2

ESTUDIO DE SUELOS PREDIO EL ALISAL

025



Julio Daniel Santosructurl.



INFORME ESTUDIO DE SUELOS

SOGAMOSO BOYACÁ
SEPTIEMBRE DE 2025

toproyectos.sas@gmail.com
www.toproyectos.com

Contenido

1 INTRODUCCIÓN 5

2 GENERALIDADES 5

2.1 LOCALIZACIÓN GENERAL 5

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 6

3 CONDICIÓN GEOLÓGICA 7

3.1 Geología regional 7

3.2 Geología local 8

3.3 Características Geotécnicas 9

3.3.1 Suelos en la zona plana central del valle 9

3.3.2 Suelos en zonas de ladera y piedemonte 9

3.3.3 Materiales aflorantes en zonas montañosas 10

3.4 Características Geotécnicas 10

3.5 Estructura Tectónica 10

3.6 Sismicidad De La Zona 10

3.6.1 Historial Sísmico Importante 10

4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 11

4.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 11

4.1.1 Perforaciones 12

4.1.2 Pruebas de Campo 14

4.1.3 Ensayos de laboratorio 15

4.2 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA 15

4.2.1 Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas 15

4.2.2 Humedad Natural y límites de consistencia. 16

4.2.3 Distribución Granulométrica. 18

4.2.4 Peso unitario 18

4.3 Perfil Geotécnico de cada una de las zonas exploradas 19

4.3.1 Sondeo 2 19

4.4 ENSAYO DE PENETRACIÓN SPT 20

4.5 CONDICIONES GEOTECNICAS ESPECIALES 21
4.5.1 Evaluación potencial de expansión 21
4.6 EVALUACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE 23
4.6.1 Zapatas y Cimientos Cuadrados 24
4.7 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS 28
4.7.1 Cimentación Cuadrada 29
4.8 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN 32
4.9 CONDICIONES SÍSMICAS 32
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32
6 LIMITACIONES 34

Ilustración 1 Localización del sitio de estudio 6
Ilustración 2 Panorámica zona de estudio 7
Ilustración 3 Plancha 172 Paz de Rio 8
Ilustración 4 Tabla H.3.1-1 11
Ilustración 5 Tabla H.3.2-1 12
Ilustración 6 Numeral H.3.2.5 12
Ilustración 7 Profundidad de los sondeos 12
Ilustración 8 Actividades exploración 13
Ilustración 9 Ubicación de los sondeos 14
Ilustración 10 Ensayos de laboratorio 15
Ilustración 11 Humedad natural y límites de consistencia. 17
Ilustración 12 Carta de plasticidad. 17
Ilustración 13 Variación de la gradación en función de la profundidad. 18
Ilustración 14 Peso Unitario 19
Ilustración 15 N de campo a partir del SPT 21
Ilustración 16 Potencial de expansión 22
Ilustración 17 Parámetros geotécnicos 24
Ilustración 18 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos

Ilustración 19 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos cuadrados por el método de Terzaghi sondeo 2 25
Ilustración 22 Portante vs cimentación sondeo 2 26
Ilustración 25 Admisible vs cimentación sondeo 2 28
Ilustración 28 Evaluación de asentamientos inmediatos para una cimentación cuadrada sondeo 2 30
Ilustración 31 Variación de los asentamientos inmediatos con el ancho B - Cimentos cuadrados sondeo 2 31

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene los resultados y análisis correspondientes al estudio geotécnico realizado en el marco del proyecto "ACUEDUCTO SECTOR ESCUELA VEREDA MORTIÑAL-SOGAMOSO".

En el informe se incluye la metodología empleada para la ejecución del estudio de suelos, la descripción de la condición geológica del área intervenida, así como el desarrollo de la campaña de exploración geotécnica, la cual comprendió la realización de ensayos de campo y pruebas de laboratorio con el fin de caracterizar adecuadamente las condiciones del subsuelo.

Posteriormente, se lleva a cabo la caracterización geotécnica del terreno y se establece un perfil representativo del suelo, con sus respectivos parámetros de resistencia y deformabilidad. Esta información es fundamental para orientar las decisiones de diseño relacionadas con las obras de infraestructura asociadas al sistema de acueducto, tales como la cimentación de estructuras hidráulicas, tanques de almacenamiento, casetas técnicas y demás componentes del proyecto.

Finalmente, se presentan conclusiones técnicas y recomendaciones constructivas basadas en la información obtenida, con el objetivo de garantizar la estabilidad y funcionalidad de las obras dentro del contexto geotécnico del municipio de Sogamoso.

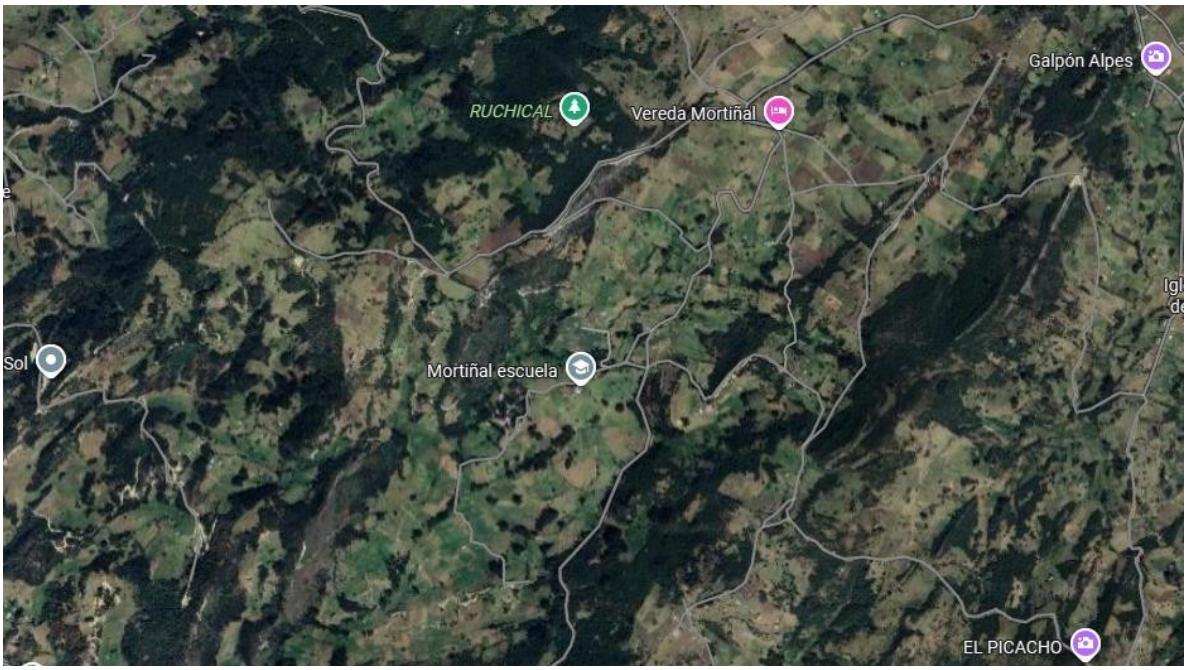
2 GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN GENERAL

La zona objeto de intervención del proyecto se localiza en el área rural del municipio de Sogamoso, específicamente en la vereda Mortiñal. Esta región se encuentra a una altitud promedio de 3160 metros sobre el nivel del mar (msnm) y presenta un clima templado de montaña, con una temperatura media anual aproximada de 12 °C. El comportamiento climático se caracteriza por variaciones térmicas moderadas y una estacionalidad marcada en cuanto a las precipitaciones, factores que deben ser tenidos en cuenta durante la planeación, diseño y ejecución de las obras del sistema de acueducto rural.

