - 9.5		
	9.5 - 10.0		

<p>INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. "Una empresa que crece día a día cimentando la infraestructura del país"</p>	INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S. DEPARTAMENTO TÉCNICO DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRA DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO (INV E- 122 - 13)	EMISIÓN: 2023 VERSION: 2 IOS-OT-122 PÁGINA 1 DE 1								
	Orden de Servicio (ODS) N°: _____ Cliente: _____ Proyecto: _____ Fecha del ensayo: _____ Muestra: _____									
<b>HUMEDAD NATURAL</b> <table border="1"> <tr> <td>Peso Recipiente (gr)</td> <td>35.0</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)</td> <td>135.0</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)</td> <td>122.3</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Agua (%)</td> <td>14.6</td> </tr> </table>			Peso Recipiente (gr)	35.0	Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)	135.0	Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)	122.3	Contenido de Agua (%)	14.6
Peso Recipiente (gr)	35.0									
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)	135.0									
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)	122.3									
Contenido de Agua (%)	14.6									
Elaborado por: María Fernanda Ramos Florán Revisado por: Ing. David Ricardo Díaz Prada										

		INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S DEPARTAMENTO TÉCNICO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS NORMA 14.1 Y 432/2003		EMISIÓN VERSIÓN	2023 1							
ORDEN DE SERVICIO (ODS) N° EMPRESA SOLICITANTE FECHA DE LOS ENSAYOS TIPO DE MATERIAL												
PROPIEDADES DE LABORATORIO												
MOUESTRA	ZONA FUNDIDA	DIAMETRO Cm	ALTURA Cm	AREA Cm²	FECHA FUNDIDA	FECHA DE PRUEBA	FOND cm	CARGA EN cm	RESISTENCIA DADA	RESISTENCIA ESTADICA	TIPO DE FALLA	
001	TRAMO 1 - Vereda Barro Negro Sector Canales Alto	15.13	30.63	179.82	11/03/2023	03/03/2023	20	177.20	23.19	800	1000	1
OBSERVACIONES: La resistencia obtenida a los 28 días en el ensayo 001, se debe en un porcentaje de 100, 50 % de la resistencia esperada equivalente a 3000 PSI.						ELABORADO POR: Maria Fernanda Ramos Florian REVISADO POR: Ing. David Ricardo Diaz Prada FECHA DE ENTREGA:						

		INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S DEPARTAMENTO TÉCNICO DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO POR EL MÉTODO DEL CONO Y ARENA - NORMA: INV E - 161 - 2013		EMISIÓN VERSIÓN CÓDIGO	2023 1 IOS-DT-161							
PÁGINA 1 DE 1												
Fecha: Orden de Servicio: Cliente: Proyecto:		Equipo: Constante de cono: Densidad de la arena:		Lab 04-001 1637 1.49								
Localización: Tramo 1 - Vereda Barro Negro Sector Canales Alto - Placa huella (KH-040)												
Peso arena inicial	Peso arena final	Peso arena en el hueco	Volumen del hueco	Peso tara	Peso material extraído	Peso material húmedo	Humedad Speedy	Peso material seco	Densidad seca material	Densidad máxima seca	Porcentaje de compactación	Especificación de obra
5982	1980	2365	1587.2	480	4252	3772	2.2	3690.8	2325.3	2386	97.5	95
Observaciones:												
Localización:												
Peso arena inicial	Peso arena final	Peso arena en el hueco	Volumen del hueco	Peso tara	Peso material extraído	Peso material húmedo	Humedad Speedy	Peso material seco	Densidad seca material	Densidad máxima seca	Porcentaje de compactación	Especificación de obra
Observaciones:												
Nota:						Elaborado Por: Maria Fernanda Ramos Florian						
Fecha de Entrega:						Revisado Por: Ing. David Ricardo Diaz Prada						

