SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO DEL MUNICIPIO DE AQUITANIA, BOYACÁ

ESTUDIO DE SUELOS



PRESENTADO A:
ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA

REALIZADO POR:
ING. ESP. JORGE ANDRÉS ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

AQUITANIA
AGOSTO
2025

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6

2 GENERALIDADES 7

2.1 De la ciudad 7

2.2 Clima y temperatura 7

2.3 Localización de la zona de estudio 8

3 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA 10

3.1 Estratigrafía 11

3.1.1 Depósitos cuaternarios – Depósitos Aluvial (Qal) 11

3.1.2 Formación Churuvita (Ksch) 12

3.1.3 Formación Concentración 12

3.1.4 formación picacho 13

3.2 Geomorfología y geología estructural 14

3.2.1 Sinclinales y Anticlinales 15

3.2.2 Fallas Geológicas 16

3.2.3 Geotecnia 17

4 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO 18

4.1 Descripción de los sondeos exploratorios 23

4.2 Toma de muestras y ensayos de campo 24

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 26

5.1 Perfil promedio de diseño 27

5.2 Ensayos de laboratorio 28

5.3 Coeficiente de Empujes de Suelos 31

5.4 Potencial de Expansión 32

5.5 Potencial de Licuación 34

5.6 Potencial de Ablandamiento cíclico 35

5.7 Suelos Colapsables 35

6 CRITERIOS DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTO 36

6.1 Tipo de Cimentación 36

6.2 Capacidad Portante para la Cimentación 36

6.3 Consideraciones Técnicas de Diseño 37

6.4 Parámetros De Diseño Sísmico 40

6.5 Capacidad Portante 41

6.6 Asentamientos 44

6.6.1 Asentamientos elásticos 44

6.6.2 Asentamientos por consolidación 45

6.6.3 Asentamientos totales 46

7 RECOMENDACIONES 47

7.1 Para diseño 47

7.2 Para protección de Edificaciones Vecinas 47

7.3 Antes de la construcción 48

7.4 Durante la construcción 48

7.5 Características del material de relleno y compactación..... 49

7.6 Sistema constructivo 50

7.7 Controles de obra 51

7.8 Control de flujo de agua y prevención para suelos expansivos..... 51

8 CONCLUSIONES 52

9 ANEXOS 54

9.1 Anexo A. Fotografías 55

9.2 Anexo B. Documentos Consultor 63

9.3 Anexo C. Ensayos de Laboratorio 67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación general de la zona de estudio. 8

Figura 2. Ubicación local de la zona de estudio. 8

Figura 3. Ubicación puntual de la zona de estudio. 9

Figura 4. Geología de la zona de estudio 10

Figura 5. Plano ubicación de los sondeos vista satelital. 19

Figura 6. Equipo de perforación manual – mecánico con SPT 23

Figura 7. Muestreadores de perforación 24

Figura 8. Perfil promedio exploración geotécnica realizada 27

Figura 9. Profundidad Vs humedad 28

Figura 10. Carta de plasticidad 29

Figura 11. Curva esfuerzo vs deformación 30

Figura 12. Corte Directo 30

Figura 13. Muestras de laboratorio 32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de suelos expansivos – NSR10 32

Tabla 2. Clasificación de suelos expansivos 33

Tabla 3. Ecuaciones para el cálculo de capacidad portante 38

Tabla 4. Parámetros de diseño sísmico 40

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los resultados de la exploración geotécnica de suelos en el sitio de estudio para la ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO DEL MUNICIPIO DE AQUITANIA, BOYACÁ - ESTUDIO DE SUELOS del municipio de Aquitania, departamento de Boyacá, donde se llevó a cabo una exploración del subsuelo mediante la realización de tres (3) sondeos, cuyos objetivos son:

- Conocer el tipo de material que constituye el perfil del subsuelo.

- Determinar la distribución y geometría de los diferentes niveles de suelo. subsuelo.
- Tomar muestras alteradas e inalteradas de cada material del perfil del
- Establecer la presencia de agua.

- Determinar las condiciones geológicas y geotécnicas a nivel local.

- Determinar los parámetros fisicomecánicos de cada una de las capas que conforman el perfil explorado.

En primera instancia se dan a conocer algunas generalidades del municipio y del proyecto, indicando las unidades litoestratigráficas: aflorantes, características geomorfológicas y geológicas del área, de igual manera se describen los rasgos geotécnicos del terreno seleccionado para el desarrollo del proyecto; posteriormente se describen y se dan a conocer los resultados del análisis realizado sobre la información obtenida para la estimación de los parámetros geotécnicos de diseño de la cimentación, así como indicaciones de interacción entre estructura y suelo de fundación.

2 GENERALIDADES

2.1 De la ciudad[1]

Aquitania es pueblo de fundación española, en un principio fue llamado Pueblo Viejo, pero con el correr del tiempo tomo el nombre actual. Cuenta la historia que los habitantes ribereños de la laguna observaron una figura en un árbol talado que simulaba la figura de Jesucristo en la Cruz, pero el Obispo de este tiempo ordeno que talaran el árbol, cuando las personas lo hicieron desde el primer golpe del árbol empezó a brotar sangre, debido a esto del árbol caído sacaron una figura que fue llevada a la capilla, que había sido construida en un inicio para visitar la imagen de Nuestro Señor que había aparecido en el árbol.

De esta manera es que el municipio fue consagrado al Señor de los Milagros, y todos los años se recibe peregrinación de propios y foráneos para dar gracias por los favores recibidos.

2.2 Clima y temperatura

Aquitania tiene una temperatura media de 10 °C y se localiza en la Provincia de Sugamuxi, al oriente del Departamento de Boyacá. Regionalmente posee una ubicación estratégica sobre estribaciones de la cordillera Oriental, al pasar por su territorio rural la vía que comunica a Bogotá con el Departamento del Casanare y con la vía marginal de los Llanos que sirve de comunicación con la región de la Orinoquía, Venezuela y Sur América.

Con una Altitud de la cabecera municipal de 3.030 metros sobre el nivel del mar y siendo su área una de las más extensas de Departamento, limita con diez municipios de Boyacá, por el Norte: Sogamoso, Cuitiva y Mongua, por el Sur: Zetaquira, San Eduardo y Paez, por el Oriente: Labranzagrande, Pajarito, Recetor y Chámeza y por el Occidente: Cuitiva, Tota, Zetaquira y San Eduardo.

[1] Información tomada de: https://www.aquitania-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio

2.3 Localización de la zona de estudio

El proyecto se encuentra localizada en el parque ecoturístico del municipio de Aquitania, departamento de Boyacá. En la Figura 1 se muestra la localización aproximada del lote en la ciudad y en la Figura 2 se encuentra la localización local de la zona de estudio analizada.

Figura 1. Ubicación general de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth, 2025.

Figura 2. Ubicación local de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth, 2025.

Figura 3. Ubicación puntual de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth, 2025.

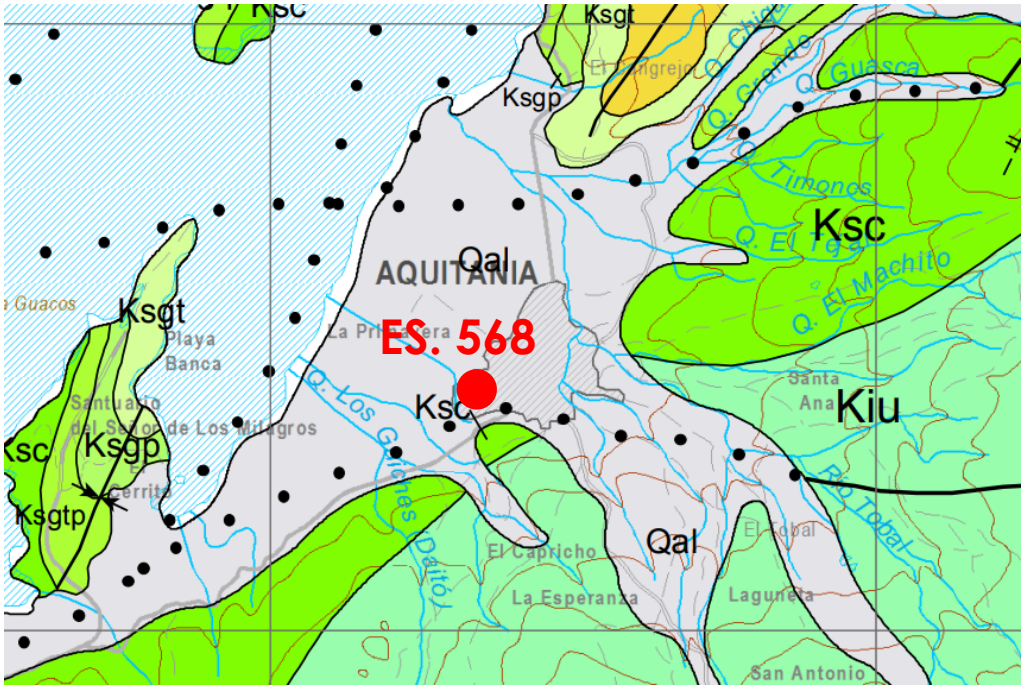
3 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA[2]

Mediante los estudios geológicos se obtiene la información básica de la estructura y composición del material que conforma el subsuelo del área de estudio, los cuales, en interacción con otros elementos naturales, como la lluvia, el viento y la acción antrópica, contribuyen a caracterizar las unidades de suelos y las geoformas actuales del municipio.

La geología es, además, una variable fundamental del desarrollo territorial, pues significa un elemento que puede condicionar u obstruir las dinámicas socioeconómicas de una comunidad determinada (posibles elementos de amenazas geológicas).

La zona de estudio pertenece a formación **Qal (Depósito Aluvial)** que corresponde a estratos de conglomerados y arcillolitas, puntualmente a cantos y fragmentos redondeados de areniscas rojas y amarillas, presentándose hacia la parte superior intercalaciones de limos, arcillas y arenas.

Figura 4. Geología de la zona de estudio.



Fuente: Ingeominas Plancha 192 – Laguna de Tota.

[2] Tomado de: Memoria Explicativa Plancha 192 - Ingeominas.

3.1 Estratigrafía

El área de estudio se encuentra ubicada en la cordillera oriental y hace parte de la meseta Cundiboyacense. Las formaciones presentes en la zona hacen parte de la secuencia conformada por rocas de origen sedimentario depositadas durante los períodos cretáceo, terciario y cuaternario; entre las cuales, se identifican las siguientes formaciones:

3.1.1 Depósitos cuaternarios – Depósitos Aluvial (Qal)

Corresponde a Gravas, arenas y limos, producto de procesos aluviales y glaciares ocurridos durante el Plio-Pleistoceno. Los depósitos aluviales se encuentran concentrados hacia los valles, en especial el de Sogamoso-Pesca (cuadrícula A1), y en la población de Aquitania (cuadrícula D3); dan una morfología de zonas planas ligeramente onduladas.

Los depósitos cuaternarios glaciares se reconocen morfológicamente por su forma de cerros de baja altura, que dan un aspecto ondulado al terreno y posiblemente corresponden a relictos de morrenas; en afloramiento estos depósitos están conformados por gravas de clastos angulares mal seleccionados, embebidos en una matriz arcillo-limosa.

Hacia el flanco occidental del sinclinal, en el sector noroccidental de la ciudad se localiza un cono aluvial que forma el valle de la quebrada La Vega, la cual sirvió como medio de transporte.

Está constituido por grava, gránulos de arenisca blanca de grano fino con una matriz arcillosa, chert, arcilla amarilla, arena arcillosa de grano fino a medio, fragmentos de arena roja y amarilla; sobre la parte más superior presenta una intercalación de limos, arcillas y arenas. El material ubicado sobre los márgenes del lecho del río la Vega en el sector de Puente Restrepo, al occidente del barrio La María, se halla retrabajado, es por esta razón que su orientación no es representativa de las paleocorrientes. Este conjunto tiene un espesor variable, alcanzando los 83 m en la parte más profunda hasta ahora conocida, determinados en diferentes perforaciones de pozos para agua realizados en la ciudad.

3.1.2 Formación Churuvita (Ksch)

Etayo (1976) llamó grupo Churuvita a un conjunto formado por la formación San Rafael y la formación Churuvita: esta formación la componen arenisca basal de 105 m, alternada hacia la parte media con arcillolitas, arenisca y calizas presentando exogiras u ostreas, lo cual indica un ambiente de depositación marina y un espesor de 75 m. La formación San Rafael se encuentra formada por 60 m de lutitas grises y por 15 m de pequeñas capas limolítico – silíceas.

3.1.3 Formación Concentración

El nombre de Formación Concentración fue establecido por Alvarado & Sarmiento (1944), para representar una sucesión de arcillolitas yesíferas y areniscas de grano fino a grueso, localmente con estratos de hierro oolítico en su parte inferior, que descansa sobre la Formación Picacho. Su localidad tipo se encuentra entre el caserío de Concentración y el sitio el Uvo (carretera Santa Rosa - Paz de Río-Socha), donde presenta un espesor entre los 1.368 y los 1.554 metros.

En la zona de la Plancha 192 aflora en el extremo noroccidental y presenta morfología de colinas bajas. De la unidad no se levantaron columnas estratigráficas debido a que se encuentra muy cubierta y, por lo tanto, se observaron afloramientos aislados.

La unidad está constituida por lodolitas y arcillolitas gris oscuro a gris verdoso, que por meteorización alteran a colores rojo amarillentos, con intercalaciones de arenitas arcillosas de grano fino a medio en estratos de 0,20 a 5 m de espesor. Por las observaciones realizadas, en la zona sólo aflora la parte inferior de la formación y no presenta los niveles de hierro antes descritos para la parte inferior de la sección tipo.

La unidad fue acumulada bajo un ambiente litoral o de pantano marino según Alvarado & Sarmiento (1944), durante el tiempo comprendido entre el Eoceno medio y el Oligoceno medio.

3.1.4 formación picacho

El nombre de la Formación Picacho fue dado por Alvarado & Sarmiento (1944), para designar un potente conjunto de areniscas conglomeráticas cuya localidad tipo es el cerro del Picacho, a 1,5 km al noroeste de la población de Paz del Río. La formación presenta morfología de lomas escarpadas, que resalta comparada con la morfología de valles de las unidades Socha Superior y Concentración que la infrayacen y suprayacen, respectivamente.

Esta unidad fue descrita al sur de Sogamoso (cuadrícula A2) y en dicha localidad se diferenciaron los siguientes segmentos:

- Segmento A (535 m). Areniscas cuarzofeldespáticas de grano medio a grueso, subangulares a subredondeadas, con cemento silíceo; en bancos gruesos a muy gruesos amalgamados, con estratificación ondulada no paralela a planoparalela; presenta lentes de conglomerados de cuarzo principalmente, con cantos hasta de 1,5 cm y en menor proporción fragmentos de lodolita y chert y delgadas intercalaciones de lodolita.

- Segmento B (25 m). Lodolitas rojo amarillento.

- Segmento C (20 m). Areniscas cuarzo-feldespáticas de grano medio a grueso, subangulares a subredondeadas, con cemento silíceo, en bancos gruesos a muy gruesos con estratificación ondulada no paralela.

El ambiente de depósito de la unidad, según Fabre (1985) para el área del Cocuy, es de llanuras aluviales bien drenadas y en la zona de Paz de Río, según Osorno (1994), es de ríos trenzados. Esta unidad fue acumulada durante el Eoceno temprano según Germeraad et al. (1968) y entre el Eoceno temprano a medio según van der Hammen (1958). Correlaciona con la Formación Areniscas de El Limbo del Borde Llanero, con la Formación Regadera de la Sabana de Bogotá y con la Formación Mirador de los Santanderes.

3.2 Geomorfología y geología estructural

Está limitado al occidente por la Falla de Soapaga y al oriente por la Falla Cedral-Romazal. Se caracteriza por presentar rocas del Cretácico Inferior al Terciario superior, las cuales conforman sinclinales y anticlinales estrechos (1,3 km de ancho) con direcciones entre N25oE y N35oE.

Se destacan los sinclinales de Iza-Cuítiva, San Miguel, del Pilar y Balcones y el Anticlinal del Picacho. Estas estructuras presentas tramos en sus flancos invertidos.

La Falla de Cedral-Romazal se interpreta como una falla de cabalgamiento con inclinaciones entre 45 y 5 grados hacia el SE, que es el resultado de la inversión positiva de una falla normal preexistente (Corte AA' en el mapa).

En el bloque colgante de esta falla se presentan las estructuras mencionadas anteriormente, que están afectadas por cabalgamientos y retrocabalgamientos menores. La zona de despegue de esta falla se interpreta dentro de la Formación Fómeque, ya que es la unidad litoestratigráfica más antigua que se observa cortada por esta estructura.

Se destacan estructuras tales como el Anticlinal de Tibasosa y la Falla de Soapaga. El Anticlinal de Tibasosa corresponde a la prolongación SW del Anticlinorio de La Floresta; su eje presenta direcciones entre los N25oW y N4oW. La variación en la dirección del eje se debe a que éste es afectado por un sistema de fallas dextrales en un arreglo en echelon. El flanco oriental presenta altos buzamientos por efectos de la Falla de Soapaga, mientras que su flanco occidental tiene una suave inclinación, que hace a esta estructura un anticlinal asimétrico.