En la Ilustración 1se presenta la localización general del sitio de estudio.

Ilustración 1 Localización del sitio de estudio.



FUENTE: Google Maps 2025.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “ACUEDUCTO SECTOR ESCUELA VEREDA MORTIÑAL-SOGAMOSO” tiene como objetivo principal mejorar las condiciones de acceso al agua potable para las comunidades ubicadas en la vereda Mortiñal, zona rural del municipio de Sogamoso, mediante la intervención, optimización del sistema de acueducto.

Dentro del alcance del proyecto se contempla la ejecución de obras civiles e hidráulicas como la construcción y/o mejoramiento de captaciones, tanques de almacenamiento, líneas de conducción, redes de distribución y estructuras complementarias. Estas intervenciones requieren una adecuada caracterización geotécnica del terreno, que permita garantizar la estabilidad, funcionalidad y durabilidad de las infraestructuras proyectadas.

En este sentido, el presente informe corresponde al estudio geotécnico del terreno en el área de intervención, cuyo propósito es determinar las condiciones físicas y mecánicas del suelo natural, a través de actividades de exploración en campo y ensayos de laboratorio. La información obtenida servirá como base técnica para el

diseño estructural y la toma de decisiones constructivas relacionadas con las obras contempladas en el proyecto.

Ilustración 2 Panorámica zona de estudio.



FUENTE: Google maps 2025.

3 CONDICIÓN GEOLÓGICA

La condición geológica de Sogamoso se caracteriza por su ubicación dentro de una zona inter-montaña andina, con una topografía suavemente ondulada dominada por depósitos cuaternarios de origen lacustre y aluvial. Estas condiciones reflejan una historia geológica activa, marcada por episodios de sedimentación, levantamientos tectónicos y erosión.

3.1 Geología regional

Sogamoso se encuentra en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, específicamente dentro de la Cuenca de Boyacá, una estructura geológica compuesta principalmente por rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico. Esta cuenca limita al occidente con la Falla de Soapaga y al oriente con las fallas de Guaicáramo, Lengupá y Santa María.

Principales Unidades Litológicas (basadas en la Plancha 172 – Paz de Río IGAC)

Formación Socha (Cretácico Superior): Areniscas y limolitas grises bien estratificadas, con intercalaciones de arcillolitas y carbón. Ambiente fluvio-deltaico.

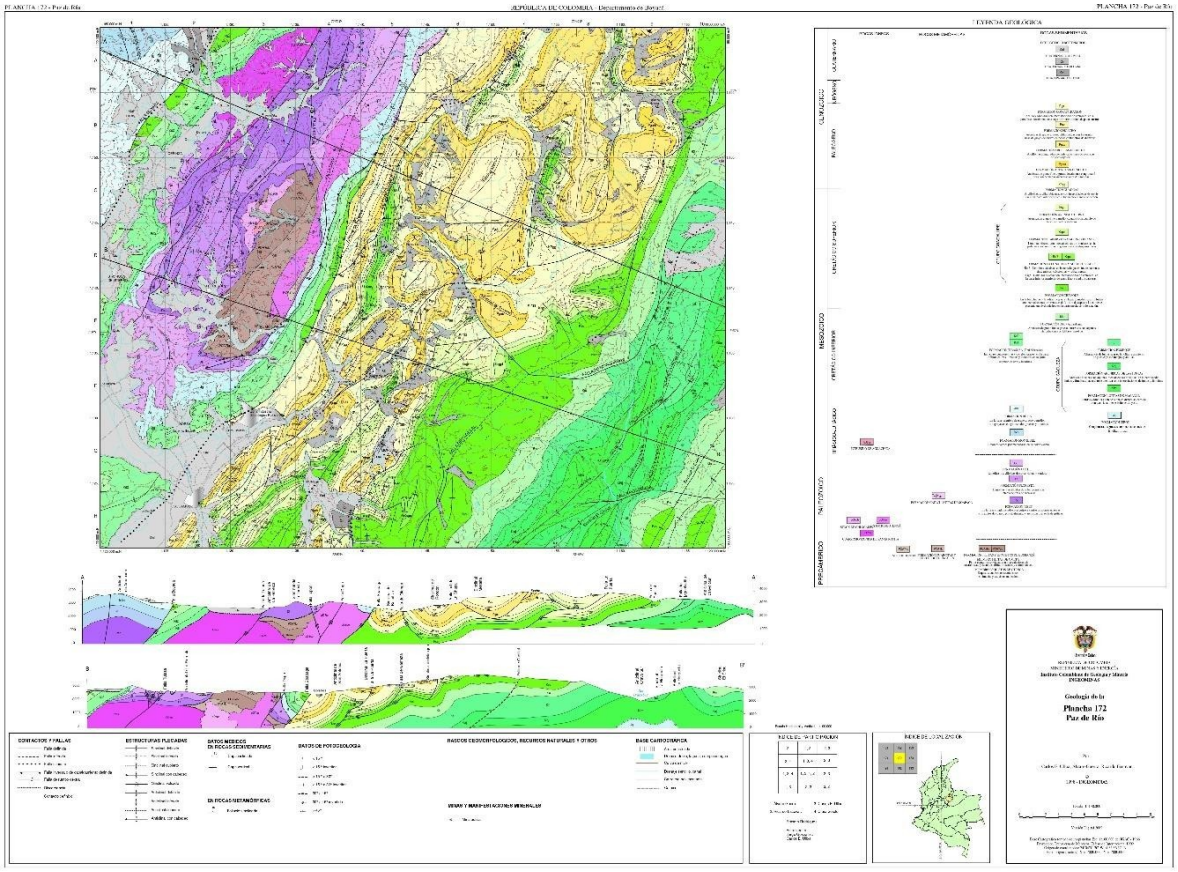
Formación Picacho (Paleógeno): Conglomerados polimícticos, areniscas feldespáticas y lutitas rojizas. Ambiente continental aluvial.