		INTEROBRAS DE SANTANDER S.A.S DEPARTAMENTO TÉCNICO DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE ESPECIMENES DEL SUELO - NORMA ASTM D7263 21 - MÉTODO B		EMISIÓN VERSIÓN	2023 1																								
IOS-DT-7263																													
PÁGINA 1 DE 1																													
ORDEN DE SERVICIO (ODS) N° CLIENTE PROYECTO MATERIAL FECHA DEL ENSAYO																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° recipiente</td> <td>13.00</td> </tr> <tr> <td>P. recipiente</td> <td>20.85</td> </tr> <tr> <td>P. recipiente + suelo húmedo</td> <td>164.85</td> </tr> <tr> <td>P. recipiente + suelo seco</td> <td>140.70</td> </tr> <tr> <td>% agua (w)</td> <td>20.00%</td> </tr> </tbody> </table>			HUMEDAD		N° recipiente	13.00	P. recipiente	20.85	P. recipiente + suelo húmedo	164.85	P. recipiente + suelo seco	140.70	% agua (w)	20.00%	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIMENSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (mm)</td> <td>32.47</td> </tr> <tr> <td>Altura (mm)</td> <td>72.00</td> </tr> <tr> <td>Area (mm²)</td> <td>838.11</td> </tr> <tr> <td>Volumen (mm³)</td> <td>60343.71</td> </tr> <tr> <td>Peso húmedo (gr)</td> <td>144.19</td> </tr> </tbody> </table>			DIMENSIONES		Diámetro (mm)	32.47	Altura (mm)	72.00	Area (mm²)	838.11	Volumen (mm³)	60343.71	Peso húmedo (gr)	144.19
HUMEDAD																													
N° recipiente	13.00																												
P. recipiente	20.85																												
P. recipiente + suelo húmedo	164.85																												
P. recipiente + suelo seco	140.70																												
% agua (w)	20.00%																												
DIMENSIONES																													
Diámetro (mm)	32.47																												
Altura (mm)	72.00																												
Area (mm²)	838.11																												
Volumen (mm³)	60343.71																												
Peso húmedo (gr)	144.19																												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Peso unitario húmedo gh (gr/cm³)</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario húmedo gh (kN/m³)</td> <td>23.44</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario seco gh (gr/cm³)</td> <td>1.99</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario seco gh (kN/m³)</td> <td>19.52</td> </tr> </tbody> </table>			Peso unitario húmedo gh (gr/cm³)	2.39	Peso unitario húmedo gh (kN/m³)	23.44	Peso unitario seco gh (gr/cm³)	1.99	Peso unitario seco gh (kN/m³)	19.52	OBSERVACIONES:																		
Peso unitario húmedo gh (gr/cm³)	2.39																												
Peso unitario húmedo gh (kN/m³)	23.44																												
Peso unitario seco gh (gr/cm³)	1.99																												
Peso unitario seco gh (kN/m³)	19.52																												
FECHA DE ENTREGA:			ELABORADO: Maria Fernanda Ramos Florian REVISADO: Ing. David Ricardo Diaz Prada																										