La Falla de Soapaga es una estructura definida por Julivert (1970) como una falla afectada por inversión y, según la clasificación de Coward (1992), como falla de inversión positiva. En el área presenta una dirección general N25oE a N35oE, con su plano inclinado hacia el noroeste entre 20 y 38 grados; hacia el sur se ramifica y forma bloques escamados.

3.2.1 Sinclinales y Anticlinales

3.2.1.1 Sinclinal de Tunja

Es una amplia estructura de dirección SW-NE, que comienza al Sur de Tunja, abarca gran parte de la zona de estudio y termina en la localidad de El Manzano, probablemente contra la falla de Boyacá.

La tectónica que afecta el sector, está ligada al tipo de esfuerzo ya sea de compresión o de tensión que afectaron la cordillera Oriental, presentando plegamientos y fallas con dirección SWNE y transversales.

Limitado por el oriente por la falla de Chivata. Esta estructura se encuentra afectada por fallas que han dislocado sus flancos, incrementando o disminuyendo sus buzamientos, afectando las rocas aflorantes en diferentes sectores del mismo.

3.2.1.2 Sinclinal de Ventaquemada – Tunja

También conocido con el nombre de sinclinal de Albarracín, va desde la población de Suesca hasta la zona occidental de Tunja. Presenta una estructura asimétrica con una dirección SW-NE y se encuentra afectado por fallas transversales que desplazan su eje e incrementan o disminuyen los buzamientos.

3.2.1.3 Anticlinal del Consumidero

Estructura asimétrica conformada por el flanco oriental del sinclinal de Lenguazaque y el flanco occidental del sinclinal de Ventaquemada, presenta una dirección predominante SW-NE.

3.2.1.4 Anticlinal de Puente Hamaca

Ubicado sobre el flanco oriental del sinclinal de Tunja. Es una estructura local de pequeña longitud y de fácil reconocimiento por la cercanía al batallón en la vereda de Pirgua.

3.2.1.5 Anticlinal de Puente de Boyacá

Es una estructura regional pasando por el Puente de Boyacá hasta el occidente de Tunja con una dirección SW-NE, su eje pasa por el filo de las areniscas de labor y tierna.

3.2.2 Fallas Geológicas

La zona de estudio se encuentra afectada por fallas cuya descripción y caracterización se presenta a continuación:

3.2.2.1 Falla Tras el Alto

Es una falla inversa, cuyo trazado pasa cerca del borde occidental de la zona y es esencialmente paralela al rumbo de las formaciones litológicas que afecta, su alineamiento corresponde exactamente con un contacto fallado entre la formación Guaduas y la formación Cacho, en una longitud aproximada de 9,5 Km. Afecta el flanco occidental del sinclinal de Tunja y se halla a su vez cortada o dislocada por fallas transversales de carácter local con desplazamientos menores de 140 m, a excepción de la falla central o de Tunja, originadas durante eventos tectónicos posteriores. Tiene un rumbo medio de N36o E y un buzamiento de 65° a 1 NW. El desplazamiento generado sobre las formaciones afectadas no es uniforme, ya que se observa un movimiento diferencial (en forma de tijera), por las diferentes litologías que pone en contacto en diferentes partes de su trazado, pero que puede indicarse desde el punto de vista práctico no inferior a 180 m (Agudelo y Castro, 1999).

3.2.2.2 Falla El Asís

Es una falla de desplazamiento de rumbo, ligeramente ortogonal al de la falla anterior, afecta rocas de la formación Bogotá, y su extensión dentro de la zona de estudio es de tan solo 450 m en el extremo Norte de la ciudad.

A esta falla se le atribuye parte de la complejidad tectónica que presenta el flanco occidental del sinclinal en este sector, afectando la zona aledaña al Norte del barrio Asís y el oeste del barrio los Muiscas; sectores que se hallan

sobre el bloque hundido. Evidencias adicionales sobre la existencia de esta falla se encontraron en una perforación realizada en este sector, la cual resultó no productora de agua (Agudelo y Castro, 1999).

3.2.2.3 Falla de Tunja o Central

Es una falla de rumbo, su alineamiento posee una dirección N31o W, cortando ambos flancos del sinclinal de Tunja en forma transversal a la orientación de este. Su desplazamiento direccional corta y desplaza los flancos en una distancia aproximada de 500 m, aunque su efecto es menos notorio en el flanco oriental.

La falla se encuentra cubierta por depósitos no consolidados y es probablemente la responsable de facilitar la apertura de la brecha que comunica dos microcuencas (Agudelo y Castro, 1999).

3.2.3 Geotecnia

La información geotécnica fue obtenida a partir del análisis de la zonificación efectuada por Ramírez (1990). Adicionalmente, para dar consideración a los diferentes fenómenos de inestabilidad que se pueden presentar, se tuvieron en cuenta dos grandes zonas: la zona Montañosa (M) y la zona Plana (P).

En la zona Montañosa, se evalúa la susceptibilidad de los materiales al deslizamiento; en la zona Plana se califica la aptitud de los materiales para soportar las fundaciones de las estructuras.

Cada zona se dividió en tantas subzonas como fue necesario, de acuerdo con las características geotécnicas previstas para los materiales presentes. Los materiales se clasifican como IM, IIM, IIIM, IVM ó IP, IIP, IIIP, IVP de más competentes ha menos competentes.

4 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

Para determinar la composición del perfil del subsuelo presente en el sitio donde se localizará el proyecto, con la información suministrada por parte del contratante se efectuaron tres (3) perforaciones hasta 6.10 metros de profundidad, con un total de trece (13) muestras inalteradas y tres (3) muestras alteradas, estas fueron empacadas en papel aluminio, vinipel y bolsas para su posterior identificación y ejecución de ensayos en el laboratorio, donde se permite establecer el tipo de material encontrado, su espesor y características macroscópicas así como las condiciones del agua subterránea de la capa de material del subsuelo atravesado.

La exploración realizada se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente, Normas Invías y NTC. Igualmente se realizan pruebas de campo como SPT y penetrometro de bolsillo.

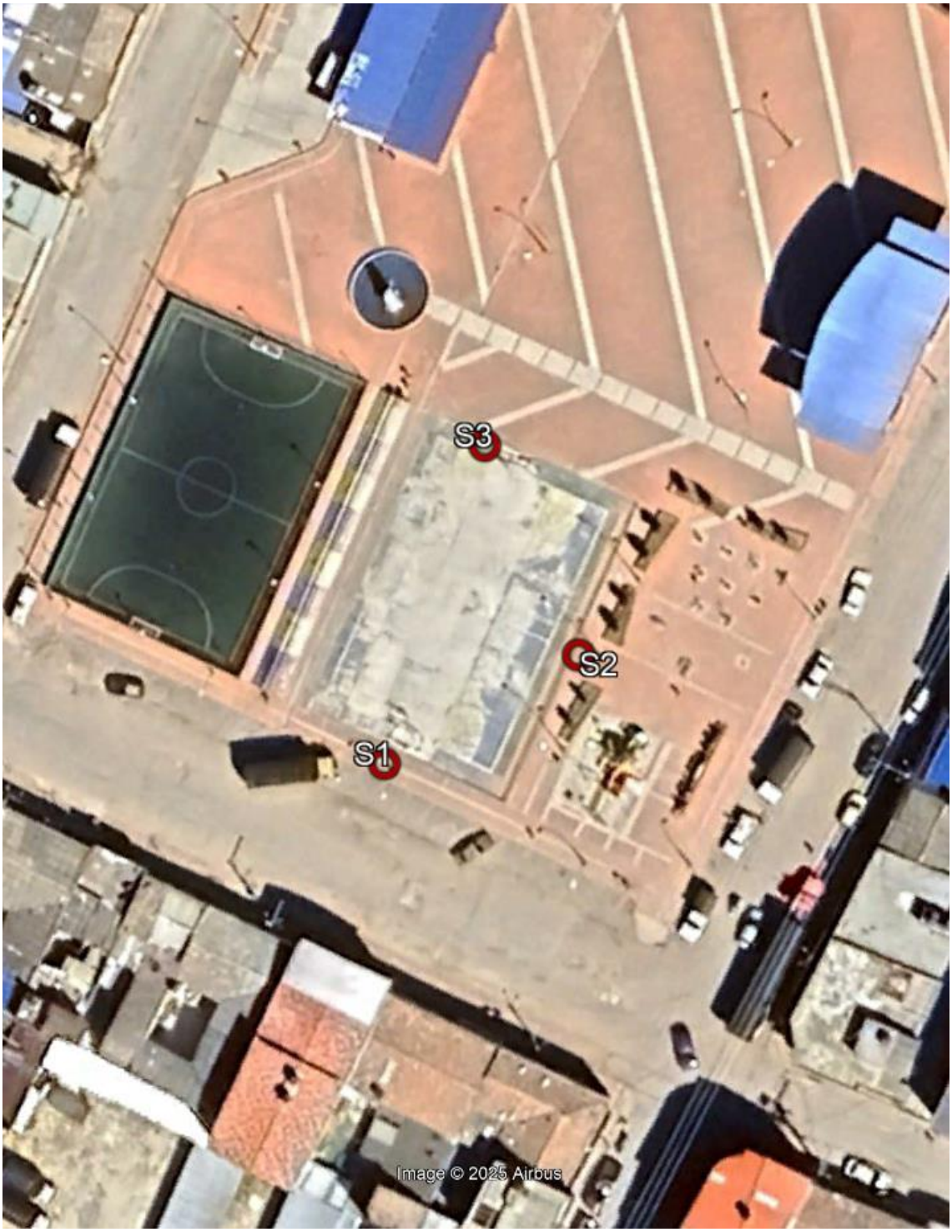
A la totalidad de las muestras colectadas, se les clasifico y referencio de tal manera que se facilitara sobre las mismas la ejecución de un programa de ensayos de laboratorio que permitiera conocer sus características geomecánicas para establecer mediante modelos las propiedades de esfuerzo y deformación del material.

El registro fotográfico de los sondeos se incluye en el anexo A del presente informe.

El programa de ensayo del laboratorio consta de los siguientes ensayos:

- Contenido de agua – humedad natural. (INV E - 122 - 13).
- Límites de Atterberg. (INV E - 125 - 13 e INV E - 126 - 13).
- Lavado sobre tamiz 200 (INV E – 124 - 13).
- Compresión Inconfinada (INV E – 152 -13).
- Corte Directo (INV E – 154 -13).
- Otros

Figura 5. Plano ubicación de los sondeos vista satelital.



Fuente: Autores.

SONDEO 1

Fotografía 1. Sondeo 1



Fuente: Autores.

Con los resultados de los ensayos se clasificó el suelo por el Unificado de Clasificación USCS donde se determinaron familias predominantes en el subsuelo para las cuales se obtuvieron valores de resistencia y así establecer la cimentación de la estructura a construir.

SONDEO 2

Fotografía 2. Sondeo 2



Fuente: Autores.

Los resultados de los ensayos de laboratorio sobre las muestras seleccionadas del perfil de cada sondeo se indican en el Anexo C.

SONDEO 3

Fotografía 3. Sondeo 3



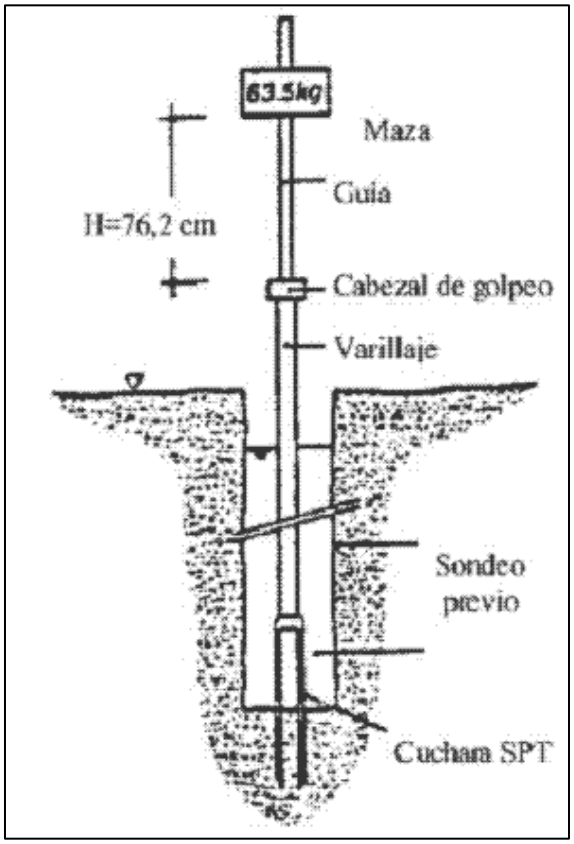
Fuente: Autores.

4.1 Descripción de los sondeos exploratorios

La exploración del subsuelo del sitio de interés, se realizó mediante la ejecución de sondeos geotécnicos, que consisten en una prospección manual - mecánica que permite conocer las características del subsuelo.

Esta metodología de exploración radica en la ejecución de perforaciones de pequeños diámetros (entre 65 y 140 mm) que, aunque no permiten la visión "in situ" del terreno, facilitan la recuperación de testigos o muestras del substrato perforado, así como realizar determinados ensayos en su interior. Las perforaciones se ejecutaron mediante un sistema a perforación manual, donde se utiliza un cilindro hueco (muestreador estándar) que dejándolo caer desde una altura suficiente permite la entrada de suelo. El cilindro lleva un dispositivo que retiene el material, evitando la caída del suelo durante su extracción. El equipo típico de perforaciones por sistema manual-mecánico se presenta en la Figura 6.

Figura 6. Equipo de perforación manual – mecánico con SPT



Fuente: Google imágenes, 2022.

4.2 Toma de muestras y ensayos de campo

En los sondeos ejecutados por el sistema manual-mecánico además de usar el muestreador estándar, se ejecutó el ensayo de penetración estándar, comúnmente conocido como SPT (*Standard Penetration Test)*.

Consiste (según la norma ASTM D-1586) en penetrar en el suelo un saca-muestras (*Split Spoon – Ver* Figura 7) normalizado, dejando caer un martillo de 63,5 Kg de peso, sobre la barra de perforación desde una altura de 76.2 cm; el número de golpes necesarios para introducir el saca-muestras 30 cm en el suelo es definido como el factor N. A continuación, se representan los muestreadores estándar o cuchara partida (Split Spoon) para el ensayo de penetración estándar (SPT). Muestreador tipo tubo de pared delgada (Shelby) para muestras inalteradas entre otros.

Figura 7. Muestreadores de perforación



Fuente: Google imágenes, 2022.

De acuerdo a la norma, este ensayo puede ser realizado sobre suelos granulares, arcillas y rocas suaves. Acorde a las características del subsuelo y el detalle requerido en la caracterización del subsuelo, este ensayo se efectúa de manera continua o discontinua, generalmente cada metro de profundidad.

A partir del número de golpes y del tipo de suelo, mediante el uso de correlaciones internacionalmente conocidas es posible estimar las propiedades y parámetros geo-mecánicos del suelo.

De cada ensayo de SPT realizado se recupera una muestra de 45 cm de longitud que permite además de medir la resistencia a la penetración de la cuchara normal de muestreo (*Split Spoon*), deducir conceptos relativos a las propiedades cualitativas del material, su génesis y clasificación estratigráfica. Las muestras representativas de cada paquete estratigráfico son posteriormente enviadas al laboratorio de suelos.

Las muestras recuperadas con la cuchara normal de muestreo (Split Spoon), se denominan muestras alteradas, y son almacenadas en bolsas plásticas; cuando durante la ejecución de la perforación, el muestreador estándar es cambiado por un muestreador tipo tubo de pared delgada (Shelby), es posible recuperar muestras inalteradas usadas en ensayos que permiten la determinación directa de parámetros de resistencia de los materiales.

Las fotografías siguientes pretenden representar la investigación efectuada en campo, tanto para muestras alteradas en suelos no cohesivos y mixtos como para inalteradas en suelos cohesivos.

Fotografía 4 y 5. Toma de muestras en campo – Muestreador de pared delgada y cuchara partida.



Fuente: Autores.

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Por las condiciones topográficas y geológicas del área de estudio, los sondeos realizados se desarrollaron hasta máximo 6.10 metros de profundidad.

Se considera que estas profundidades son suficientes para caracterizar e identificar adecuadamente el suelo existente acogiéndose al numeral H.3.2.5 (i) de NSR-10.

Con la información disponible de los sondeos, se construye un perfil longitudinal de esta zona de estudio y para determinar la condición en la que se encuentra cada uno de los estratos de suelo bajo la superficie se toman los resultados de los ensayos.

Fotografía 6. Muestras de campo



Fuente: Autores.

Clasificado cada uno de los materiales reportados e identificadas las características físicas y mecánicas necesarias para el estudio, se lleva a cabo la construcción de los perfiles geotécnicos, en estos se muestran los diferentes niveles o estratos de suelo que se encuentran en el subsuelo de la zona de estudio, e interpolando linealmente a lo largo de la línea entre sondeos realizados, queda definido un perfil estratigráfico para la zona.

5.1 Perfil promedio de diseño

Inicialmente se encuentra una capa de **Capa de Asfalto - Material de Recebo** hasta 0.50 metros de profundidad, seguido por un estrato de **Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda** con: Wn=29.82%, LL=42.09%, IP=18.45%, ɣ=18.43kN/m^3, Su=46.15kPa, C=19.30kPa, Φ=9.42° y E=6208kPa hasta finalizar la perforación. Se encontró nivel freático a 1.90 metros.