Formación Guaduas (Maastrichtiano–Paleoceno): Arcillolitas grises, limolitas, areniscas gruesas y carbón. Depósito en ambientes pantanosos y aluviales.

Formación Concentración (Paleoceno–Eoceno): Arcillolitas grises con intercalaciones de areniscas. Espesor hasta 1400 m en zonas como Paz de Río.

Depósitos Cuaternarios: Aluviales, coluviales, fluviolacustres y glaciares, presentes en los valles interandinos y depresiones estructurales.

Ilustración 3 Plancha 172 Paz de Rio.



FUENTE: IGAC 2025.

3.2 Geología local

La zona rural correspondiente, en el municipio de Sogamoso, se encuentra geológicamente influenciada por unidades sedimentarias del Cuaternario, propias de ambientes lacustres y fluviales antiguos, así como por afloramientos aislados de

formaciones geológicas más antiguas como Picacho y Socha, que predominan en las áreas montañosas circundantes.

El subsuelo en esta región está conformado principalmente por depósitos heterogéneos de origen aluvial y coluvial, compuestos por materiales como arcillas de media a alta plasticidad, limos orgánicos, arenas finas poco compactadas y gravas con matriz arcillosa. Estas unidades presentan un grado variable de consolidación y condiciones de humedad que pueden afectar significativamente el comportamiento geotécnico del terreno.

Debido a la naturaleza de estos suelos, existe una susceptibilidad moderada a fenómenos como asentamientos diferenciales y, en zonas más saturadas o con pendientes, posibles movimientos en masa. Además, en caso de eventos sísmicos, ciertos sectores pueden ser susceptibles a procesos de amplificación sísmica o pérdida de resistencia por saturación.

Esta complejidad geológica exige una caracterización detallada del terreno para el diseño y construcción de las obras civiles asociadas al sistema de acueducto, a fin de garantizar su estabilidad y funcionamiento a largo plazo.

3.3 Características Geotécnicas

Teniendo en cuenta la existencia de zonas ligeramente montañosas alrededor de Sogamoso, las condiciones geotécnicas varían significativamente entre el centro urbano y sus bordes topográficos. A continuación, se definen los parámetros principales según la localización:

3.3.1 Suelos en la zona plana central del valle.

Alta compresibilidad y consolidación parcial.

Arcillas de alta plasticidad y limos orgánicos con baja capacidad portante. Alta susceptibilidad a asentamientos diferenciales y licuefacción.

3.3.2 Suelos en zonas de ladera y piedemonte.

Composición más heterogénea con presencia de gravas, arenas y fragmentos de roca. Mayor resistencia al corte, menor deformabilidad.
Baja susceptibilidad a licuefacción, pero con posibilidad de deslizamientos Superficiales si existen niveles de humedad elevados.

3.3.3 Materiales aflorantes en zonas montañosas

Formación Picacho y Formación Socha en estado de meteorización variable.
Estratos inclinados con intercalaciones de areniscas competentes y arcillolitas.
Alta estabilidad geotécnica relativa, pero con riesgo de inestabilidad en taludes si no se manejan correctamente los drenajes.

3.4 Características Geotécnicas

Suelos con alta compresibilidad.

Presencia de arcillas de alta plasticidad.

Potencial de licuefacción en suelos saturados.

Capacidad portante baja en sectores de suelos blandos.

3.5 Estructura Tectónica

La región está influenciada por un sistema de fallas activas, entre las que destacan:

Falla de Soapaga: Falla inversa activa de dirección NNE–SSW, asociada a eventos sísmicos históricos como el de Firavitoba (1646).

Falla de Gámeza, Tópaga y Monguí: Fajas de deformación que afectan rocas del Cretácico y Paleógeno.

Estas estructuras están relacionadas con la actividad sísmica frecuente de la zona y controlan la geomorfología local.

3.6 Sismicidad De La Zona

Sogamoso se encuentra en una zona de alta amenaza sísmica. La aceleración sísmica esperada (PGA) se estima entre 0.25 g y 0.30 g, lo cual exige estrictas normas de diseño sismo-resistente.

3.6.1 Historial Sísmico Importante

1646 – Sismo de Firavitoba: Magnitud estimada de 6.5 Ms.

1993 – Sismo de Paipa: Magnitud de 5.6 Mw, afectó edificaciones en Duitama y Sogamoso.

4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las características y propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto, se realizaron actividades de exploración del subsuelo que consistieron principalmente en la ejecución de perforaciones con equipo mecánico, la recuperación de muestras alteradas e inalteradas, así como pruebas de campo y ensayos de laboratorio.

En este capítulo se describe el tipo de exploración del subsuelo realizada, las pruebas de campo, ensayos de laboratorio, y el análisis de la información obtenida. Se presenta una descripción del comportamiento de las principales propiedades de los suelos encontrados en cada punto de exploración, y con base en esto, se define el perfil geotécnico representativo del sitio de estudio, así como las condiciones y parámetros geomecánicos que serán utilizados para verificar las condiciones de la cimentación existente, a partir de la evaluación de capacidad portante y de asentamientos.

4.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Teniendo en cuenta las características geológicas del sitio, se proyectó la ejecución de perforaciones mecánicas, distribuidas convenientemente en el área de estudio.

De acuerdo con el Titulo H de la NSR-10, en el numeral H.3 "Caracterización geotécnica del subsuelo" se presentan los lineamientos para la investigación del subsuelo para estudios definitivos, se definen las unidades de construcción por categorías, el número de sondeos y la profundidad por cada unidad de construcción.

Ilustración 4 Tabla H.3.1-1

Tabla H.3.1-1
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

FUENTE: Titulo H NSR-10

Para el caso particular del estudio se tiene una unidades que clasifican en categoría baja.

Ilustración 5 Tabla H.3.2-1

Tabla H.3.2-1
Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

FUENTE: Titulo H NSR-10

Lo anterior con el objeto de obtener la información geotécnica necesaria para conocer la distribución lateral y en profundidad de los diferentes tipos de materiales que componen los depósitos existentes, y recuperar muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos de laboratorio. Además, se realizaron pruebas de campo como penetración estándar (SPT), y ensayos de laboratorio para clasificación y obtención de parámetros de resistencia que permitan conocer el comportamiento de los materiales.

4.1.1 Perforaciones

Con respecto a la profundidad de las perforaciones en el numeral H.3.2.5 de la NSR-10 dice que por lo menos el 50% de estas deben alcanzar la profundidad mínima.