Apéndice B. Contenido estudio de suelos – Interobras



315 447 9061  
312 589 2768

Cra 25 # 31 - 04  
Local 2 y 3  
Edificio Lengerle

interobrasantander@gmail.com  
www.interobrasantander.com



315 447 9061  
312 589 2768

Cra 25 # 31 - 04  
Local 2 y 3  
Edificio Lengerle

interobrasantander@gmail.com  
www.interobrasantander.com

**TABLA DE CONTENIDO**

<p>INTRODUCCIÓN..... 14</p> <p>1. GENERALIDADES..... 15</p> <p>1.1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO..... 15</p> <p>1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO..... 15</p> <p>1.3. ALCANCE DEL ESTUDIO..... 16</p> <p>1.4. NORMATIVIDAD..... 17</p> <p>1.4.1. Definición De Estudio Geotécnico..... 17</p> <p>1.4.2. Cumplimiento Y Responsabilidad..... 18</p> <p>1.4.3. Tipo De Estudio..... 18</p> <p>2. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS..... 19</p> <p>2.1. UBICACIÓN REGIONAL..... 19</p> <p>2.2. UBICACIÓN LOCAL..... 19</p> <p>2.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO..... 20</p> <p>2.3.1. Descripción General..... 20</p> <p>2.3.2. Clima..... 20</p> <p>2.3.3. Actividades de Campo..... 20</p> <p>3. GEOLOGÍA..... 22</p> <p>3.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS GENERALES..... 22</p> <p>3.2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL..... 22</p> <p>3.3. ESTRATIGRAFÍA..... 24</p> <p>3.3.1. Rocas Metamórficas..... 24</p> <p>3.3.2. Rocas Ígneas..... 25</p> <p>3.3.3. Rocas Sedimentarias..... 27</p> <p>3.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL..... 35</p> <p>3.4.1. Falla de Bucaramanga..... 30</p> <p>3.5. GEOMORFOLOGÍA..... 40</p> <p>3.6. GEOLOGÍA LOCAL..... 42</p> <p>4. SISMICIDAD..... 43</p>	<p>4.1. ZONAS DE AMENAZAS Y RIESGOS..... 43</p> <p>4.1.1. Amenaza a Fenómenos de Remoción en Mesa y Erosión..... 43</p> <p>4.2. AMENAZAS SÍSMICAS..... 43</p> <p>4.3. ZONA DE AMENAZA SÍSMICA..... 44</p> <p>4.3.1. Valores <math>A_s</math> y <math>A_v</math>..... 44</p> <p>4.4. DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DEL SUELO..... 48</p> <p>4.5. EFECTOS LÓCALES..... 49</p> <p>4.5.1. Evaluación Geotécnica de Efectos Sísmicos..... 53</p> <p>4.6. COEFICIENTES SÍSMICOS PARA ANÁLISIS PSEUDO-ESTÁTICA DE ESTABILIDAD DE TALUDES..... 54</p> <p>5. SUELOS ESPECIALES..... 57</p> <p>5.1. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS..... 57</p> <p>5.1.1. Fenómenos de Ulicación..... 57</p> <p>5.1.2. Fenómenos de Expansión..... 57</p> <p>5.1.3. Fenómenos de Colapso..... 60</p> <p>5.1.4. Fenómenos de Erosión..... 61</p> <p>6. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS..... 63</p> <p>6.1. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA..... 63</p> <p>6.1.1. Criterios Utilizados..... 63</p> <p>6.1.2. Técnicas Utilizadas..... 63</p> <p>6.1.3. Número y Profundidad de Sondos..... 63</p> <p>6.2. PERFIL GEOTÉCNICO..... 65</p> <p>6.3. SONDEOS Y ENSAYOS SOBRE EL TERRENO..... 69</p> <p>6.3.1. Ensayo de penetración estándar..... 69</p> <p>6.4. METODOLOGÍA DE PRUEBAS DE LABORATORIO..... 71</p> <p>6.4.1. Resumen de la Metodología..... 72</p> <p>6.4.2. Resumen de Resultados..... 74</p> <p>6.4.3. Corrección De Ensayo De Penetración Estándar..... 75</p> <p>7. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO..... 79</p> <p>7.1. PERFIL DE DISEÑO..... 79</p>
--	---