Figura 8. Perfil promedio exploración geotécnica realizada

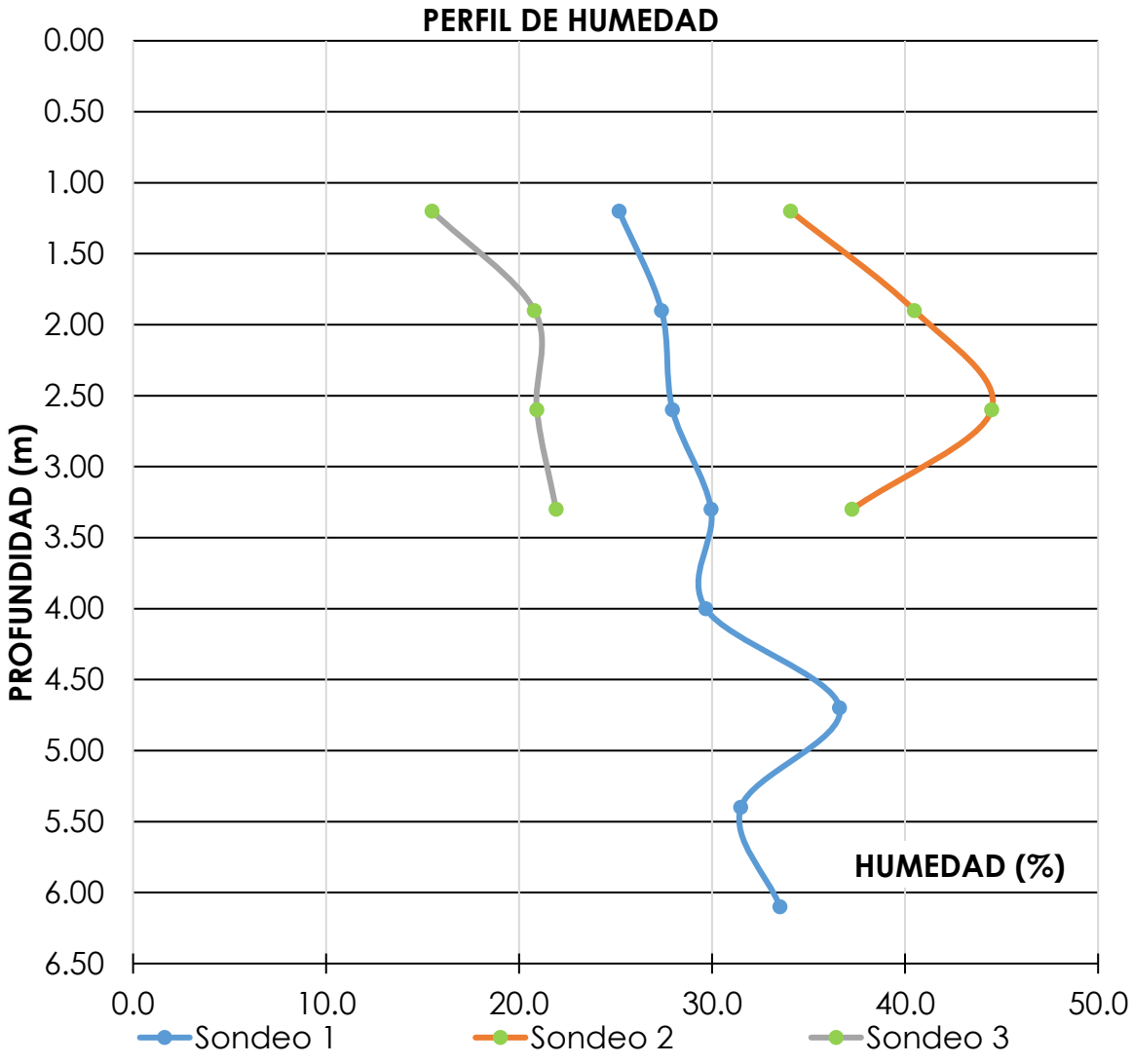
Profundidad	Perfil de suelo	Descripción
0,00 m – 0,50 m		Capa de Asfalto - Material de Recebo
0,50 m – 6,10 m		Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda

Fuente. Autores.

5.2 Ensayos de laboratorio

Mediante la realización de ensayos de laboratorio es posible establecer las características de los materiales encontrados. Una de las condiciones de importancia para establecer los posibles comportamientos de los materiales, corresponde al contenido de agua en la estructura del suelo, pues este es un índice en gran proporción de la susceptibilidad que se tiene para que se presenten comportamientos desfavorables en los estratos, ya sea de los suelos finos o de mezclas de los materiales finos con materiales granulares, a continuación, se presenta la gráfica de profundidad vs humedad para los sondeos realizados.

Figura 9. Profundidad Vs humedad

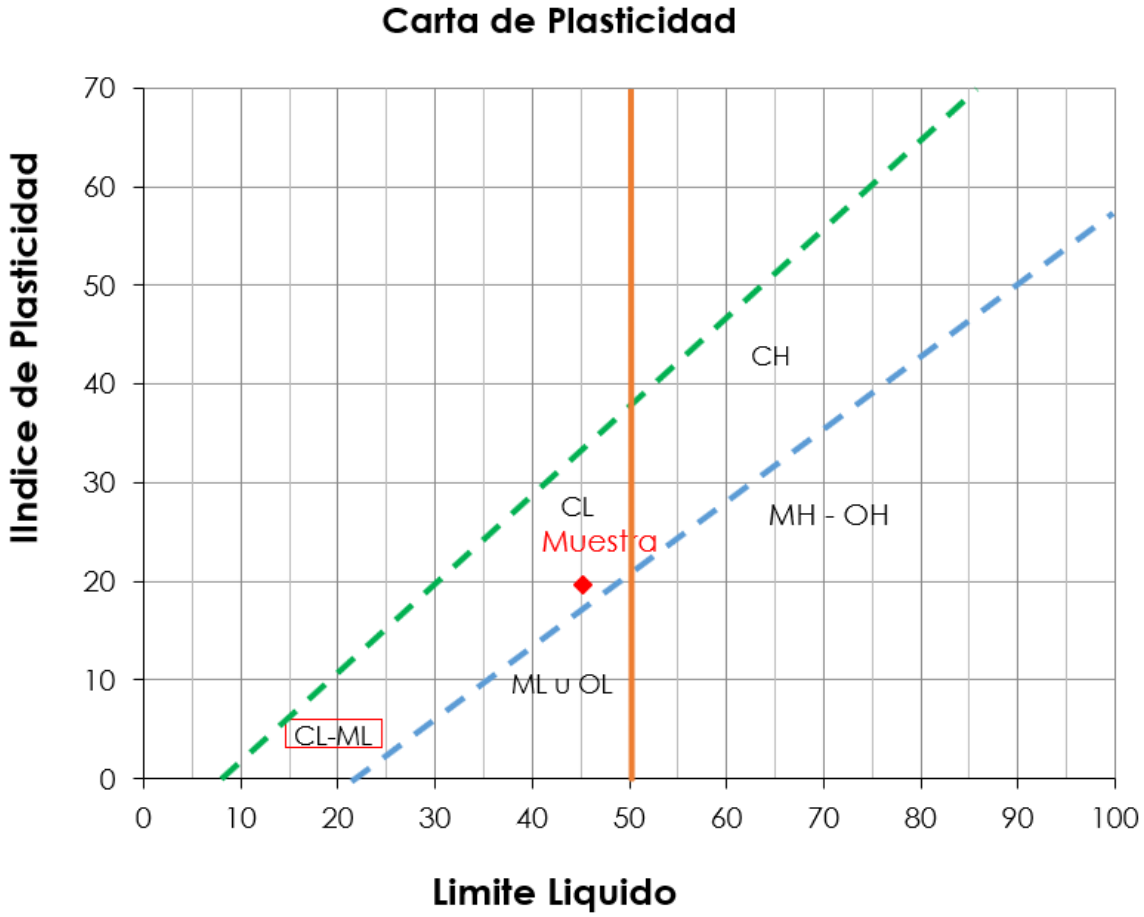


Fuente. Autores.

Con base en la información presentada en la figura anterior y los resultados de los ensayos de límites de consistencia realizados para las muestras recuperadas en los tres (3) sondeos, se determina que en el sector estudiado el suelo tiene una condición de tipo plástico a flujo viscoso, por lo tanto, en esta zona las deformaciones pueden ser significativas.

Considerando la información obtenida a partir de los ensayos de límites de Atterberg, el suelo fino se puede clasificar utilizando la carta de plasticidad de Casagrande, a continuación, se muestra la carta de plasticidad de una de las muestras del sondeo 1, cuya clasificación corresponde a CL (Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas dobles, arcillas limosas; con un límite liquido menor a 50).

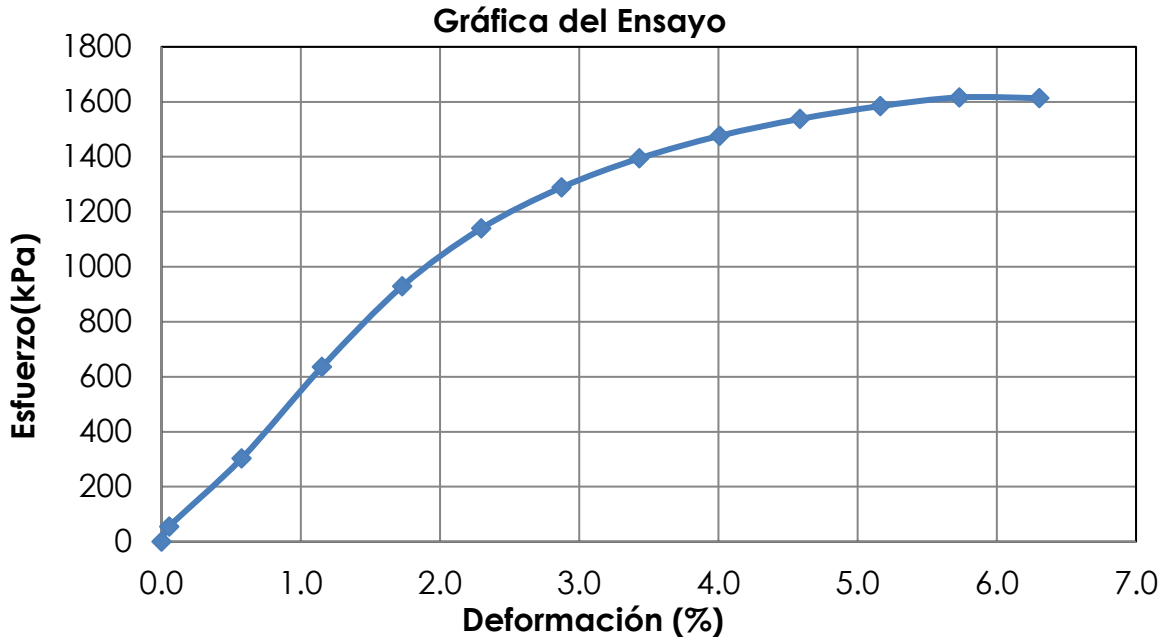
Figura 10. Carta de plasticidad



Fuente. Autores.

Uno de los ensayos realizados para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo corresponde al de compresión inconfinada, a partir de este ensayo se obtienen las curvas esfuerzo vs deformación como la que se muestra a continuación.

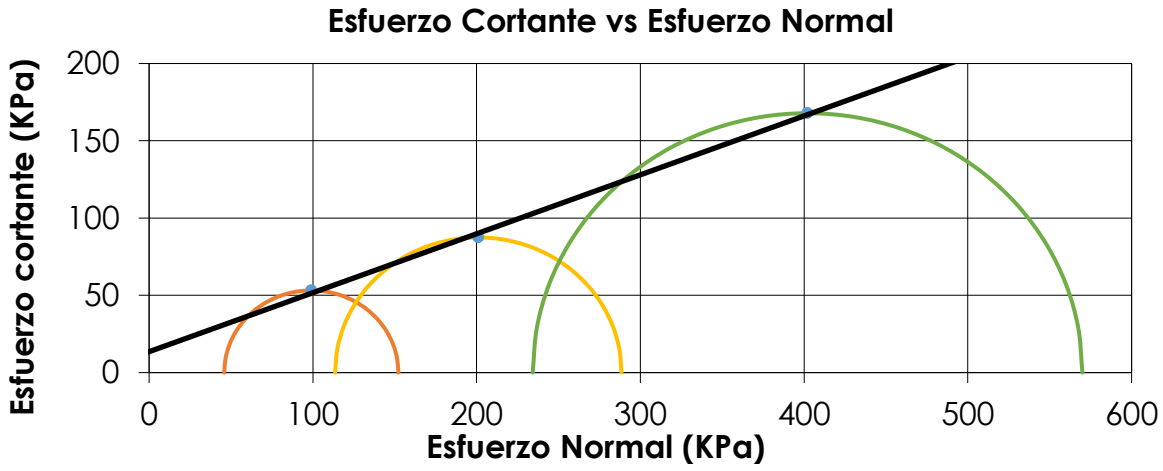
Figura 11. Curva esfuerzo vs deformación



Fuente. Autores.

Para determinar y corroborar los parámetros de resistencia para este proyecto, se realiza un ensayo de Corte Directo.

Figura 12. Corte Directo



Fuente. Autores.

5.3 Coeficiente de Empujes de Suelos

La metodología utilizada para la determinación de los empujes pasivo, activo y en reposo corresponde a la dada teóricamente por Rankine.

Se plantea el caso de un trasdós vertical del muro y la superficie del terreno horizontal, en esta situación el empuje proveniente por el suelo natural en muros de contención, sótanos y demás corresponden a:

Empuje activo: 0.72
Empuje reposo: 0.84
Empuje pasivo: 1.39

Junto con el coeficiente de empuje dado, se deben tener en cuenta sobrecargas de estructuras aledañas a la estructura a construir.

Si se opta por el uso del remplazo del suelo por un material compactado tipo INVIIAS en el trasdós del muro con un ángulo de fricción de mínimo 30°, en este caso del empuje proveniente los coeficientes de empuje en muros de contención, sótanos y demás corresponden a:

Empuje activo: 0.33
Empuje reposo: 0.50
Empuje pasivo: 3.00

En caso de ser necesario se deben tener en cuenta las cargas generadas por el empuje vehicular y el paso constante de vehículos tipo liviano y pesado, junto con el peso dado por la capa de estructura de pavimento y demás factores circundantes.

Si se opta por trabajar un trasdós con un ángulo especifico y la carga del terreno no es horizontal se debe tener en cuenta el factor de inclinación para los empujes dados.

5.4 Potencial de Expansión

Algunos suelos, en especial de tipo arcilloso, tienen la propiedad de contraerse cuando pierden agua y de expandirse cuando la ganan de nuevo, según las condiciones ambientales, son los denominados suelos expansivos.

Figura 13. Muestras de laboratorio



Fuente. Autores.

Esa expansión y contracción genera daños progresivos en los suelos, reflejados en fisuras, grietas y giros en muros y elementos estructurales, a causa de movimientos desiguales de sus cimientos.

La clasificación se realiza de acuerdo a la tabla H.9.1-1 de la NSR10.

Tabla 1. Clasificación de suelos expansivos – NSR10

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	Límite líquido LL , en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP , en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 –20	39 – 50	8 – 18	12 –34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente. NSR-10.

Ver numeral 7.8 "Control de flujo de agua y prevención de suelos expansivos".

Para lo cual siguiendo los resultados de laboratorio obtenidos y su análisis pertinente (como se evidencia en la tabla a continuación), se determina que para los suelos recuperados predomina un potencial de expansión entre Medio y Bajo.

Tabla 2. Clasificación de suelos expansivos

Sondeo	Código	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad	Potencial de Expansión
1	2627	38.36	23.91	14.45	Bajo
1	2632	44.45	25.55	18.89	Medio
2	2636	43.59	25.34	18.25	Medio
3	2640	41.95	19.76	22.19	Medio

Fuente. Propia

5.5 Potencial de Licuación[3]

En suelos arenosos afectados por solicitaciones sísmicas, el nivel freático puede ascender hasta el punto de saturar el material, lo cual genera en el suelo la pérdida del esfuerzo efectivo, y por tanto un comportamiento del tipo fluido viscoso, conocido como fenómeno de licuefacción. El suelo se comporta y fluye como líquido debido a que las vibraciones sísmicas aplican fuerzas al fluido que rellena los vacíos entre los granos de arena, causando la salida de agua y fango a la superficie durante el movimiento. Esto compacta finalmente los granos de arena y provoca asentamientos del terreno, al producirse una sensible pérdida de resistencia en los estratos afectados. La licuefacción ocurre particularmente cuando el nivel del agua subterránea es superficial. Las vibraciones también pueden producir asentamientos en rellenos y suelos granulares sueltos.

- Bajo: Zonas constituidas por material arenoso saturado de compacidad media a compacta (Número de golpes de SPT > 15), con porcentajes de finos mayor del 10% y densidad relativa (Dr) mayor de 18%.