Ilustración c Numeral H.3.2.5

H.3.2.5 — PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS — Por lo menos el 50% de todos los sondeos debe alcanzar la profundidad dada en la Tabla H.3.2-1, afectada a su vez por los siguientes criterios, los cuales deben ser justificados por el ingeniero geotecnista. La profundidad indicativa se considerará a partir del nivel inferior de excavación para sótanos o cortes de explanación. Cuando se construyan rellenos, dicha profundidad se considerará a partir del nivel original del terreno:

FUENTE: Titulo H NSR-10

En total se realizaron en la zona Una (1) perforación a una profundidad 1.55m, tal como se muestra en la Ilustración 7. En cada punto se realizaron pruebas de penetración estándar (SPT) y se tomaron muestras alteradas en bolsa, las cuales fueron utilizadas para hacer descripción visual y ensayos de clasificación. También se recuperaron muestras inalteradas en tubos de pared delgada, las cuales se utilizaron para ensayos de resistencia.

Ilustración 7 Profundidad de los sondeos

SONDEO	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD (m)
S-2	1121632,879 N, 1132525,672 W.	1.55

FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

En las fotografías que se presentan a continuación se pueden apreciar algunas de las actividades de exploración geotécnica y la recuperación de muestras para la realización de ensayos de laboratorio.

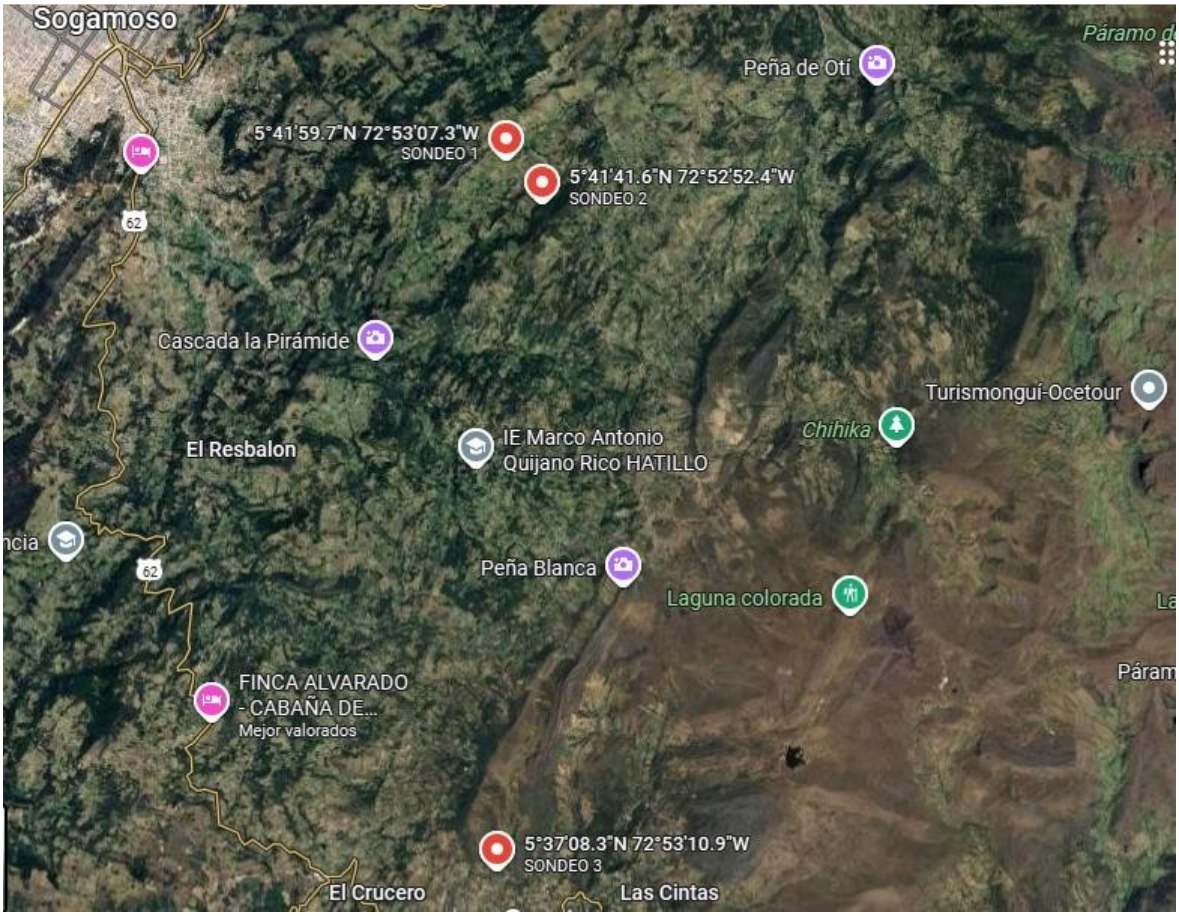
Ilustración 8 Actividades exploración

Ejecución sondeo	Muestra recuperada
	
Ejecución sondeo	Muestra recuperada
	
Ejecución sondeo	Muestra recuperada

FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

En el ANEXO A se presentan el resumen de las propiedades geotécnicas y la estratigrafía encontradas. La localización general de los sondeos realizados en el área de estudio se presenta en la Ilustración 9.

Ilustración S Ubicación de los sondeos



FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

4.1.2 Pruebas de Campo

Durante la ejecución de las perforaciones se realizaron pruebas in situ de penetración estándar (SPT) para establecer de forma aproximada la variación de resistencia del suelo, también penetrómetro de bolsillo y se recuperaron muestras alteradas e inalteradas de los diferentes materiales encontrados para definir cambios estratigráficos y tener material para los ensayos de laboratorio.

4.1.3 Ensayos de laboratorio

Para determinar las propiedades de los materiales encontrados, se realizaron ensayos de caracterización física como humedad natural, límites de Atterberg, granulometría, lavado sobre tamiz No. 200 y peso unitario, ensayos de resistencia como compresión inconfinada en los materiales cohesivos muestreados.

Ilustración 10 Ensayos de laboratorio.

TIPO DE ENSAYO	TOTAL
Humedad Natural	8
Límites De Atterberg	8
Lavado Sobre Tamiz 200	8
Peso Unitario Parafinado	9
Peso Especifico	8

FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

4.2 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

A continuación, se presenta la caracterización de las diferentes propiedades geotécnicas de los materiales encontrados dentro de la exploración del subsuelo, se determinó el perfil promedio del subsuelo y con base en los ensayos de laboratorio se definieron los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo.

4.2.1 Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas

La exploración del subsuelo realizada en el área del proyecto permitió identificar una secuencia estratigráfica heterogénea, conformada por materiales de origen aluvial y coluvial, con grados variables de humedad, compactación y plasticidad. A continuación, se describen las principales unidades identificadas y sus propiedades geotécnicas:

4.2.1.1 Horizonte Orgánico Superficial

Se identificó un estrato de material orgánico con humedad variable, de color negro, con aspecto blando y presencia de raíces. En algunos sectores se observó olor característico de materia orgánica en descomposición.