*"Día a día cimentando la infraestructura del país."*



315 447 9061  
312 589 2768

Cra 25 # 31 - 04  
Local 2 y 3  
Edificio Lengerle

interobrasantander@gmail.com  
www.interobrasantander.com



315 447 9061  
312 589 2768

Cra 25 # 31 - 04  
Local 2 y 3  
Edificio Lengerle

interobrasantander@gmail.com  
www.interobrasantander.com

<p>7.2. PROPIEDADES DE LOS SUELOS..... 82</p> <p>7.2.1. Pesos Unitarios..... 82</p> <p>7.2.2. Ángulo de Fricción Interna..... 84</p> <p>7.2.3. Cohesión..... 85</p> <p>7.2.4. Módulo de Elasticidad..... 86</p> <p>7.2.5. Propiedades de los Suelos..... 88</p> <p>8. ANÁLISIS GEOTÉCNICO..... 90</p> <p>8.1. CIMENTACIONES..... 90</p> <p>8.1.1. Cálculo de Capacidad de Soporte..... 90</p> <p>8.1.2. Estados Límites de Servicio..... 96</p> <p>8.1.3. Análisis de Asentamientos Inmediatos..... 96</p> <p>8.1.4. Coeficiente de Reacción del Suelo o Módulo de Balasto..... 99</p> <p>9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES..... 103</p> <p>10. CONCLUSIONES..... 106</p> <p>10.1. CAPACIDAD PORTANTE..... 107</p> <p>10.2. ASENTAMIENTOS..... 107</p> <p>10.3. MÓDULO DE BALASTO..... 107</p> <p>10.4. MANEJO DE EXCAVACIONES..... 107</p> <p>10.4.1. Coeficiente de Presión de Tierras Entre 0.0 y 3.0 m..... 108</p> <p>10.4.2. Coeficiente de Presión de Tierras Entre 3.0 y 6.0 m..... 108</p> <p>11. RECOMENDACIONES GENERALES..... 109</p> <p>11.1. LIMITACIONES..... 110</p> <p>11.2. CONSIDERACIONES PARA EXCAVACIONES PROFUNDAS..... 110</p> <p>11.3. RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS EXCAVACIONES..... 111</p> <p>11.4. MANEJO DE AGUAS..... 112</p> <p>11.5. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE EXCAVACIONES..... 112</p> <p>11.5.1. Tipos de Entibados..... 113</p> <p>12. ANEXOS. ENSAYOS DE LABORATORIO..... 117</p>	<p>7.2. PROPIEDADES DE LOS SUELOS..... 82</p> <p>7.2.1. Pesos Unitarios..... 82</p> <p>7.2.2. Ángulo de Fricción Interna..... 84</p> <p>7.2.3. Cohesión..... 85</p> <p>7.2.4. Módulo de Elasticidad..... 86</p> <p>7.2.5. Propiedades de los Suelos..... 88</p> <p>8. ANÁLISIS GEOTÉCNICO..... 90</p> <p>8.1. CIMENTACIONES..... 90</p> <p>8.1.1. Cálculo de Capacidad de Soporte..... 90</p> <p>8.1.2. Estados Límites de Servicio..... 96</p> <p>8.1.3. Análisis de Asentamientos Inmediatos..... 96</p> <p>8.1.4. Coeficiente de Reacción del Suelo o Módulo de Balasto..... 99</p> <p>9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES..... 103</p> <p>10. CONCLUSIONES..... 106</p> <p>10.1. CAPACIDAD PORTANTE..... 107</p> <p>10.2. ASENTAMIENTOS..... 107</p> <p>10.3. MÓDULO DE BALASTO..... 107</p> <p>10.4. MANEJO DE EXCAVACIONES..... 107</p> <p>10.4.1. Coeficiente de Presión de Tierras Entre 0.0 y 3.0 m..... 108</p> <p>10.4.2. Coeficiente de Presión de Tierras Entre 3.0 y 6.0 m..... 108</p> <p>11. RECOMENDACIONES GENERALES..... 109</p> <p>11.1. LIMITACIONES..... 110</p> <p>11.2. CONSIDERACIONES PARA EXCAVACIONES PROFUNDAS..... 110</p> <p>11.3. RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS EXCAVACIONES..... 111</p> <p>11.4. MANEJO DE AGUAS..... 112</p> <p>11.5. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE EXCAVACIONES..... 112</p> <p>11.5.1. Tipos de Entibados..... 113</p> <p>12. ANEXOS. ENSAYOS DE LABORATORIO..... 117</p>
--	--

*"Día a día cimentando la infraestructura del país."*

Apéndice C. Presentación ensayo azul de metileno

### Definición

Este valor se puede emplear para estimar la cantidad de arcilla nociva presente en un agregado, al el valor es significativo indica que hay gran cantidad presente

El ensayo consiste en añadir pequeñas dosis de azul de metileno a una suspensión de la muestra en agua. Luego de cada dosis se comprueba la absorción de solución que tuvo la muestra

Una vez confirmada la presencia de colorante libre, se calcula el valor de azul de metileno, expresado en gramos de colorante absorbido por kilogramo de la fracción granulométrica ensayada