- Moderado: Zonas constituidas por material arenoso saturado de compacidad suelta a media (Número de golpes del ensayo SPT, entre 8 y 15), con porcentaje de finos entre 5 y 10%

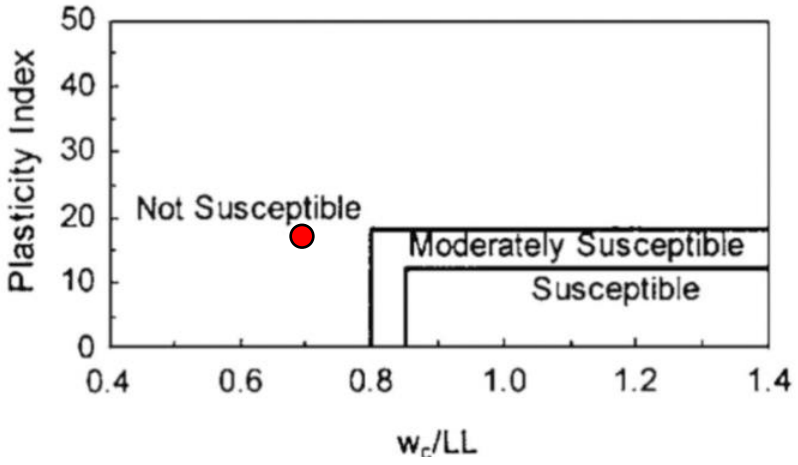
- Alto: Zonas constituidas por material arenoso saturado de compacidad muy suelta a suelta (Número de golpes del ensayo SPT, menor que 8), con porcentajes de finos menos a 5%

Se concluye del análisis de resultados de laboratorio que para el material recuperado en campo el potencial de licuación es Nulo o Bajo, dado que, aunque se evidencia la presencia del nivel freático la fracción fina del suelo es mayor al 10%.

[3] Manual de Diseño de Cimentaciones Superficiales y Profundas

5.6 Potencial de Ablandamiento cíclico

Los eventos relacionados frente a situaciones sísmicas, como licuación o ablandamiento cíclico, solo se presentan cuando el material se encuentra en una condición de saturación y un estado permanente de nivel freático, en este caso no tenemos ablandamiento cíclico. Dicho lo anterior, se verifica el potencial de ablandamiento cíclico mediante la metodología propuesta por Bray y Sancio (2006), se observa que el material se encuentra en una condición No Susceptible.



El suelo evaluado es No Susceptible a fenómenos de ablandamiento cíclico.

5.7 Suelos Colapsables

Se identifican como suelos colapsables aquellos depósitos formados por arenas y limos, en algunos casos cementados por arcillas y sales, que, si bien resisten cargas considerables en su estado seco, sufren pérdidas de su conformación estructural, acompañadas de severas reducciones en el volumen exterior cuando se aumenta su humedad o se saturan.

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+W_n} = \frac{18.43}{1+0.2982} = 14.20\frac{kN}{m^3} \qquad \gamma_{dcrit} = \frac{\gamma_w}{(1/G_s)+W_l} = \frac{10.00}{(1/2.67)+0.4209} = 12.57\frac{kN}{m^3}$$

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{dcrit}} = \frac{14.20}{12.57} = 1.129 - \text{"}\boldsymbol{El\ suelo\ es\ estable, No\ es\ colapsable}\text{"}$$

6 CRITERIOS DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTO

6.1 Tipo de Cimentación

Se plantea una cimentación superficial con cimientos aislados y vigas de amarre a 1.00 metro de profundidad respecto al nivel del terreno, sobre un mejoramiento de 0.40 metros en concreto ciclópeo de tal forma que la cimentación quede soportada por el estrato de Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda, que el nivel de la misma se encuentre libre de peligro ante heladas, reducir el cambio de volumen del suelo por su potencial expansivo, capa freática y excavaciones posteriores, buscando evitar la generación de asentamientos en el terreno que no sean absorbibles por la estructura.

6.2 Capacidad Portante para la Cimentación

- **Cimentación Profunda:** tipo de cimentación en la que la profundidad de desplante o plano de contacto entre la estructura y el suelo de fundación, se encuentra a una profundidad tal que es considerada alta en comparación con el ancho propuesto para la cimentación a evaluar.

- **Cimentación Superficial:** tipo de cimentación en la que la profundidad de desplante o plano de contacto entre la estructura y el suelo de fundación, se encuentra a una profundidad tal que es considerada pequeña en comparación con el ancho propuesto para la cimentación a evaluar.

- **Capacidad de Carga:** posibilidad que tiene el suelo para soportar con seguridad, la presión trasmitida por las estructuras sin que suceda una falla por corte ni se generen grandes asentamientos en el terreno de fundación.

- **Capacidad de Carga Última:** considera que el esfuerzo que se aplica a un suelo, trasmitido por una cimentación, produce una falla en el suelo a lo largo del plano crítico de falla.

- **Capacidad de Carga Admisible:** es la capacidad de carga última dividida por un factor de seguridad apropiado.

- **Factor de Seguridad:** Término introducido por primera vez por Rankine (1858), el cual nace de la necesidad tanto de proveer seguridad a las obras y elementos diseñados y construidos, como de optimizar los mismos (González, 1974, 1992, 1999, 2006).

- **Excentricidad:** Se presenta cuando las cimentaciones superficiales están sometidas a cargas verticales que no actúan en el centro de gravedad, produciendo una distribución de presiones no uniforme ó cuando se aplica a la cimentación la combinación de cargas con momentos, los cuales pueden ser permanentes o temporales.

- **Capacidad portante:** Posibilidad que tiene el suelo para soportar con seguridad, la presión trasmitida por las estructuras sin que suceda una falla ni se generen grandes asentamientos en el terreno de fundación. Un sistema de cimentación que utiliza pilotes como elementos del sistema de cimentación, basa su capacidad portante, en la interacción suelo de fundación y el material del pilote.

- **Factor de Seguridad:** Término introducido por primera vez por Rankine (1858), el cual nace de la necesidad tanto de proveer seguridad a las obras y elementos diseñados y construidos, como de optimizar los mismos (González, 1974, 1992, 1999, 2006).

6.3 Consideraciones Técnicas de Diseño

Para el cálculo de Capacidad Portante tanto última como admisible en condiciones Estáticas y Pseudoestáticas, se emplea el método de análisis del equilibrio límite, en el cual se define la forma de la superficie de falla y la evaluación de los esfuerzos y deformaciones a lo largo de dicha superficie, teniendo en cuenta cuatro (4) métodos de cálculo: Terzagui (1943), Meyerhof (1963), Hansen (1970) y Vesic (1973, 1975), en la siguiente tabla, se consignan las ecuaciones que se utilizan para cada una de dichas metodologías:

Tabla 3. Ecuaciones para el cálculo de capacidad portante

Meyerhof (1963)	$q_u = cN_c s_c d_c i_c + D\gamma_1 N_q s_q d_q i_q + 0.5\gamma_2 BN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$
Hansen (1970)	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D\gamma_1 N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma_2 BN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$
Vesic (1973, 1975)	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + D\gamma_1 N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma_2 BN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$

Fuente. Autores.

Dónde:

q_{ult}:	Capacidad de carga última
q:	Sobrecarga actuante en la base de la cimentación igual a γD_f
γ:	Peso unitario del suelo
D_f:	Profundidad considerada hasta el fondo de la cimentación.
c:	Cohesión
B:	Ancho del cimiento (o ancho equivalente del cimiento)
$Nc, Nq, N\gamma$:	Factores de capacidad de carga adimensionales que dependen del ángulo de fricción interna
d_i, S_i, i_i, b_i, g_i:	Factores adimensionales para considerar el efecto de la resistencia al corte local del terreno situado sobre la base de la cimentación, la forma de la cimentación, la inclinación de la carga. Los subíndices q, c y γ indican en cuál de los tres términos de las ecuaciones debe aplicarse.

Para el cálculo de la Capacidad Portante tanto última como admisible en condiciones Pseudoestática, además de utilizar los (3) métodos de cálculo anteriormente mencionados, se realizan dichos cálculos, de acuerdo a la metodología planteada por M. Budhu & A. Al-Karni (Seismic bearing capacity of soils) en este caso se modifican los coeficientes de capacidad de carga por efecto de la aceleración sísmica horizontal y vertical, las cuales se tienen en cuenta dentro del cálculo de los factores de análisis sísmico: He, βc, βq y $\beta\gamma$.

En el caso en que se deba considerar la existencia de cargas inclinadas y excentricidades, se realiza en el cálculo la corrección por excentricidad en una dirección ancho B o el largo L, como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$B' = B - 2e_B$$
$$L' = L - 2e_L$$
$$e_B : \frac{M_B}{V}$$
$$e_L : \frac{M_L}{V}$$

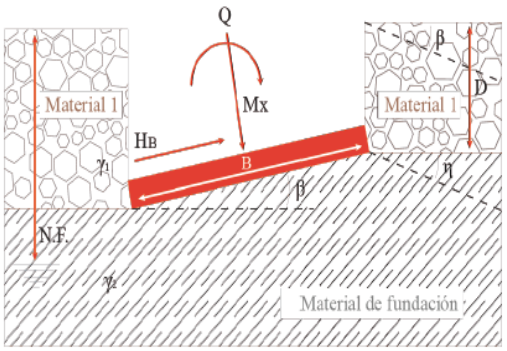
Dónde:

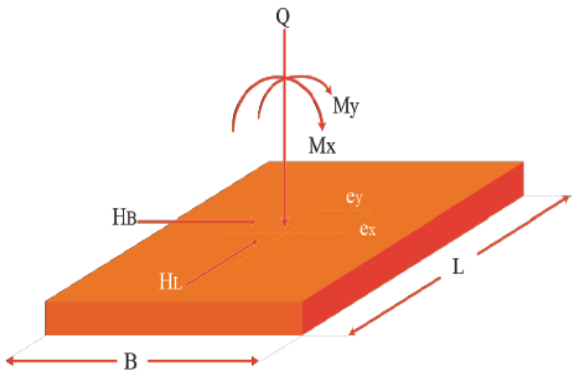
e_B:	Excentricidad en la dirección B.
e_L:	Excentricidad en la dirección L.
M_B, M_L:	Momentos en la dirección B y L respectivamente
V:	Componente vertical de las cargas actuantes
B':	Ancho corregido
L':	Largo corregido

Una vez son realizados los cálculos de capacidad portante se presentan los resultados de Capacidad Portante Admisible Recomendada, la cual se calcula bajo las siguientes condiciones:

- Para el caso en el que se tiene la carga vertical, sin excentricidades, se calcula la Capacidad Portante Admisible Recomendada, como el promedio aritmético de los resultados obtenidos por los cuatro métodos de cálculo utilizados.

- Para el caso en el que se tiene una carga inclinada o excéntrica, se calcula la Capacidad Portante Admisible Recomendada, como el promedio aritmético de los resultados obtenidos por los métodos de Meyerhof, Hansen y Vesic.





6.4 Parámetros De Diseño Sísmico

En base al Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente NSR-10 y según la zona de estudio se establecen los siguientes parámetros sísmicos:

Tabla 4. Parámetros de diseño sísmico

Coeficiente	Valor
Zona de amenaza sísmica	Alta
Tipo de perfil sismo resistente	E
Coeficiente de importancia (Grupo III)	1.25
Coeficiente de aceleración horizontal (Aa)	0.25
Coeficiente de velocidad horizontal (Av)	0.30
Coeficiente de amplificación periodos cortos (Fa)	1.45
Coeficiente de amplificación periodos largos (Fv)	2.80

Fuente. Autores.

6.5 Capacidad Portante

Material tipo 1

Peso unitario total, γ tot [kN/m^3]=	18.43
Peso unitario sumergido, γ sat [kN/m^3]=	8.43

Material de fundación

Condición=	Drenada
Cohesión, C [kPa]=	19.30
Angulo de Fricción, Φ [°]=	9.42
Peso unitario total, γ tot [kN/m^3]=	18.43
Peso unitario sumergido, γ sat [kN/m^3]=	8.43

Condiciones del modelo geotécnico

Factor de seguridad estático, Fs=	3.00
Factor de seguridad pseudoestático, Fs din=	1.50
Aceleración pico efectiva, Aa=	0.25
Velocidad pico efectiva, Av=	0.30
Nivel freático, NF [m]=	1.90

Cargas y geometrías de la cimentación

Ancho de la cimentación, B [m]=	1.00
Largo de la cimentación, L [m]=	1.00
Profundidad de desplante, Df [m]=	1.00 + 0.40
Inclinación=	Vertical
Carga vertical, Q [kN]=	110

Capacidad Portante Admisible Estática	110.88 kPa
	11.09 Ton/m^2
	1.11 kg/cm^2

Capacidad Portante Admisible Dinámica	141.52 kPa
	14.15 Ton/m^2
	1.41 kg/cm^2

CAPACIDAD PORTANTE ESTÁTICA
(Carga muerta + Carga viva Normal) - Fs=3.0:

CIMIENTOS CUADRADOS

Df (m)	B (m)	L (m)	q_{adm} (kPa)
1.00	1.00	1.00	110.88
1.00	1.25	1.25	105.82
1.00	1.50	1.50	102.51
1.00	2.00	2.00	98.54

Df (m)	B (m)	L (m)	q_{adm} (kPa)
1.50	1.00	1.00	134.86
1.50	1.25	1.25	126.67
1.50	1.50	1.50	121.28
1.50	2.00	2.00	114.70

CIMIENTOS RECTANGULARES

Df (m)	B (m)	L (m)	q_{adm} (kPa)
1.00	1.00	2.00	99.65
1.00	1.00	3.00	95.90
1.00	1.00	4.00	94.03

Df (m)	B (m)	L (m)	q_{adm} (kPa)
1.50	1.00	2.00	121.48
1.50	1.00	3.00	117.02
1.50	1.00	4.00	114.79

CIMIENTOS CORRIDOS

Df (m)	B (m)	B/L	q_{adm} (kPa)
0.50	0.30	0.00	91.93
0.50	0.40	0.00	83.97
0.50	0.50	0.00	79.23

Df (m)	B (m)	B/L	q_{adm} (kPa)
0.70	0.30	0.00	109.04
0.70	0.40	0.00	97.52
0.70	0.50	0.00	90.65

CAPACIDAD PORTANTE DINÁMICA
(Carga muerta + Carga viva Normal + Sismo de diseño Seudo Estático) - Fs=1.5:

CIMIENTOS CUADRADOS

Df (m)	B (m)	L (m)	q_{adm} (kPa)
1.00	1.00	1.00	141.52
1.00	1.25	1.25	134.35
1.00	1.50	1.50	129.68
1.00	2.00	2.00	124.10

Df (m)	B (m)	L (m)	q_{adm} (kPa)
1.50	1.00	1.00	174.14
1.50	1.25	1.25	162.49
1.50	1.50	1.50	154.84
1.50	2.00	2.00	145.53

CIMIENTOS RECTANGULARES

Df (m)	B (m)	L (m)	q_{adm} (kPa)
1.00	1.00	2.00	127.29
1.00	1.00	3.00	122.54
1.00	1.00	4.00	120.17

Df (m)	B (m)	L (m)	q_{adm} (kPa)
1.50	1.00	2.00	156.91
1.50	1.00	3.00	151.16
1.50	1.00	4.00	148.29

CIMIENTOS CORRIDOS

Df (m)	B (m)	B/L	q_{adm} (kPa)
0.50	0.30	0.00	118.95
0.50	0.40	0.00	107.72
0.50	0.50	0.00	101.08

Df (m)	B (m)	B/L	q_{adm} (kPa)
0.70	0.30	0.00	142.71
0.70	0.40	0.00	126.42
0.70	0.50	0.00	116.74

6.6 Asentamientos

6.6.1 Asentamientos elásticos

Se calculan partiendo de la metodología de elasticidad de los materiales.

Nivel freático, Nf[m]=	1.90
Prof. Desplante, D[m]=	1.00 + 0.40
Ancho de la Cimentación, B[m]=	1.00
Largo de la Cimentación, L[m]=	1.00
Carga aplicada, P[kN]=	110

Resumen parámetros de los materiales:

Descripción:	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda
Profundidad:	Desde: 1.40 m – Análisis
Peso unitario, Y[KN/m^3]=	18.43
Módulo elasticidad, E[KN/m^2]=	6208
Relación poisson, v=	0.3

Sp (inmediato)	
(cm)	(mm)
1.24	12.36

6.6.2 Asentamientos por consolidación

Debido a que el material que se presenta en el perfil de suelo corresponde a un suelo de composición fina con un contenido importante de agua, se establece que se pueden presentar asentamientos por consolidación, debido al drenaje del agua contenido en el material, producto de las presiones generadas a este por la aplicación de las cargas de la estructura,

Los parámetros de cálculo son establecidos a través de correlaciones son las propiedades geotécnicas determinadas para el perfil del suelo.

Se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\Delta S_{C(i)} = \left[\frac{\Delta e_{(i)}}{1 + e_{o(i)}}\right] * H_i$$

Dónde:

$S_{C(i)}$ = asentamiento por consolidación
$\Delta e_{(i)}$ = cambio en la relación de vacíos por incremento del esfuerzo en el estrato i

Para suelo fino normalmente consolidado se tiene:

$$\Delta e = C_c * \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o}$$

$$S_C = \frac{C_c * H_c}{1 + e_o} * \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o}$$

Donde:

Cc= índice de compresión
$\Delta\sigma'$ (i)=Incremento en el esfuerzo efectivo a la mitad del estrato
eo= Relación de vacíos inicial del estrato
Hc= Espesor del estrato

Variables usadas de cálculo:

Nivel freático, Nf[m]=	1.90
Prof. Desplante, D[m]=	1.00 + 0.40
Ancho de la Cimentación, B[m]=	1.00
Largo de la Cimentación, L[m]=	1.00
Carga aplicada, P[kN]=	110

Resumen parámetros de los materiales:

Descripción:	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda
Profundidad:	Desde: 1.40 m – Análisis
Peso unitario, Y[KN/m^3]=	18.43
eo	0.610
Cc	0.010
Cr	0.001
OCR	1.05

Sc	
(cm)	(mm)
2.71	27.07

6.6.3 Asentamientos totales

Considerando el perfil de suelo presentado en los capítulos anteriores y las características de los estratos determinadas mediante los ensayos de laboratorio realizados, los asentamientos totales calculados constituyen un valor de 3.94 cm los cuales son menores a 30.0 cm que es el valor máximo permitido según lo especificado por NSR-10 Titulo H.4.9.2.