4.2.1.2 Arcillas y Limos Arcillosos

Posterior al nivel orgánico se encontraron arcillas negras con vetas amarillas que cambian a tonalidades marrones, así como arcillas limosas de color amarillo con vetas amarillas y cafés. También se registraron limos arcillosos de color gris con vetas ocres y niveles de arcilla beige con vetas ocres de oxidación. En ciertos sectores se observaron vetas blancas y grisáceas.

4.2.1.3 Arenas Limosas y Arenas Arcillosas

En el perfil se presentaron niveles con material de color beige a gris oscuro, con presencia de vetas ocres y cambios de coloración a tonos naranjas. Estos materiales se observaron con granulometría variable, en algunos casos arenosa y en otros con intercalaciones de limo o arcilla.

4.2.1.4 Limos y Transiciones a Roca Blanda

Se registraron horizontes con limos de color naranja, así como materiales transicionales con apariencia de arcillolitas y limolitas de color gris y café, con vetas de óxidos y betas blanquecinas.

4.2.1.5 Condiciones Hidrogeológicas

Durante los sondeos se presentó nivel freático a una profundidad aproximada de 1,20 m en los sondeos 2 y 3.

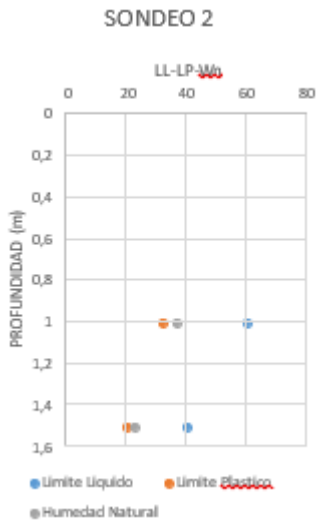
4.2.2 Humedad Natural y límites de consistencia.

Con base en los resultados de laboratorio obtenidos en las muestras analizadas, la humedad natural se encuentra en un rango entre 21,3% y 36,7%, con un valor promedio de 29,5%.

El límite líquido (LL) varía entre 38% y 60%, con promedio de 48,2%, mientras que el límite plástico (LP) se encuentra entre 20% y 32%, con promedio de 25,7%.

El índice de plasticidad (IP) calculado oscila entre 17% y 28%, con un valor promedio de 22,8%.

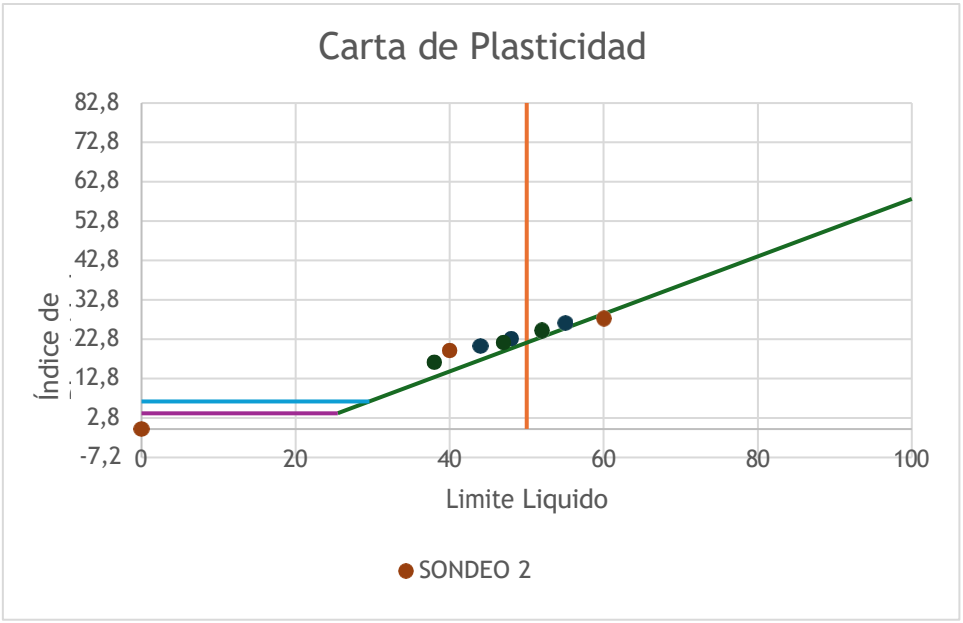
Ilustración 11 Humedad natural y límites de consistencia.



FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

En la Ilustración 12 se aprecia la Carta de Plasticidad de Casagrande con los resultados de los límites de consistencia mostrando la clasificación de los suelos para todos los sondeos.

Ilustración 12 Carta de plasticidad.



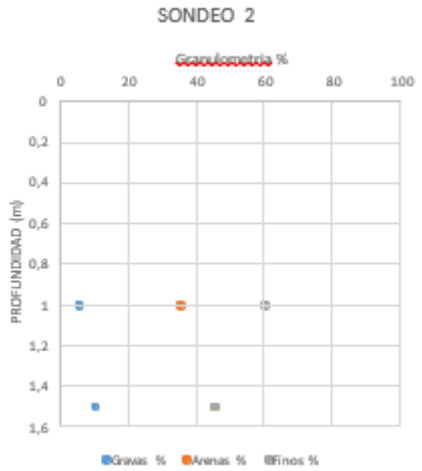
FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

4.2.3 Distribución Granulométrica.

La composición granulométrica general de la zona muestra que el perfil de suelo se compone principalmente de materiales finos descritos como arcilla de alta plasticidad en los primeros metros del terreno luego se encuentran arcillas limosas y limos arcillosos avanzando en resistencia a la penetración estándar hasta llegar a limos consolidados, para el sondeo 2 se evidencia un material limoso avanzando en material arenoso con algo de limos y baja plasticidad.

En la Ilustración 13 se presenta la variación de la gradación en función de la profundidad.

Ilustración 13 Variación de la gradación en función de la profundidad.



FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

4.2.4 Peso unitario.

El peso unitario se evaluó con los resultados de los ensayos de laboratorio, se pudo determinar que el peso unitario de los materiales recuperados.

Ilustración 14 Peso Unitario.