### Equipo

- Bureta (capacidad 50 ml con graduaciones de 0.1 ml)
- Papel de filtro Whatman No. 20
- Varilla de vidrio (250 mm de largo y 8 mm de diámetro)
- Agitador de paletas
- Balanza (500 g de capacidad, precisión de ±0.1%)
- Cronómetro
- Tamiz de ensayo (No. 4 y No. 200)
- Tres vasos de precipitados (capacidad aproximada de 1 litro)
- Matraz volumétrico (capacidad de 1 litro)
- Horno
- Agua destilada o desmineralizada
- Solución colorante de azul de metileno
- Espátula y escobilla
- Desecador

### Preparación de la muestra

Submuestra

Tamiz No. 4 → Mínimo 200 g  
Tamiz No. 200 → Mínimo 30 g

Secado

Secar a 110±5°C hasta obtener masa constante

Muestra

Tamiz No. 4 → 200 g o más  
Tamiz No. 200 → 30 g o más

### Preparación de azul de metileno

- Determinar contenido de agua del polvo de azul de metileno (W)  $W = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$
- Tomar una masa de azul de metileno según la fórmula:  $\frac{(100+W)}{100} \times 0.01g$
- Se calienta entre 500 ml y 700 ml de agua destilada, hasta alcanzar una temperatura no superior a 40° C
- Se agita el contenido mientras se vierte el polvo de azul de metileno (45 minutos); luego, se deja enfriar hasta alcanzar 20° C
- Se vierte el contenido a un matraz de 1 litro de capacidad (20±1° C). Se añade agua hasta alcanzar la marca de 1 litro del matraz
- Se vierte el contenido en una botella de vidrio oscuro. Etiquetar la botella con la fecha de preparación y la fecha límite de empleo

### Preparación de la suspensión

Se vierten 500±5 ml de agua destilada o desmineralizada en un vaso de precipitados y se añade la muestra de ensayo seca removiendo bien con la espátula

Se agita el recipiente que contiene la solución colorante y se llena la bureta con ella. Se ajusta el agitador a una velocidad de 600 rpm

Se ponen en marcha el agitador y el cronómetro, agitando el contenido del vaso de precipitado durante 5 minutos, se continúa agitando a 400±40 rpm hasta la terminación del ensayo

### Procedimiento

Después de cada adición de colorante, el ensayo de coloración consiste en tomar una gota de la suspensión con una varilla de vidrio y depositarla sobre un papel de filtro.

Se formará una mancha de depósito de sustancia situado en el centro que deberá tener entre 8 y 12 mm, estará rodeado de una zona húmeda incolora. El resultado será positivo cuando se forme una aureola anular de color azul claro de aproximadamente 1 mm.

Resultado negativo

Resultado positivo

NOTA: Se debe confirmar el punto final realizando el ensayo de coloración a intervalos de 1 minuto, durante 5 minutos, sin añadir más solución colorante.

### Determinación de la cantidad de colorante

Se coloca el papel filtro en la parte superior de un vaso de precipitados vacío. Después de agitar la muestra de ensayo durante 5 minutos a 600±60 rpm, se añade una dosis de 5 ml de solución colorante en el vaso de precipitado. Se agita a 400±40 rpm durante 1 minuto y a continuación se realiza un ensayo de coloración sobre el papel filtro

Si la aureola no aparece tras esta primera adición de 5 ml se continúa agitando, añadiendo colorante y realizando ensayos de coloración hasta que esta aparezca. Alcanzando este punto, se continúa agitando y sin hacer más adiciones de colorante, se realizan ensayos de coloración cada minuto

Si la aureola desaparece durante los primeros 4 minutos, se añaden otros 5 ml de solución. Si esta desaparece durante el quinto minuto, se deberán añadir solo 2 ml. Se anota el volumen de solución colorante añadida hasta que se halla formado la aureola y se haya mantenido visible durante 5 minutos (V1).

### Cálculos

El valor de azul (VA), expresado en gramos de colorante por kilogramo de la fracción granulométrica pasante del tamiz (No. 4) se calcula así:

$$VA = \frac{V_1}{N_1} \times 10$$

$M_1$ : Masa de la muestra de ensayo, g  
 $V_1$ : Volumen total añadido de la solución colorante, ml