7 RECOMENDACIONES

Las características de los suelos encontrados en el sitio de estudio permiten establecer una serie de comentarios finales y recomendaciones que se deben tener en cuenta en los procesos de diseño y construcción de las fundaciones que se pretendan realizar.

7.1 Para diseño

- El tipo de fundación corresponde a zapatas aisladas y vigas de amarre.

- La profundidad de apoyo es a 1.00 metro de profundidad respecto al nivel del terreno, sobre un mejoramiento de 0.40 metros en concreto ciclópeo de tal forma que la cimentación quede soportada por el estrato de Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda.

- La capacidad portante admisible en condición estática es de 110.88 KPa y en condición dinámica de 141.52 KPa.

- Los asentamientos totales calculados como la suma de los inmediatos y los que se dan a través del tiempo constituyen un valor de 3.94 cm.

7.2 Para protección de Edificaciones Vecinas

Teniendo en cuenta el numeral H.2.2.2.1 (f) de NSR-10, el ingeniero geotecnista bajo su criterio estima necesario generar las siguientes recomendaciones.

- Las cargas generadas para las excavaciones son para estructuras de categoría baja.

- En los puntos donde se realicen excavaciones aledañas a las edificaciones vecinas y se pretendan dejar expuestas durante un largo tiempo, se debe conformar un talud a 45 grados en material de recebo y ser cubierto para evitar la infiltración de agua con el fin de contrarrestar empujes generados por la edificación vecina y por el suelo.

- Si se evidencia la posible falla de una de las trincheras, como plan de contingencia inicialmente se deben agregar puntales intermedios a los existentes tanto horizontales como verticales, igualmente reducir si es posible el largo de la trinchera.

- Si persiste el problema es necesario generar tablestacados contra la edificación vecina, de acero laminado que pueden tener forma de Z, arco profundo o bajo y alma recta, anclados a 2 m de profundidad por debajo del nivel final de cimentación definido.

- Este tablestacado debe rellenarse contra la edificación vecina con lechada de concreto con el fin de generar un sello y evitar perdida de material de suelo y agua en la edificación vecina. Igualmente será necesaria la realización de instrumentación y monitoreo de la posible variación de propiedades esfuerzo deformación de los suelos de apoyo.

7.3 Antes de la construcción

- Las humedades naturales de los materiales son mayores a las humedades de equilibrio, pero se hace necesario realizar un control sobre el flujo de aguas que afecte el proyecto durante cualquiera de sus etapas pues este es uno de los factores claves para reducir el fenómeno de expansión y garantizar la estabilidad y funcionalidad de la estructura.

- Se recomienda la realización de actas de vecindad de las edificaciones vecinas con el fin de determinar si se pueden presentar daños a estas por la construcción a realizar.

7.4 Durante la construcción

Para el inicio de las obras debe garantizarse un área libre de materiales orgánicos y otros residuos, a la vez que se considera que el material que sea extraído en el corte o excavaciones requeridas no puede ser utilizado como material de relleno, por lo cual debe garantizarse su disposición final y tener controlados los tiempos y volúmenes de los mismos.

Se deberá localizar topográficamente la cimentación, se considera una de las etapas más importantes dentro del proceso constructivo, pues cualquier error en la demarcación de los ejes o niveles puede generar reparaciones costosas.

La topografía se debe indicar de forma clara, con referencias exteriores a la zona de trabajo, para evitar que como es factible se pierdan a ras de tierra debido al movimiento del equipo pesado.

7.5 Características del material de relleno y compactación

Si se requiere de un material de Mejoramiento para el emplazamiento de la construcción o levantamiento de la misma, el material de relleno deberá ser caracterizado de acuerdo con los lineamientos normativos para material tipo Afirmado, para el cual deberá cumplir con las siguientes características:

- Tamaño máximo 1 1/2"
- Pasa malla 200 máx. 25%
- Índice de plasticidad máx. 9%.
- Desgaste en la máquina de los ángeles máx. 50%.

Para la ejecución de los trabajos de compactación deberá seguirse el siguiente procedimiento:

- El material de mejoramiento debe extenderse
- Nivelarse con equipo disponible
- Humedecerse hasta que alcance la humedad óptima o muy cerca
- Compactarse hasta alcanzar la densidad de diseño
- Realizar verificación del porcentaje de compactación, el cual deberá ser ≥ 95%, mediante pruebas de determinación de densidad y humedad.

7.6 Sistema constructivo

Se recomienda entonces construir las cimentaciones que se requieran por el sistema de trincheras así:

- Se prepara el sitio, limpieza del área, nivelar el terreno y establecer puntos de referencia para la colocación precisa.

- Se realiza la excavación en trincheras. El talud se protege de la intemperie y la lluvia, y se deja una cuneta de coronación temporal para conducir las aguas lluvias. Igualmente es necesario mantener un bombeo constante del agua de la excavación.

- Se excavan los baches verticalmente, en secciones de no más de 2.00 m de longitud en planta y 1.00 metros de profundidad con apuntalamientos permanentes hasta llegar el nivel de fundación definido.

- Se perfilan taludes o paredes manualmente para garantizar las dimensiones de los cimientos requeridos.

- Se instalan mejoramientos en piedra rajón compactadas en capas de 0.20 metros de acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente, seguido de la instalación del material de base el cual deberá ser ≥ 95% del Proctor.

- Al día siguiente de la instalación de mejoramientos se hace el armado (Aceros y cimbrado), del elemento de cimentación o en el primer tramo de trinchera para los muros.

- Instalación de concretos en la cimentación o en el tramo de trinchera.

- Este procedimiento se debe repetir en la medida en que se avance en la construcción del cimiento o muro desde la parte más inferior.

- Alternativamente a este sistema constructivo recomendado, se puede hacer la excavación en todo el perímetro hasta el nivel de formación, dejando taludes a no más de 45°.

7.7 Controles de obra

- El material que sea extraído de cortes no debe utilizarse como relleno, no es apto para labores de mejoramiento o conformación de rellenos que den apoyo a obras civiles.

- En caso de encontrar materiales distintos a los descritos en el presente estudio, se deberá validar dicho hallazgo con la realización de estudios complementarios.

- Control del porcentaje de compactación y calidad de los agregados a emplear.

- Ante cualquier eventualidad o evidencia de ocurrencia de algún fenómeno geotécnico será necesaria la realización de instrumentación y monitoreo de la posible variación de propiedades esfuerzo-deformación de los suelos de apoyo.

7.8 Control de flujo de agua y prevención para suelos expansivos

- El suelo encontrado en campo corresponde a materiales de Media y Baja expansión, se hace fundamental impermeabilizar la zona y manejar adecuadamente las aguas evitando la infiltración al terreno.

- El proyecto deberá contar con un sistema de disposición y evacuación de aguas eficiente, que evite al máximo la infiltración del agua lluvia al terreno natural y la erosión del mismo.

- Se deberá fijar adecuadamente los niveles de desagüe, accesos, pistas, acequias y otros.

- Se deben realizar cunetas, filtros y andenes perimetrales con el fin de garantizar un adecuado control de los flujos provenientes de la precipitación como de los producidos por escorrentía; por lo tanto, las aguas deben conducirse por drenes, cunetas y alcantarillas hasta sitios donde no representen riesgo para las cimentaciones.

8 CONCLUSIONES

- Con base en las exploraciones realizadas en el sitio de estudio, se puede definir para esta zona la presencia de materiales correspondientes principalmente a estratos de Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda.

- Durante la realización de las exploraciones se evidencio la presencia de nivel freático.

- El terreno presenta condiciones de expansividad entre Medio y Bajo, se hace necesario canalizar adecuadamente las aguas provenientes de la precipitación y evitar su infiltración, contralando la expansión del material.

- Se deben realizar necesariamente cunetas, filtros y andenes perimetrales con el fin de garantizar un adecuado control de los flujos provenientes de la precipitación como de los producidos por escorrentía; por lo tanto, las aguas deben conducirse por drenes, cunetas y alcantarillas hasta sitios donde no representen riesgo para las cimentaciones.

- Las excavaciones no deben permanecer indefinidamente expuestas a la intemperie, los cambios de humedad modifican la consistencia del suelo y aumentan su potencial de expansión. Mientras la excavación permanezca abierta, el talud deberá contenerse mediante entibado temporal, que brinde estabilidad al terreno. Se deben tapar las excavaciones con plástico, con el fin de evitar que se deposite agua en las mismas, evitando así el uso de sistemas de bombeo y reblandecimiento del suelo de fundación. Igualmente se deben disponer zanjas interconectadas en el fondo que lleven el agua a un cárcamo situado a un nivel inferior del resto de la excavación. En el cárcamo la cota del agua debe mantenerse suficientemente baja para que el nivel de agua libre en el perfil de suelo adyacente quede por debajo del fondo de la excavación, con el fin de evitar inestabilidad en el pie de los taludes y paredes excavadas.

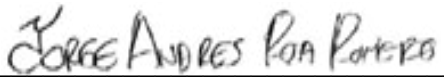
- De acuerdo a las características del terreno, se considera que existe el riesgo de falla en las excavaciones, por lo cual se debe tener precaución y estas se deben realizar con entibados y según las recomendaciones.

- Se espera que en el escenario después de la construcción, las estructuras no superen los asentamientos máximos aquí propuestos ni las presiones de expansión y capacidad portante determinadas, debido a cambios en las estructuras de drenaje o a la inducción de presiones adicionales que puedan modificar el comportamiento de los materiales, con lo cual se garantiza que la estructura será funcional y segura de acuerdo con los lineamientos de la norma sismo resistente vigente.

- La mayor cantidad de asentamientos se presentarán durante el primer año de construcción de la edificación.

- Ante cualquier eventualidad o evidencia de ocurrencia de algún fenómeno geotécnico será necesaria la realización de instrumentación y monitoreo de la posible variación de propiedades esfuerzo-deformación de los suelos de apoyo.

- Los resultados y recomendaciones del presente estudio son consecuencia lógica de observaciones y mediciones en campo y laboratorio, las cuales tienen como soporte fundamental la investigación puntual del sitio en concretos del área de la obra, tales resultados muestran un suelo homogéneo en resistencia, y en propiedades índice; sin embargo, puede ocurrir que durante las excavaciones para los cimientos se encuentren suelos con propiedades diferentes de las anunciadas en el presente informe, para tal situación se recomienda análisis complementario en cada punto en divergencia por parte del geotecnista.



ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC
Ingeniero Civil
Especialista en Geotecnia Vial
Especialista en Estructuras

9 ANEXOS

9.1 Anexo A. Fotografías








2629
2628
2635
























SONDEO 1




SONDEO 1


SONDEO 1


SONDEO 2


SONDEO 2




SONDEO 2


SONDEO 3


SONDEO 3


SONDEO 3


SONDEO 3

9.2 Anexo B. Documentos Consultor

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

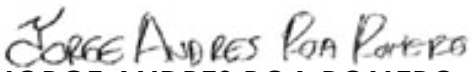
Señores.
ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA
Ciudad.

Yo **JORGE ANDRES ROA ROMERO** Ingeniero Civil con Matrícula Profesional **M.P 15202-268366 BYC,** debidamente registrado en el consejo profesional nacional de Ingeniería, presentó este documento referente al ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO DEL MUNICIPIO DE AQUITANIA, BOYACÁ - ESTUDIO DE SUELOS**.**

Acepto la responsabilidad del concepto técnico implícito en este documento según lo establecido en los artículos, 28 de la ley 400 para la experiencia e idoneidad del consultor de geotecnia.

Cualquier modificación parcial o total de los conceptos dados y/o del no cumplimiento de las Normas Técnicas de Construcción Colombianas, exime de toda responsabilidad al consultor y hace responsable de la estabilidad y normal funcionamiento de la obra directamente al propietario y al constructor por las posibles modificaciones.

Atentamente,



JORGE ANDRES ROA ROMERO
15202-268366 BYC
Ing. Civil
Especialista en Estructuras y en Geotecnia Vial


REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

MATRÍCULA PROFESIONAL No.
15202-268366 BYC
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 24/01/2014
JORGE ANDRES
ROA ROMERO
C.C. 1049622654
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO


REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.049.622.654
ROA ROMERO
APELLIDOS
JORGE ANDRES
NOMBRES

FIRMA


FECHA DE NACIMIENTO 23-SEP-1990
TUNJA
(BOYACA)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.70 ESTATURA
O+ G.S. RH
M SEXO
30-SEP-2008 TUNJA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES
INDICE DERECHO
P-0700100-00138253-M-1049622654-20081217 0008209556A 1 30198274



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante Decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Jorge Andrés Roa Romero

C. C. Nº 1.049.622.654 de Tunja (Boyacá)

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Especialista
en Geotecnia Vial

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 3 días del mes de julio de 2014

Admisiones y Control de Registro Académico
Diploma No. 85128
Libro de Registro No. 49
Folio No. 361
Fecha 03-07-2014

Rector — Secretario General — Decano — Coordinador



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante Decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Jorge Andrés Roa Romero

C. C. Nº 1.049.622.654 de Tunja (Boyacá)

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Ingeniero Civil

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 12 días del mes de diciembre de 2013

Admisiones y Control de Registro Académico
Diploma No. 82578
Libro de Registro No. 48
Folio No. 619
Fecha 12-12-2013

Rector — Secretario General — Decano — Coordinador

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería
COPNIACOPNIACOPNIACO

9.3 Anexo C. Ensayos de Laboratorio

EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA - CARTERA DE CAMPO

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

Código: LAB_01
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA

ORDEN: ES. 568
FECHA: AGO/2025

PROFUNDIDAD	SONDEO 1			DESCRIPCIÓN	PENETROMETRO	SPT			
	M. Alterada	M. Inalterada	Cod. Muestra		Kgf/cm²	N15	N30	N45	TOTAL
0.00 m - 0.50 m	---	---	---	Capa de Asfalto - Material de Recebo	---	---	---	---	---
0.50 m - 1.20 m	S1M1	---	2626	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	---	---	---	---	---
1.20 m - 1.90 m	---	S1M2	2627	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	1.00	---	---	---	---
1.90 m - 2.60 m	---	S1M3	2628	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---
2.60 m - 3.30 m	---	S1M4	2629	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda - N.F. a 3.30 metros	0.50	---	---	---	---
3.30 m - 4.00 m	---	S1M5	2630	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---
4.00 m - 4.70 m	---	S1M6	2631	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	1.00	---	---	---	---
4.70 m - 5.40 m	---	S1M7	2632	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---
5.40 m - 6.10 m	---	S1M8	2633	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---

PROFUNDIDAD	SONDEO 2			DESCRIPCIÓN	PENETROMETRO	SPT			
	M. Alterada	M. Inalterada	Cod. Muestra		Kgf/cm²	N15	N30	N45	TOTAL
0.00 m - 0.50 m	---	---	---	Capa de Asfalto - Material de Recebo	---	---	---	---	---
0.50 m - 1.20 m	S2M1	---	2634	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda - N.F. a 1.20 metros	---	---	---	---	---
1.20 m - 1.90 m	---	S2M2	2635	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---
1.90 m - 2.60 m	---	S2M3	2636	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---
2.60 m - 3.30 m	---	S2M4	2637	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---

PROFUNDIDAD	SONDEO 3			DESCRIPCIÓN	PENETROMETRO	SPT			
	M. Alterada	M. Inalterada	Cod. Muestra		Kgf/cm²	N15	N30	N45	TOTAL
0.00 m - 0.50 m	---	---	---	Capa de Asfalto - Material de Recebo	---	---	---	---	---
0.50 m - 1.20 m	S3M1	---	2638	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda - N.F. a 1.20 metros	---	---	---	---	---
1.20 m - 1.90 m	---	S3M2	2639	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---
1.90 m - 2.60 m	---	S3M3	2640	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---
2.60 m - 3.30 m	---	S3M4	2641	Matriz de suelo fino con arena de color marrón y gris de consistencia media a blanda	0.50	---	---	---	---

Jorge Andres Roa Romero

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

HUMEDAD NATURAL I.N.V. E - 122 - 13

Código: LAB_02
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ **ORDEN:** ES. 568
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA **FECHA:** AGO/2025