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	γd (kN/m³)	γ (kN/m³)
Sondeo 2	Muestra 2	0.60–1.20	13,8	18,9
Sondeo 2	Muestra 3	1.20–2.00	15,6	19,1

FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

4.3 Perfil Geotécnico de la zonas explorada.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo, los ensayos de laboratorio y las observaciones de campo, se identifican los materiales en el sitio de estudio:

4.3.1 Sondeo 2

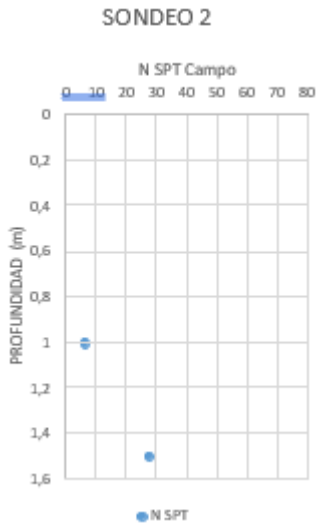
Muestra 1: Se encontró un nivel freático alto en la parte superior, con un estrato orgánico de color negro, correspondiente a tierra vegetal muy saturada. No se realizaron ensayos de laboratorio por la naturaleza orgánica del material.

Muestra 2: Limo arenoso granular de color negro, saturado y con presencia de raíces finas. En laboratorio presentó humedad de 36.7%, LL de 60%, LP de 32% e IP de 28%, clasificándose como CH (arcilla de alta plasticidad con fracción limosa).

4.4 ENSAYO DE PENETRACIÓN SPT.

Durante la ejecución de los sondeos a percusión, se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT, por sus siglas en inglés) conforme a lo establecido en la norma ASTM D1586. Este ensayo consiste en registrar el número de golpes requeridos para hincar un muestreador estándar de pared gruesa (tipo split spoon) 30 cm dentro del terreno, luego de una precarga inicial de 15 cm. El número total de golpes aplicados en los últimos 30 cm se registra como el número de golpes N o valor N del SPT, el cual es un indicador indirecto de la resistencia del suelo. Los resultados obtenidos permitieron establecer una caracterización preliminar del perfil estratigráfico, así como una estimación relativa de la compacidad en suelos granulares y de la consistencia en suelos cohesivos. Los valores de N obtenidos fueron posteriormente correlacionados con parámetros geotécnicos de interés, como la densidad relativa, resistencia al corte y capacidad portante, contribuyendo al análisis integral del comportamiento del terreno frente a las cargas esperadas por las estructuras proyectadas.

Ilustración 15 N de campo a partir del SPT



FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

4.5 CONDICIONES GEOTECNICAS ESPECIALES

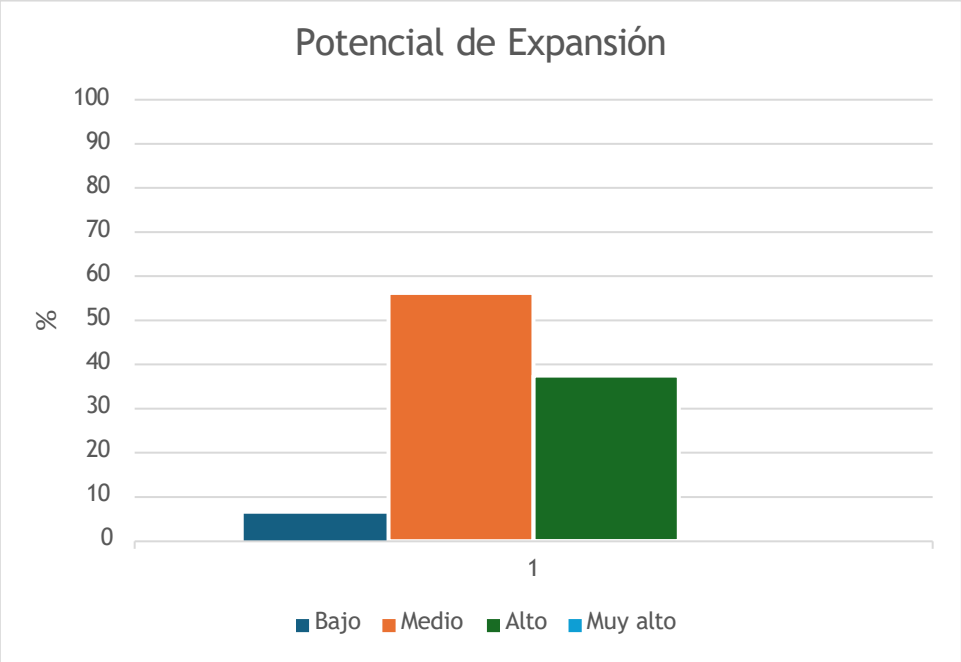
4.5.1 Evaluación potencial de expansión

De acuerdo con la NSR-10 todas las arcillas tienen de una forma u otra la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan nuevamente, según condiciones ambientales.

“Los daños que se registran en las edificaciones cimentadas superficialmente en suelos expansivos se manifiestan mediante fisuramientos, agrietamientos y giro de conjunto de los muros y elementos estructurales a causa de movimientos desiguales de sus cimientos”1

Para el presente estudio de suelos se hizo la identificación de la posible presencia de suelos con potencial de expansión siguiendo los criterios de laboratorio aceptados para el reconocimiento de suelos expansivos basados en altos valores de límite líquido, índice de plasticidad y bajos valores de límite de contracción. Estos criterios se presentan en la Ilustración 16.

Ilustración 1c Potencial de expansión



FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

Para la Para la evaluación del potencial de expansión de los suelos se consideraron la totalidad de los resultados de los ensayos de límites de consistencia empleados en la caracterización de los materiales, obteniendo un total de 16 datos, lo cual constituye una muestra estadísticamente representativa para el análisis.

Los resultados indican que: 6,25% de los suelos presentan un potencial de expansión bajo, 56,25% presentan un potencial de expansión medio, 37,50% presentan un potencial de expansión alto, y no se identificaron suelos con potencial de expansión muy alto.

En términos generales, el potencial de expansión predominante es medio, lo cual concuerda con la presencia de arcillas en los primeros metros del perfil geotécnico. No obstante, como aspecto relevante de la exploración, se identificó la presencia de nivel freático a poca profundidad, lo cual podría inducir variaciones en el contenido de humedad de los materiales donde eventualmente se proyecten las cimentaciones. Dichas variaciones podrían modificar las propiedades de expansión y retracción de los suelos, generando cambios volumétricos que deben ser tenidos en cuenta en el diseño de las estructuras.

.

4.6 EVALUACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE

Teniendo en cuenta las características de los materiales encontrados en el sitio y la forma en que las cargas de las estructuras proyectadas se transmiten al terreno, se evaluó la viabilidad de un sistema de cimentación superficial mediante el uso de cimientos continuos y zapatas cuadradas. La capacidad portante del suelo se estimó considerando un único nivel de cimentación, dado que las estructuras propuestas son livianas y de baja profundidad. Para el análisis se empleó el método de Terzaghi, apropiado para cimentaciones superficiales, y el método de Meyerhof, que incorpora factores de corrección asociados a la forma y profundidad de la cimentación.

Las expresiones utilizadas para el cálculo de capacidad portante de cimentaciones superficiales por el método de Terzaghi y Meyerhof se presentan a continuación:

Método de Terzaghi

$Qu = 1.3.C.N_c + q.N_q + 0.4.\gamma .B.N_\gamma$ (Cimiento cuadrado)

$Qu = C.N_c + q.N_q + 0.5.\gamma .B.N_\gamma$ (Cimiento continuo) Método de Meyerhof

$Qu = C.N_c .F_{cs} .F_{cd} + q.N_q .F_{qs} .F_{qd} + 0.5.\gamma .B.N_\gamma .F_{\gamma s} .F_{\gamma d}$

Dónde:

C : Cohesión del suelo

γ : Peso unitario del suelo

B : Ancho de la cimentación

q : Sobrecarga del suelo sobre el nivel de cimentación (γ.Df)

N_i : Factores de capacidad de carga en función de φ (N_c, N_q, N_γ)

φ : Angulo de fricción interno del suelo

F_{is} : Factores de corrección por forma (F_{cs}, F_{qs}, $F_{\gamma s}$)

F_{id} : Factores de corrección por profundidad (F_{cd}, F_{qd}, $F_{\gamma d}$)

Para la evaluación de capacidad portante, se utilizó una hoja de cálculo con el fin de obtener resultados con parámetros variables como el ancho de la cimentación, y generar ábacos de los cimientos en función de la magnitud de las cargas esperadas.

Para la determinación de la capacidad portante admisible del suelo se empleó un factor de seguridad de 3.0.

Los parámetros geotécnicos utilizados para la evaluación de capacidad portante son:

Ilustración 17 Parámetros geotécnicos.

Parámetro	Sondeo 1	Sondeo 2	Sondeo 3
Peso unitario húmedo (kN/m	18.6	19.8	20.5
Peso unitario seco (kN/m³)	15.4	16.2	16.8
Cohesión no drenada Cu (kPa	42	55	68
Ángulo de fricción φ (°)	22	27	30
Módulo de elasticidad E (kPa)	8 500	13 500	18 000
Relación de Poisson ν	0.38	0.35	0.32
Número de golpes SPT (N)	7–9 (prom. 7)	6–27 (prom. 16)	17–26 (prom. 22)
Clasificación SUCS	CL (arcilla limosa)	CL–ML (arcilla limosa con limo)	SM (arena limosa)

FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

Parámetros de la Cimentación

- Nivel de Cimentación (Df): 1.5 m
- Ancho de cimentación (B): Variable.
- Longitud de la cimentación (L): Variable.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de capacidad portante para una cimentación cuadrada y continua, utilizando el método de Terzaghi y Meyerhof.

4.6.1 Zapatas y Cimientos Cuadrados

Método de Terzaghi: La capacidad portante admisible para cimientos cuadrados se evaluó para cada uno de los sondeos.

Para el sondeo 1 se tiene una evaluación de la capacidad portante de 497,8 kPa en promedio.

Ilustración 1S Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos cuadrados por el método de Terzaghi sondeo 2.

Cu (kPa)	φ (º)	B (m)	Df (m)	γ1 (kN/ m3)	γ2 (kN/ m3)	Nc	Nq	Nγ	Qu (kPa)	Qadm (kPa)	Padm (kN)
55,00	27,0	1,00	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2707,0	902,33	902,3
55,00	27,0	1,25	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2732,4	910,80	1423,1
55,00	27,0	1,50	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2757,8	919,26	2068,3
55,00	27,0	1,75	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2783,2	927,73	2841,2
55,00	27,0	2,00	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2808,6	936,19	3744,8
55,00	27,0	2,25	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2834,0	944,66	4782,3
55,00	27,0	2,50	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2859,4	953,12	5957,0
55,00	27,0	2,75	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2884,8	961,59	7272,0
55,00	27,0	3,00	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2910,2	970,05	8730,5
55,00	27,0	3,50	2,00	16,20	19,80	29,24	15,90	12,83	2960,9	986,98	12090,5

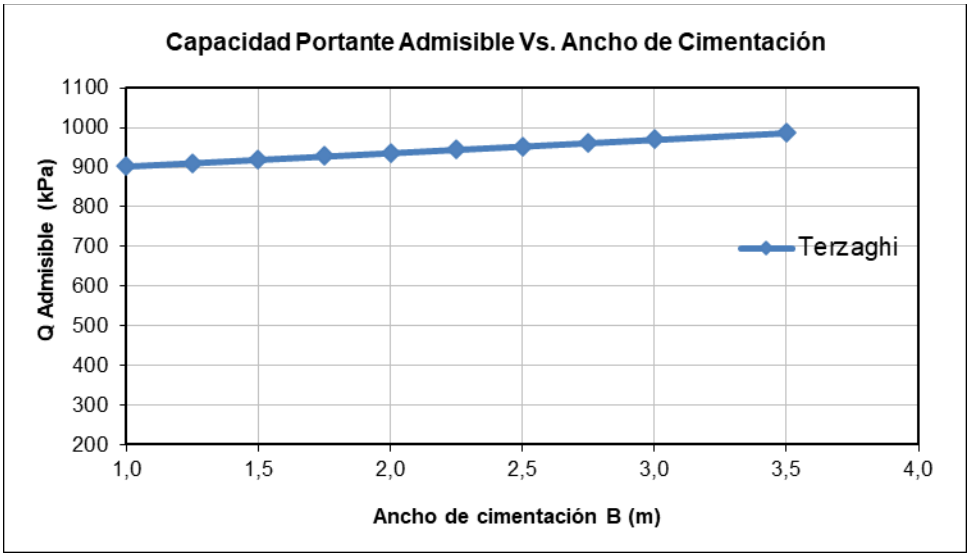
FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

Para el sondeo 2 se tiene una evaluación de la capacidad portante de 941,3 kPa en promedio.