Sondeo	Cod. Muestra	Profundidad (m)	Cápsula N°	Peso Cápsula (g)	Peso Cápsula + Muestra Humeda (g)	Peso Cápsula + Muestra Seca (g)	Humedad (%)	Humedad Prom. (%)
1	2626	1.20	952	43.10	1045.20	843.60	25.18	
1	2627	1.90	954	43.80	1161.70	921.40	27.38	
1	2628	2.60	973	44.30	561.60	448.60	27.95	
1	2629	3.30	900	46.90	863.10	675.00	29.95	
1	2630	4.00	983	45.90	1239.80	966.60	29.67	30.22
1	2631	4.70	938	57.40	1264.50	941.00	36.61	
1	2632	5.40	978	42.70	1228.10	944.20	31.49	
1	2633	6.10	994	47.00	1114.80	846.70	33.53	
2	2634	1.20	904	49.20	1027.00	778.50	34.07	
2	2635	1.90	951	44.20	747.90	545.10	40.49	
2	2636	2.60	939	57.70	623.20	449.10	44.48	39.07
2	2637	3.30	969	45.90	994.90	737.30	37.26	
3	2638	1.20	931	57.10	998.60	872.30	15.49	
3	2639	1.90	916	50.20	869.20	728.20	20.80	
3	2640	2.60	923	52.80	904.20	756.90	20.92	19.78
3	2641	3.30	936	48.30	1017.30	843.10	21.92	

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

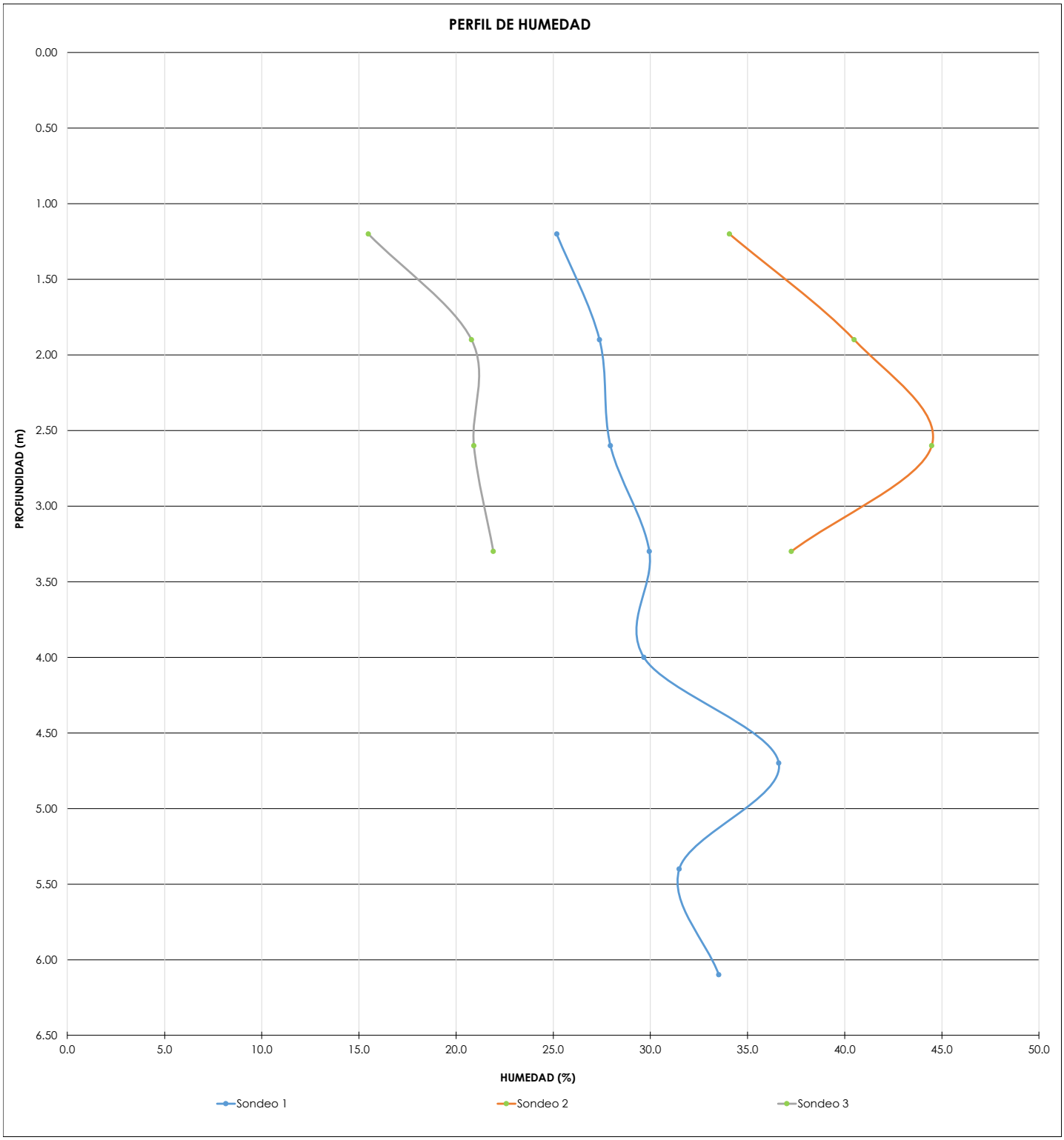
SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

HUMEDAD NATURAL I.N.V. E - 122 - 13

Código: LAB_02
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA

ORDEN: ES. 568
FECHA: AGO/2025



APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

LAVADO SOBRE TAMÍZ N° 200 I.N.V. E - 123 - 13

Código: LAB_03
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ **ORDEN:** ES. 568
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA **FECHA:**AGO/2025

Sondeo	Cod. Muestra	Profundidad (m)	Cápsula N°	Peso Cápsula (g)	Peso Cápsula + Muestra Sin Lavar (g)	Peso Cápsula + Muestra Lavada (g)	Peso cap + Muestra Ret. Tamíz N°4	Peso de Finos (g)	% Fino	% Arena	% Grava	Tipo de Material
1	2627	1.90	06B	46.40	204.10	95.90	46.40	108.20	68.61	31.39	0.00	FINO
1	2632	5.40	14	50.30	214.60	112.80	50.30	101.80	61.96	38.04	0.00	FINO
2	2636	2.60	34B	67.20	204.00	127.10	67.20	76.90	56.21	43.79	0.00	FINO
3	2640	2.60	33	74.80	260.80	152.30	74.80	108.50	58.33	41.67	0.00	FINO

APROBO: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

LÍMITES DE ATTERBERG INV E - 125 - 13 y E - 126 -13

Código: LAB_05
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.

LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA **ORDEN:** ES. 568

PRESENTADO A: **FECHA:** AGO/2025

COD MUESTRA: 2627

HUMEDAD NATURAL

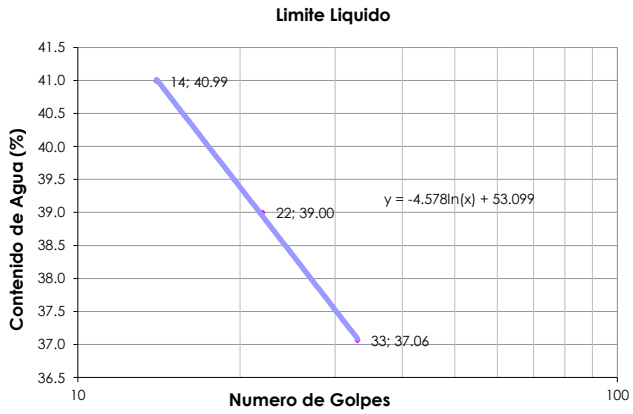
Nº Capsula	954
Peso Capsula (g)	43.80
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1161.70
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	921.40
Contenido de Agua (%)	27.38

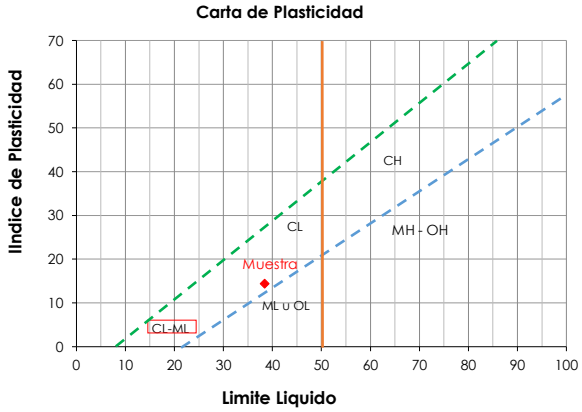
LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo	1	2	3
Numero de Golpes	14	22	33
Numero de Capsula	135	202	210
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	38.76	39.6	47.69
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	31.73	32.58	38.58
Peso Capsula (g)	14.58	14.58	14
Contenido de Agua (%)	40.99	39.00	37.06

LÍMITE PLÁSTICO

Ensayo	1	2
Numero de Capsula	16	737
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	26.29	29.61
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	22.77	25.57
Peso Capsula (g)	8.14	8.57
Contenido de Agua (%)	24.06	23.76





Limite Liquido: 38.36
Limite Plastico: 23.91
Indice de Plasticidad: 14.45

Indice de Liquidez: 0.2401
Comportamiento: Plástico
Clasificacion: **CL**

Observacion: Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas dobles, arcillas limosas; con un límite liquido menor a 50.

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

LÍMITES DE ATTERBERG INV E - 125 - 13 y E - 126 -13

Código: LAB_05
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.

LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA
ORDEN: ES. 568
PRESENTADO A:
FECHA: AGO/2025

COD MUESTRA: 2632

HUMEDAD NATURAL

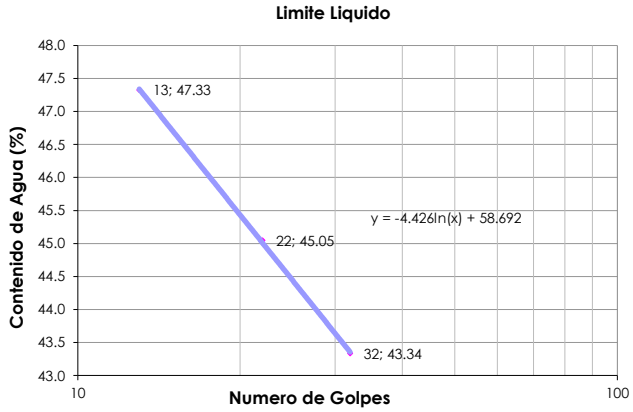
Nº Capsula	978
Peso Capsula (g)	42.70
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1228.10
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	944.20
Contenido de Agua (%)	31.49

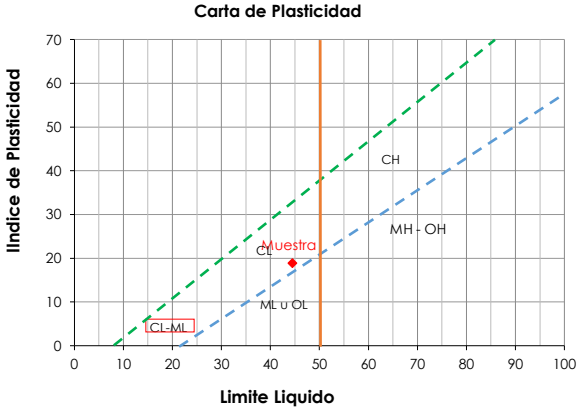
LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo	1	2	3
Numero de Golpes	13	22	32
Numero de Capsula	6	15	715
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	35.65	36.82	43.25
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	29.01	28.91	34.96
Peso Capsula (g)	14.98	11.35	15.83
Contenido de Agua (%)	47.33	45.05	43.34

LÍMITE PLÁSTICO

Ensayo	1	2
Numero de Capsula	115	116
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	25.42	25.51
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	21.81	21.94
Peso Capsula (g)	7.63	8.02
Contenido de Agua (%)	25.46	25.65





Limite Liquido: 44.45
Limite Plastico: 25.55
Indice de Plasticidad: 18.89

Indice de Liquidez: 0.3144
Comportamiento: Plástico
Clasificacion: **CL**

Observacion: Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas dobles, arcillas limosas; con un límite liquido menor a 50.

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

LÍMITES DE ATTERBERG INV E - 125 - 13 y E - 126 -13

Código: LAB_05
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.

LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA **ORDEN:** ES. 568

PRESENTADO A: **FECHA:** AGO/2025

COD MUESTRA: 2636

HUMEDAD NATURAL

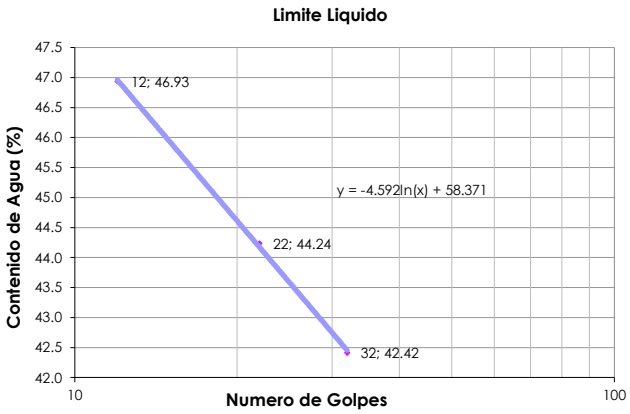
Nº Capsula	939
Peso Capsula (g)	57.70
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	623.20
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	449.10
Contenido de Agua (%)	44.48

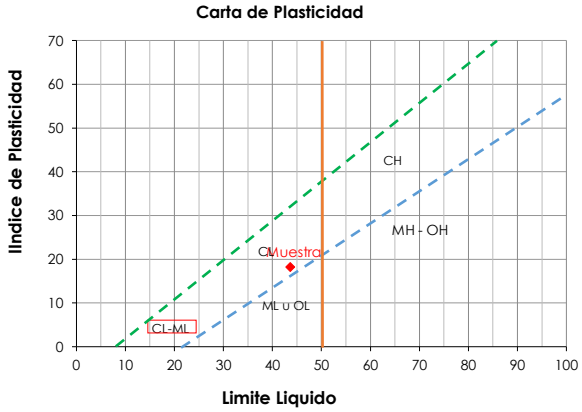
LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo	1	2	3
Numero de Golpes	12	22	32
Numero de Capsula	736	743	745
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	38.94	41.85	50.36
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	31.59	33.71	40.07
Peso Capsula (g)	15.93	15.31	15.81
Contenido de Agua (%)	46.93	44.24	42.42

LÍMITE PLÁSTICO

Ensayo	1	2
Numero de Capsula	4	724
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	26.31	26.45
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	22.25	22.89
Peso Capsula (g)	6.34	8.74
Contenido de Agua (%)	25.52	25.16





Limite Liquido: 43.59
Limite Plastico: 25.34
Indice de Plasticidad: 18.25

Indice de Liquidez: 1.0489
Comportamiento: Flujo Viscoso
Clasificacion: **CL**

Observacion: Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas dobles, arcillas limosas; con un límite liquido menor a 50.

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

LÍMITES DE ATTERBERG INV E - 125 - 13 y E - 126 -13

Código: LAB_05
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.

LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA

ORDEN: ES. 568
FECHA: AGO/2025

PRESENTADO A:

COD MUESTRA: 2640

HUMEDAD NATURAL

Nº Capsula	923
Peso Capsula (g)	52.80
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	904.20
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	756.90
Contenido de Agua (%)	20.92

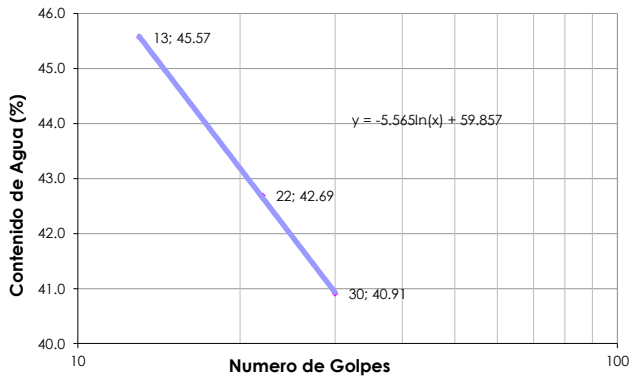
LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo	1	2	3
Numero de Golpes	13	22	30
Numero de Capsula	705	911	909
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	45.22	39.62	37.59
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	35.65	32.26	31.02
Peso Capsula (g)	14.65	15.02	14.96
Contenido de Agua (%)	45.57	42.69	40.91

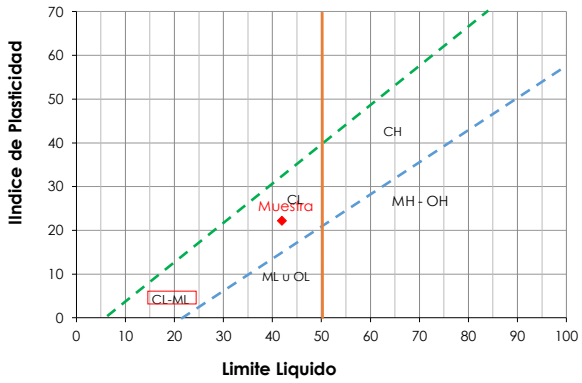
LÍMITE PLÁSTICO

Ensayo	1	2
Numero de Capsula	721	702
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	22.36	21.59
Peso Capsula + Suelo Seco (g)	20.03	19.52
Peso Capsula (g)	8.26	9.02
Contenido de Agua (%)	19.80	19.71

Limite Liquido



Carta de Plasticidad



Limite Liquido:	41.95	**Indice de Liquidez:**	0.0525
Limite Plastico:	19.76	**Comportamiento:**	Plástico
Indice de Plasticidad:	22.19	**Clasificacion:**	**CL**

Observacion: Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas dobles, arcillas limosas; con un límite liquido menor a 50.

Jorge Andres Roa Romero

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

COMPRESION INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS I.N.V. E - 152

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

Código: LAB_07
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA

ORDEN: ES. 568
FECHA: AGO/2025

Cod. Muestra: 2628

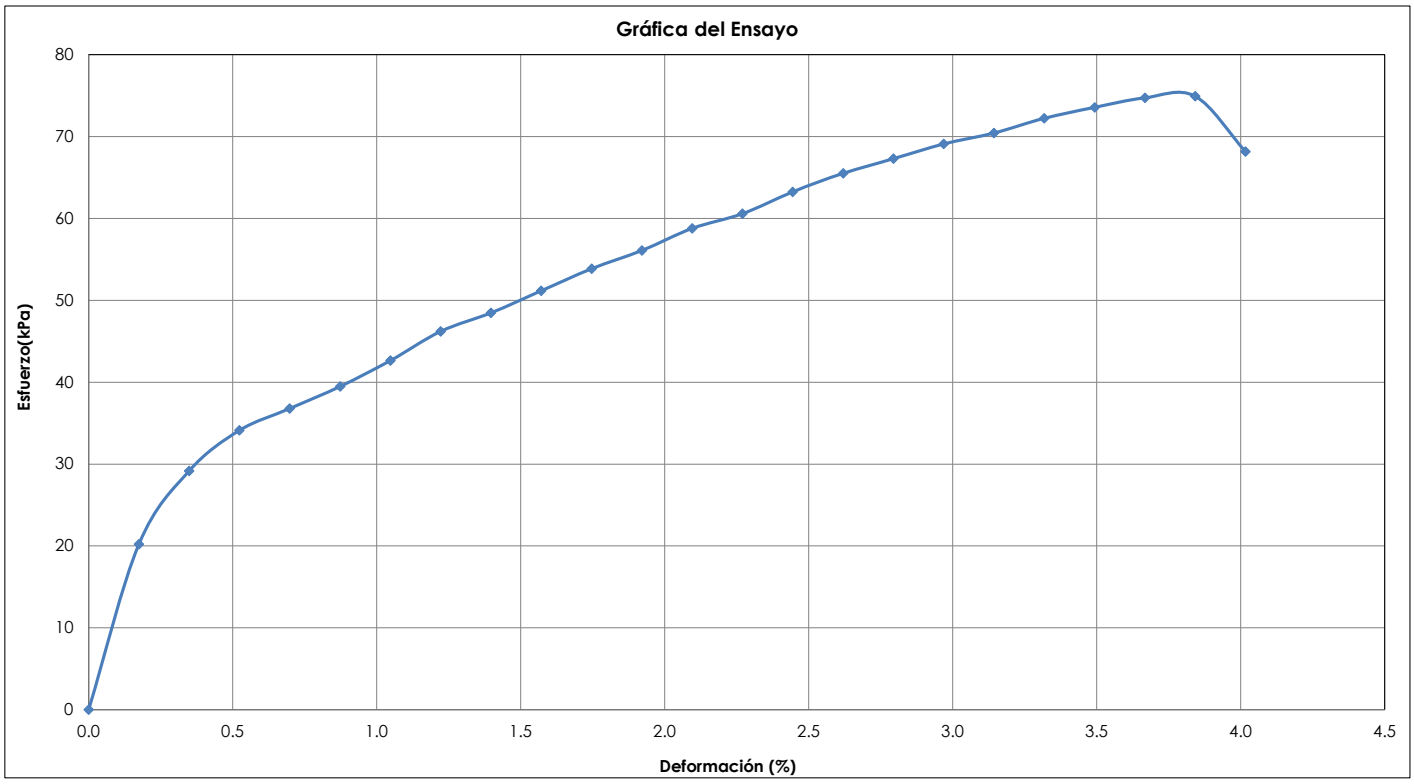
DIMENSIONES DE LA PROBETA

Diámetro 1 (mm):	53.00
Diámetro 2 (mm):	53.20
Diámetro 3 (mm):	53.60
Diámetro prom (mm):	53.27
Altura 1 (mm):	116.40
Altura 2 (mm):	116.30
Altura prom (mm):	116.35

PROPIEDADES

W probeta (g):	469.6
Área inicial (mm^2):	2228.4
Vol probeta (cm^3):	259.28
γ Total (KN/m^3):	18.11

DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	ÁREA CORREG (mm^2)	FUERZA (kN)	ESFUERZO (kPa)
0.00	0.00	2228.44	0.000	0.00
0.20	0.17	2228.48	0.045	20.19
0.41	0.35	2228.52	0.065	29.17
0.61	0.52	2228.56	0.076	34.10
0.81	0.70	2228.60	0.082	36.79
1.02	0.87	2228.63	0.088	39.49
1.22	1.05	2228.67	0.095	42.63
1.42	1.22	2228.71	0.103	46.22
1.63	1.40	2228.75	0.108	48.46
1.83	1.57	2228.79	0.114	51.15
2.03	1.75	2228.83	0.120	53.84
2.24	1.92	2228.87	0.125	56.08
2.44	2.10	2228.91	0.131	58.77
2.64	2.27	2228.95	0.135	60.57
2.84	2.45	2228.98	0.141	63.26
3.05	2.62	2229.02	0.146	65.50
3.25	2.79	2229.06	0.150	67.29
3.45	2.97	2229.10	0.154	69.09
3.66	3.14	2229.14	0.157	70.43
3.86	3.32	2229.18	0.161	72.22
4.06	3.49	2229.22	0.164	73.57
4.27	3.67	2229.26	0.167	74.73
4.47	3.84	2229.30	0.167	74.91
4.67	4.02	2229.34	0.152	68.18



PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia máxima "qu" (kPa): **74.9**
Cohesión no drenada "Cu" (kPa): **37.5**
Modulo de elasticidad "E" (kPa): **5138.5**
Tipo de Falla: **Oblicua**

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

COMPRESION INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS I.N.V. E - 152

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

Código: LAB-07
Versión: 006
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA

ORDEN: ES. 568
FECHA: AGO/2025

Cod. Muestra: 2629

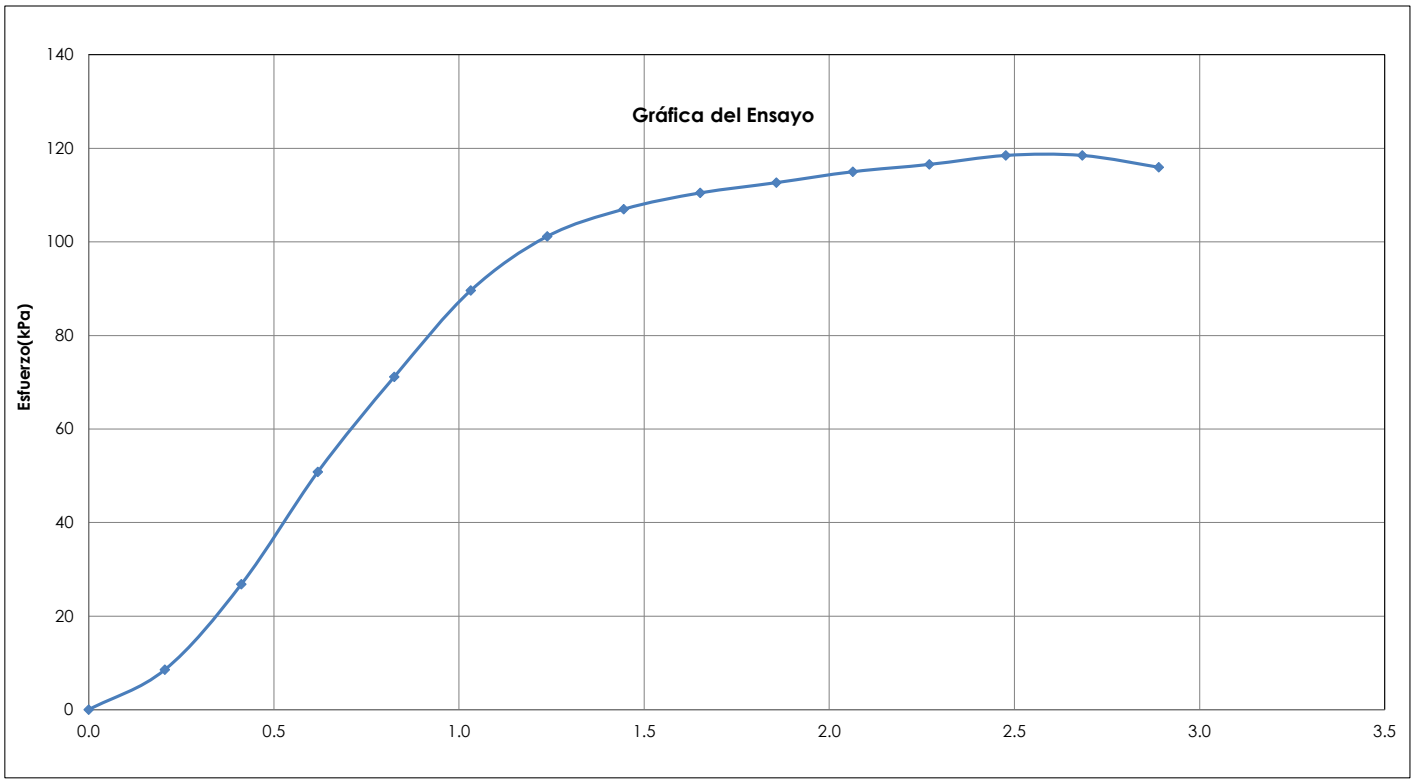
DIMENSIONES DE LA PROBETA

Diámetro 1 (mm):	52.90
Diámetro 2 (mm):	52.40
Diámetro 3 (mm):	52.20
Diámetro prom (mm):	52.50
Altura 1 (mm):	110.50
Altura 2 (mm):	111.00
Altura prom (mm):	110.75

PROPIEDADES

W probeta (g):	437.5
Área inicial (mm^2):	2164.8
Vol probeta (cm^3):	239.75
γ Total (KN/m^3):	18.25

DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	ÁREA CORREG (mm^2)	FUERZA (kN)	ESFUERZO (kPa)
0.00	0.00	2164.75	0.000	0.00
0.23	0.21	2164.80	0.019	8.55
0.46	0.41	2164.84	0.058	26.79
0.69	0.62	2164.89	0.110	50.81
0.91	0.83	2164.93	0.154	71.13
1.14	1.03	2164.98	0.194	89.61
1.37	1.24	2165.02	0.219	101.15
1.60	1.44	2165.07	0.232	106.97
1.83	1.65	2165.11	0.239	110.43
2.06	1.86	2165.16	0.244	112.65
2.29	2.06	2165.20	0.249	115.00
2.51	2.27	2165.25	0.252	116.52
2.74	2.48	2165.29	0.257	118.46
2.97	2.68	2165.33	0.257	118.46
3.20	2.89	2165.38	0.251	115.92



PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia máxima "qu" (kPa): **118.5**
Cohesión no drenada "Cu" (kPa): **59.2**
Modulo de elasticidad "E" (kPa): **8839.6**
Tipo de Falla: **Oblicua**

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

COMPRESION INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS I.N.V. E - 152

Código: LAB_07
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA

ORDEN: ES. 568
FECHA: AGO/2025

Cod. Muestra: 2635

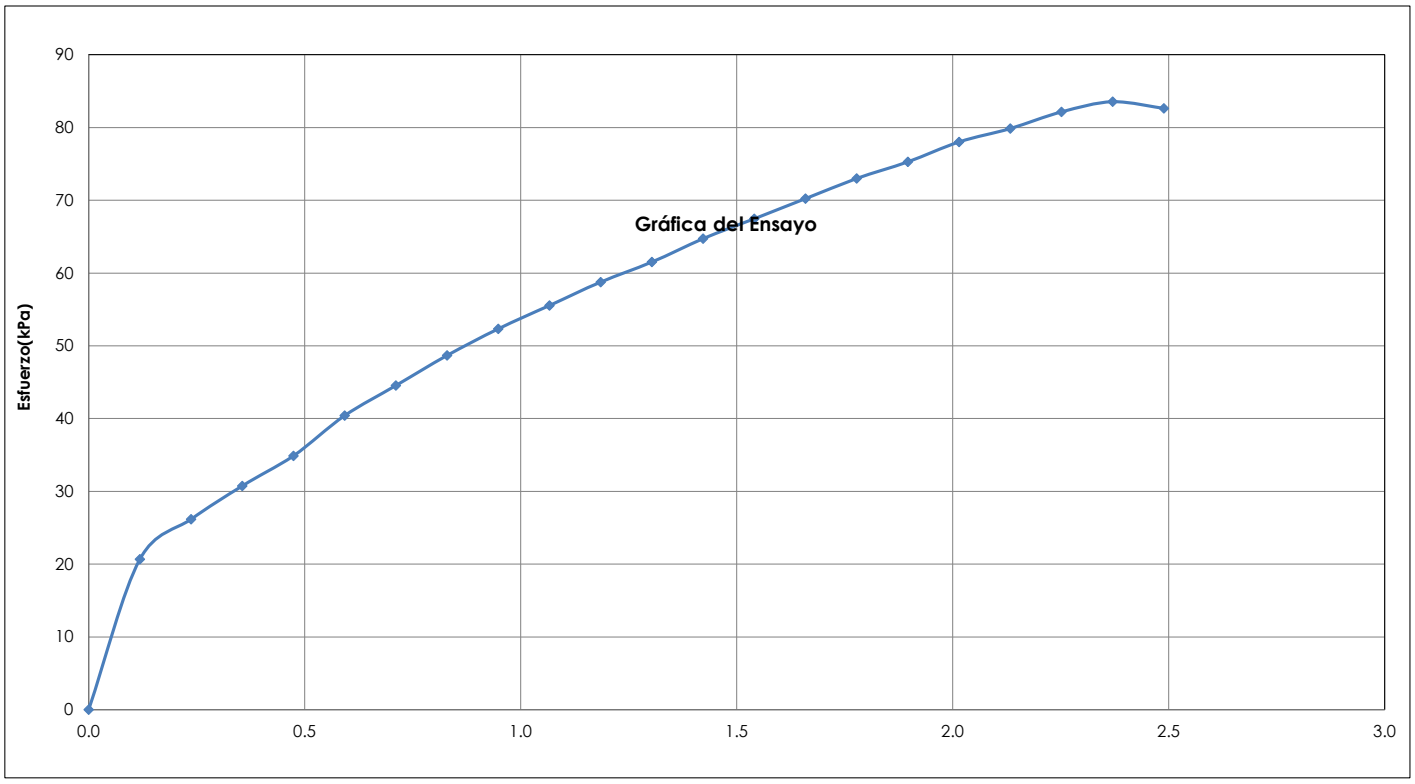
DIMENSIONES DE LA PROBETA

Diámetro 1 (mm):	52.50
Diámetro 2 (mm):	52.70
Diámetro 3 (mm):	52.80
Diámetro prom (mm):	52.67
Altura 1 (mm):	106.80
Altura 2 (mm):	107.50
Altura prom (mm):	107.15

PROPIEDADES

W probeta (g):	451.7
Área inicial (mm^2):	2178.5
Vol probeta (cm^3):	233.43
γ Total (KN/m^3):	19.35

DEFORMACIÓN (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	ÁREA CORREG (mm^2)	FUERZA (kN)	ESFUERZO (kPa)
0.00	0.00	2178.52	0.000	0.00
0.13	0.12	2178.55	0.045	20.66
0.25	0.24	2178.57	0.057	26.16
0.38	0.36	2178.60	0.067	30.75
0.51	0.47	2178.62	0.076	34.88
0.64	0.59	2178.65	0.088	40.39
0.76	0.71	2178.67	0.097	44.52
0.89	0.83	2178.70	0.106	48.65
1.02	0.95	2178.73	0.114	52.32
1.14	1.07	2178.75	0.121	55.54
1.27	1.19	2178.78	0.128	58.75
1.40	1.30	2178.80	0.134	61.50
1.52	1.42	2178.83	0.141	64.71
1.65	1.54	2178.86	0.147	67.47
1.78	1.66	2178.88	0.153	70.22
1.91	1.78	2178.91	0.159	72.97
2.03	1.90	2178.93	0.164	75.27
2.16	2.01	2178.96	0.170	78.02
2.29	2.13	2178.98	0.174	79.85
2.41	2.25	2179.01	0.179	82.15
2.54	2.37	2179.04	0.182	83.52
2.67	2.49	2179.06	0.180	82.60



PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia máxima "qu" (kPa): **83.5**
Cohesión no drenada "Cu" (kPa): **41.8**
Modulo de elasticidad "E" (kPa): **4647.1**
Tipo de Falla: **Oblicua**

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

CORTE DIRECTO I.N.V. E - 154 - 13

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

Código: LAB_08
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

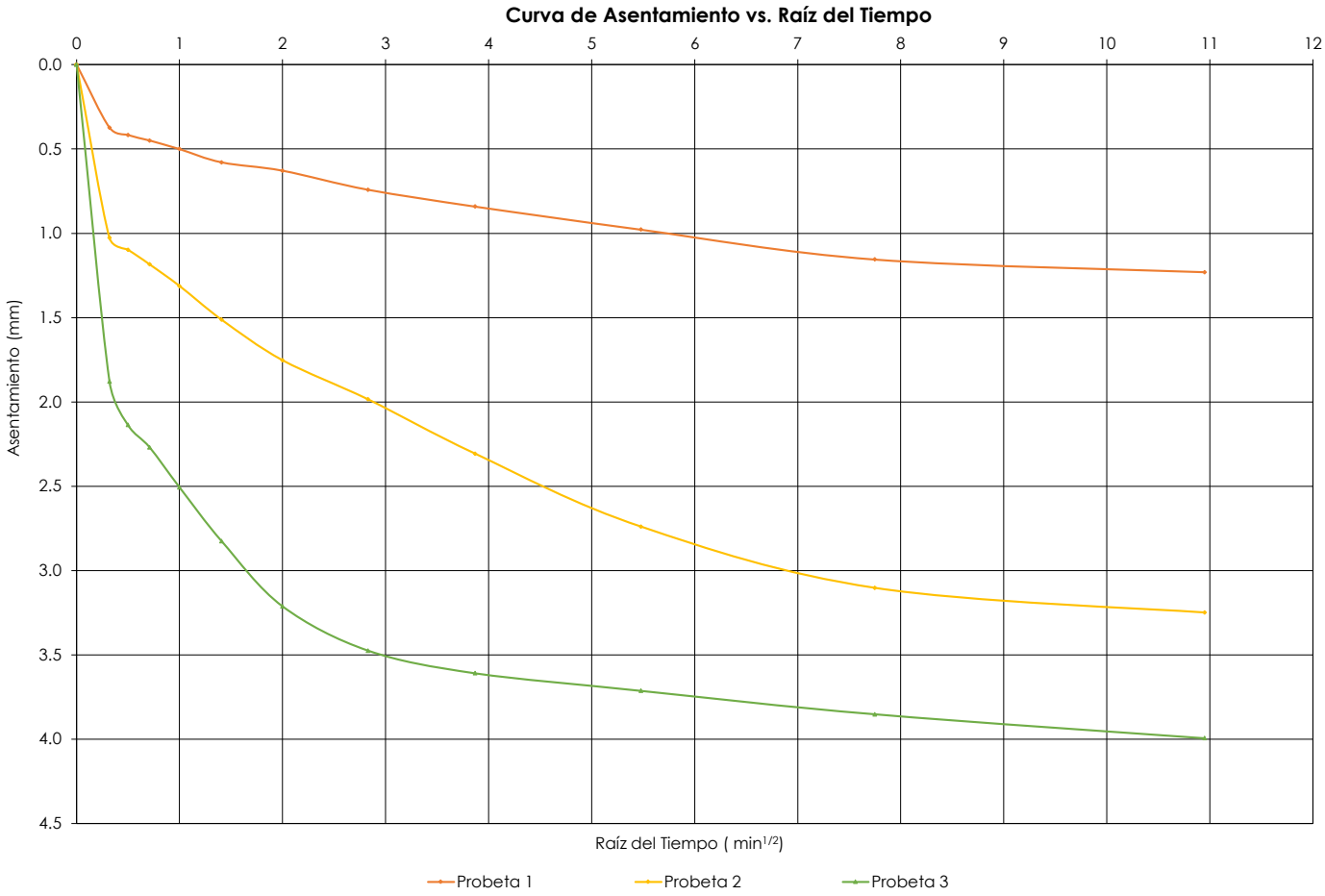
PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ **ORDEN:** ES. 568
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA **FECHA:** AGO/2025

Cod. Muestra: 2627 **Muestra:** Inalterada

Ensayo: Consolidado No drenado (CU)

Caracteristicas de las Probetas			
Probeta	**1**	**2**	**3**
Diámetro (mm)	50.70	50.33	50.33
Altura (mm)	26.35	26.40	26.40
Area (mm^2)	2018.9	1989.5	1989.5
Volumen (mm^3)	53197	52523	52523
Peso suelo Húmedo al inicio (g)	94.25	91.24	99.55
Peso suelo Saturado al Final (g)	94.58	87.79	92.23
Peso suelo Seco al Final (g)	70.5	61.14	75.33
Humedad Natural (%)	33.69	49.23	32.15
Humedad Saturada (%)	34.16	43.59	22.43
Peso unitario Total (g/cm^3)	1.77	1.74	1.90
Peso unitario Seco (g/cm^3)	1.33	1.16	1.43

Ensayo de Consolidacion				
Tiempo	**Raíz de Tiempo ($min^{1/2}$)**	**Probeta Deformacion Vertical (mm)**		
		1	**2**	**3**
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
6"	0.320	0.374	1.028	1.880
15"	0.500	0.418	1.098	2.137
30"	0.710	0.451	1.185	2.270
1'	1.000	0.501	1.313	2.507
2'	1.410	0.580	1.513	2.827
4'	2.000	0.629	1.753	3.212
8'	2.830	0.742	1.985	3.475
15'	3.870	0.842	2.308	3.609
30'	5.480	0.979	2.740	3.713
1 h	7.750	1.156	3.103	3.853
2 h	10.950	1.231	3.249	3.994
4 h	15.490			
8 h	21.910			
24 h	37.950			



SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

CORTE DIRECTO I.N.V. E - 154 - 13

Código: LAB_08
Versión: 003

Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ **ORDEN:** ES. 568
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA **FECHA:** AGO/2025

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Probeta 1						**Probeta 2**						**Probeta 3**					
Carga Normal (N)			**200**			Carga Normal (N)			**400**			Carga Normal (N)			**800**		
Esfuerzo normal (KPa)			**99.1**			Esfuerzo normal (kPa)			**201.1**			Esfuerzo normal (kPa)			**402.1**		
Vel desplazamiento (mm/min)			**0.495**			Vel desplazamiento (mm/min)			**0.467**			Vel desplazamiento (mm/min)			**0.516**		
Tiempo	**Deformación**		**Fuerza Cortante**	**Esfuerzo Cortante**	**Def. Uni Hor**	**Tiempo**	**Deformación**		**Fuerza Cortante**	**Esfuerzo Cortante**	**Def. Uni Hor**	**Tiempo**	**Deformación**		**Fuerza Cortante**	**Esfuerzo Cortante**	**Def. Uni Hor**
	Horizontal	**Vertical**					**Horizontal**	**Vertical**					**Horizontal**	**Vertical**			
min	**mm**	**mm**	**kN**	**kPa**	**%**	**min**	**mm**	**mm**	**kN**	**kPa**	**%**	**min**	**mm**	**mm**	**kN**	**kPa**	**%**
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.500	0.300	0.000	0.043	21.079	0.592	0.500	0.240	0.018	0.079	39.477	0.477	0.500	0.210	0.024	0.071	35.687	0.417
1.000	0.530	0.000	0.053	26.167	1.045	1.000	0.480	0.030	0.095	47.605	0.954	1.000	0.460	0.015	0.094	46.997	0.914
1.500	0.810	0.000	0.059	29.074	1.598	1.500	0.620	0.038	0.098	49.347	1.232	1.500	0.670	0.136	0.106	53.280	1.331
2.000	1.020	0.005	0.062	30.528	2.012	2.000	0.930	0.045	0.103	51.669	1.848	2.000	0.890	0.195	0.116	58.306	1.768
2.500	1.260	0.018	0.068	33.436	2.485	2.500	1.220	0.049	0.105	52.830	2.424	2.500	1.060	0.239	0.123	61.825	2.106
3.000	1.530	0.034	0.069	34.162	3.018	3.000	1.400	0.053	0.104	52.249	2.782	3.000	1.360	0.239	0.141	70.872	2.702
4.000	2.090	0.055	0.070	34.889	4.122	4.000	1.880	0.057	0.102	51.088	3.735	4.000	1.630	0.239	0.150	75.396	3.239
5.000	2.420	0.065	0.072	35.616	4.773	5.000	2.300	0.070	0.097	48.766	4.570	5.000	2.140	0.253	0.158	79.417	4.252
6.000	2.910	0.067	0.072	35.616	5.740	6.000	2.800	0.084	0.095	47.605	5.563	6.000	2.750	0.289	0.165	82.935	5.464
7.000	3.380	0.078	0.069	34.162	6.667	7.000	3.270	0.094	0.092	46.444	6.497	7.000	3.110	0.300	0.167	83.941	6.179
8.000	3.910	0.078	0.068	33.436	7.712							8.000	3.520	0.305	0.170	85.197	6.994
9.000	4.470	0.078	0.065	31.982	8.817							9.000	4.460	0.313	0.171	85.951	8.862
10.000	4.950	0.078	0.059	29.074	9.763							10.000	5.160	0.326	0.169	84.946	10.252

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

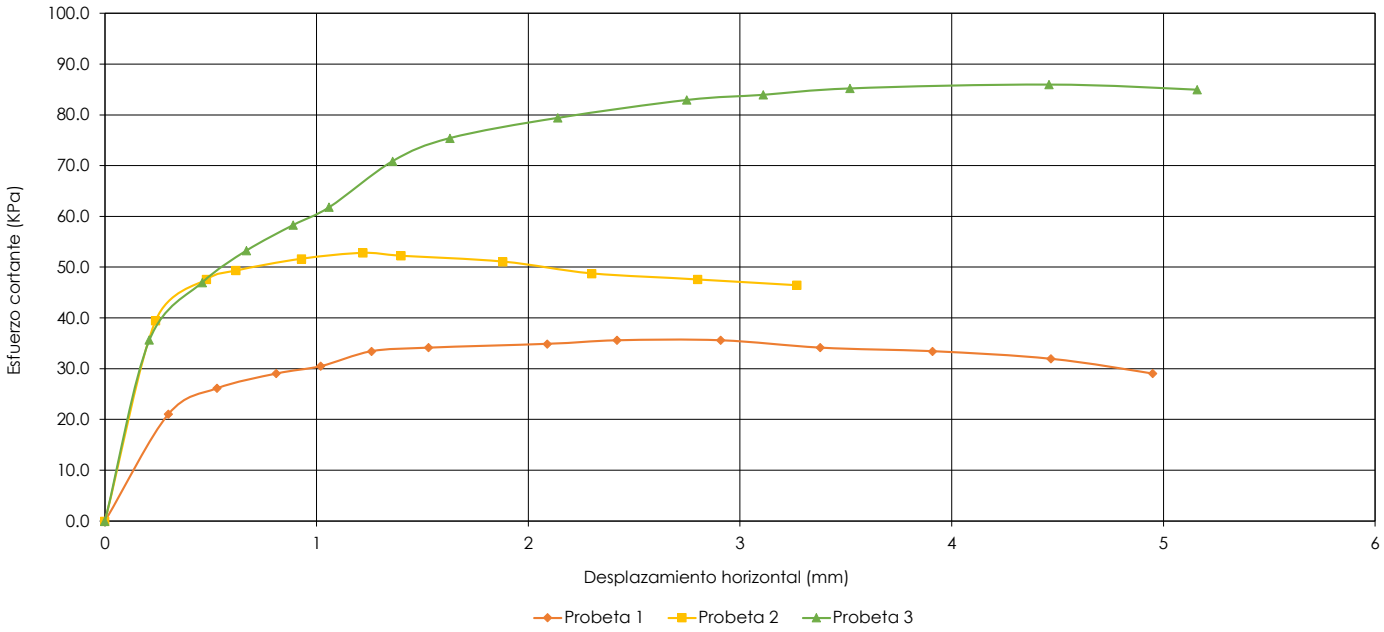
CORTE DIRECTO I.N.V. E - 154 - 13

Código: LAB_08
Versión: 003

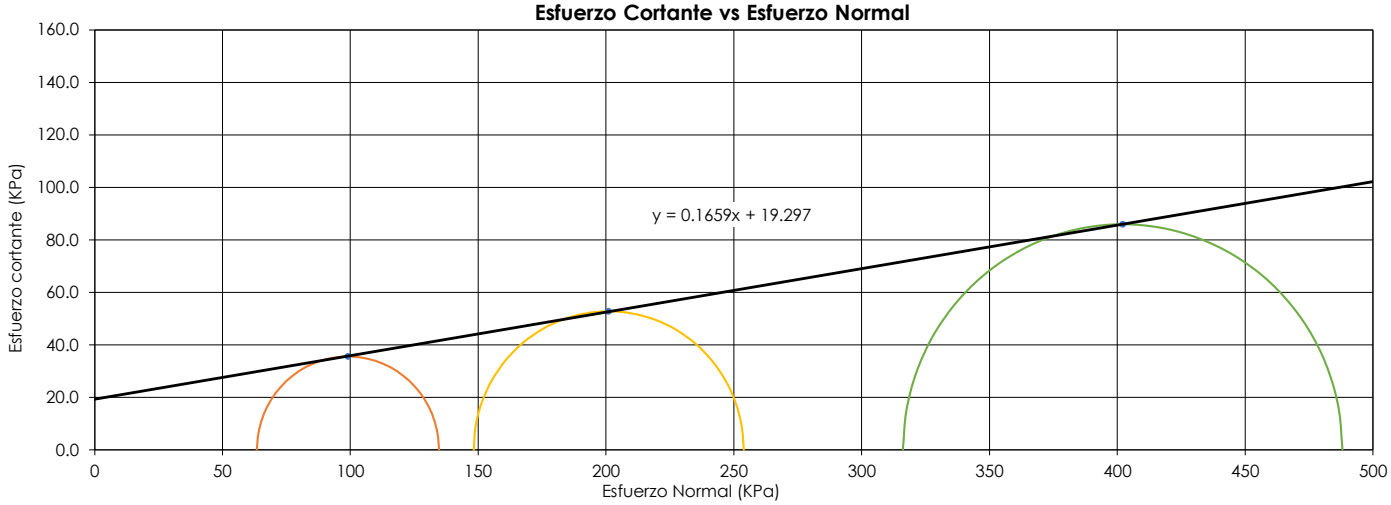
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ **ORDEN:** ES. 568
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA **FECHA:** AGO/2025

Esfuerzo Cortante vs Desplazamiento Horizontal



Esfuerzo Cortante vs Esfuerzo Normal



Probeta	1	2	3
σ_n (kPa)	99.1	201.1	402.1
$\tau_{máx}$ (kPa)	35.6	52.8	86.0

Parámetros de Resistencia Determinados	
C (kPa)	ϕ (°)
19.30	9.42

Jorge Andres Roa Romero

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614

EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA - PERFIL FINAL

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA SAS
Ingeniería Sísmica de Edificaciones

Código: LAB_010
Versión: 003
Vigencia: 01-01-2021

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y RECREATIVA PARQUE ECOTURISTICO.
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE AQUITANIA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
PRESENTADO A: ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA

ORDEN: ES. 568
FECHA: AGO/2025

SONDEO N° 1

PROFUNDIDAD	Cod. Muestra	DESCRIPCIÓN - SUCS	Wn (%)	LL (%)	IP (%)	Granulometria (%)			SUCS	γ total (kN/m³)	Cu (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)	SPT	E inconfinado (kPa)
						Finos	Arena	Grava							
0.00 m - 0.50 m	---	Capa de Asfalto - Material de Recebo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.50 m - 1.20 m	2626	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	25.18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.20 m - 1.90 m	2627	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	27.38	38.36	14.45	68.61	31.39	0.00	CL	18.01	---	19.30	9.42	---	---
1.90 m - 2.60 m	2628	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	27.95	---	---	---	---	---	---	18.11	37.46	---	---	---	5139
2.60 m - 3.30 m	2629	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	29.95	---	---	---	---	---	---	18.25	59.23	---	---	---	8840
3.30 m - 4.00 m	2630	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	29.67	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.00 m - 4.70 m	2631	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	36.61	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.70 m - 5.40 m	2632	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	31.49	44.45	18.89	61.96	38.04	0.00	CL	---	---	---	---	---	---
5.40 m - 6.10 m	2633	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	33.53	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observación: Se encontró Nivel Freático a 3.30 metros

SONDEO N° 2

PROFUNDIDAD	Cod. Muestra	DESCRIPCIÓN - SUCS	Wn (%)	LL (%)	IP (%)	Granulometria (%)			SUCS	γ total (kN/m³)	Cu (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)	SPT	E inconfinado (kPa)
						Finos	Arena	Grava							
0.00 m - 0.50 m	---	Capa de Asfalto - Material de Recebo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.50 m - 1.20 m	2634	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	34.07	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.20 m - 1.90 m	2635	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	40.49	---	---	---	---	---	---	19.35	41.76	---	---	---	4647
1.90 m - 2.60 m	2636	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	44.48	43.59	18.25	56.21	43.79	0.00	CL	---	---	---	---	---	---
2.60 m - 3.30 m	2637	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	37.26	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observación: Se encontró Nivel Freático a 1.20 metros

SONDEO N° 3

PROFUNDIDAD	Cod. Muestra	DESCRIPCIÓN - SUCS	Wn (%)	LL (%)	IP (%)	Granulometria (%)			SUCS	γ total (kN/m³)	Cu (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)	SPT	E inconfinado (kPa)
						Finos	Arena	Grava							
0.00 m - 0.50 m	---	Capa de Asfalto - Material de Recebo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.50 m - 1.20 m	2638	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	15.49	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.20 m - 1.90 m	2639	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	20.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.90 m - 2.60 m	2640	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	20.92	41.95	22.19	58.33	41.67	0.00	CL	---	---	---	---	---	---
2.60 m - 3.30 m	2641	Arcilla fina arenosa de baja plasticidad de color marrón y gris de consistencia media a blanda	21.92	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observación: Se encontró Nivel Freático a 1.20 metros

APROBÓ: ING. ESP. JORGE ANDRES ROA ROMERO
M.P. 15202-268366 BYC

SISMOESTRUCTURAS DE COLOMBIA S.A.S.
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.
Diseño Geotécnico, Estructural, Arquitectónico , Hidráulico y Eléctrico.
Supervisión técnica, Interventoría, Gestión y Construcción de Proyectos
Carrera 13 A # 22-33 – Tunja. Tel: (8) 7403971 Cel: 3208735614