Se aclara que la evaluación de capacidad portante se hizo para cargas verticales transmitidas por la estructura a construir al suelo de fundación. En el caso de que se tengan cargas excéntricas o inclinadas en la estructura, se deben aplicar los

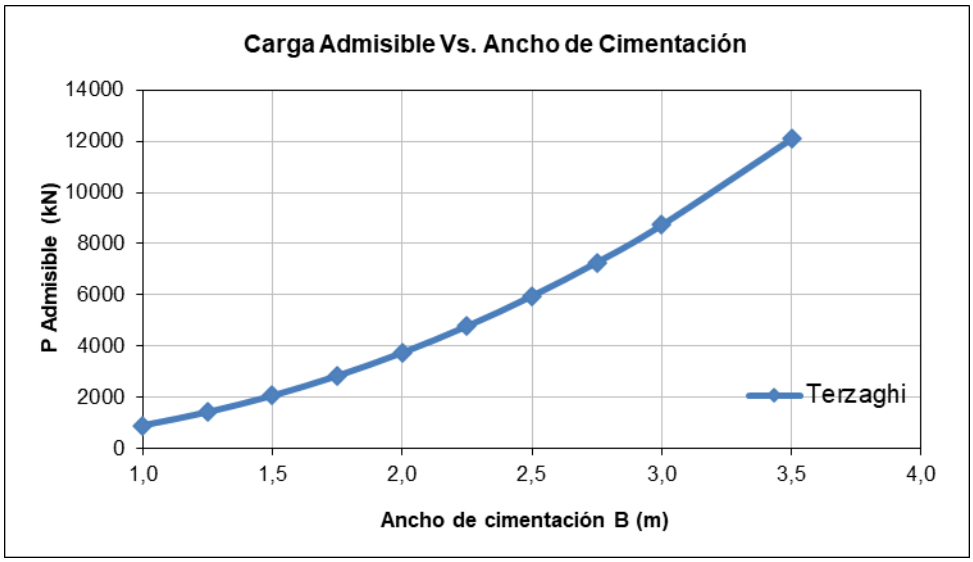
correspondientes factores de corrección para diseñar adecuadamente la cimentación.

Ilustración 22 Portante vs cimentación sondeo 2.



FUENTE: TOPROYECTOS 2025

Ilustración 25 Admisible vs cimentación sondeo 2.



FUENTE: TOPROYECTOS 2025.

4.7 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

Para este caso, se empleó la metodología propuesta por Harr para el cálculo de asentamientos inmediatos en cimentaciones superficiales rígidas, los cuales se hallan por medio de la siguiente expresión:

(Centro de la cimentación)

$$Se = \frac{\overline{B.q_o}}{E}.(1-\mu^2).\alpha$$

Dónde:

B : Ancho de la cimentación

q : Esfuerzo de sobrecarga (Capacidad portante recomendada)

μ_s : Relación de Poisson

E_s : Módulo de elasticidad en condición confinada

α_r : Factor de influencia para cimentación rígida

Los parámetros de deformación utilizados para la evaluación de los asentamientos inmediatos son:

- Módulo de Elasticidad (E_s): 10000 kPa para el conjunto de materiales.
- Relación de Poisson (μ_s): 0.35 (asumida)
- Esfuerzo de sobrecarga (q_o): 100 kPa (zapatas cuadradas) y 85 kPa (cimientos continuos).
- Ancho de cimentación: Variable.

4.7.1 Cimentación Cuadrada

Para una cimentación cuadrada rígida, los asentamientos inmediatos varían entre 4.3 mm y 48.3 mm, en un ancho de cimentación comprendido entre los 0.5 m y 5.0 m.

Ilustración 28 Evaluación de asentamientos inmediatos para una cimentación cuadrada sondeo 2

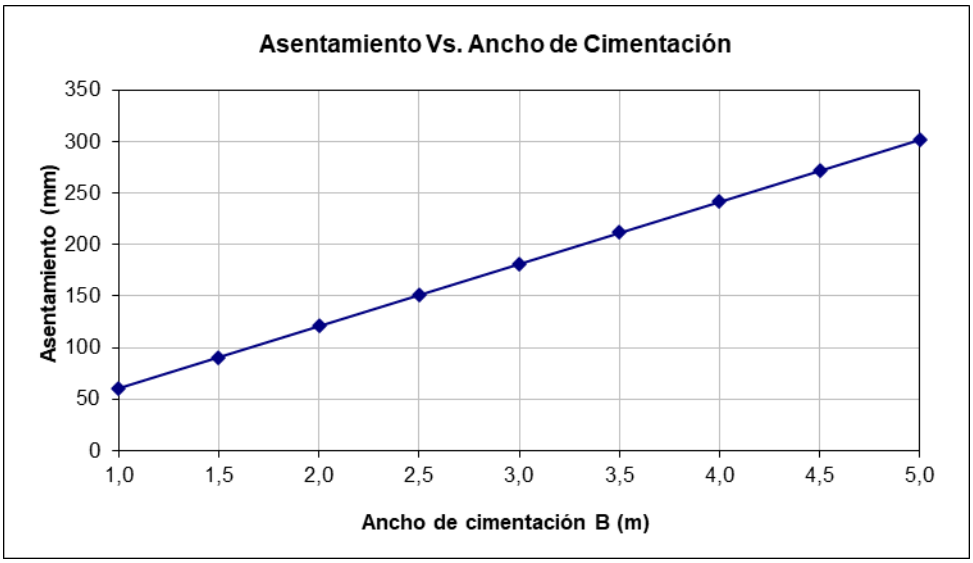
	Qapl. (kPa)	Es (kPa)	μs	L/B	αr	Se (mm)
0,50	941	13500	0,35	1,00	0,988	30,2
1,00	941	13500	0,35	1,00	0,988	60,4
1,50	941	13500	0,35	1,00	0,988	90,6
2,00	941	13500	0,35	1,00	0,988	120,8
2,50	941	13500	0,35	1,00	0,988	151,0
3,00	941	13500	0,35	1,00	0,988	181,3
3,50	941	13500	0,35	1,00	0,988	211,5
4,00	941	13500	0,35	1,00	0,988	241,7
4,50	941	13500	0,35	1,00	0,988	271,9
5,00	941	13500	0,35	1,00	0,988	302,1

FUENTE: TOPROYECTOS 2025

De acuerdo con los resultados obtenidos, se considera que los valores de capacidad portante calculados en el numeral anterior son adecuados y el dimensionamiento de esta cimentación se puede realizar con estos valores para un ancho de hasta 2.0 m. Para la distribución de cargas estructurales del proyecto, los asentamientos inmediatos esperados serán del orden de los 60.8 mm en promedio con una capacidad de carga máxima.

En la Ilustración 30 se muestra la variación de los asentamientos inmediatos para diferentes valores del ancho de la cimentación.

Ilustración 31 Variación de los asentamientos inmediatos con el ancho B - Cimentos cuadrados sondeo 2



FUENTE: TOPROYECTOS 2025

4.8 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

De acuerdo con las características del proyecto no se tiene prevista la construcción de estructuras de contención. Sin embargo, en el evento de requerirse la construcción de una estructura enterrada, se recomienda la utilización de los siguientes parámetros de presiones de tierras.

- Coeficiente de presión de tierra en reposo (Ko): 0.62
- Coeficiente de presión activa de Rankine (Ka): 0.45
- Coeficiente de presión pasiva de Rankine (Kp): 2.24

4.6 CONDICIONES SÍSMICAS

De acuerdo con la localización y los materiales presentes en el sitio de estudio, se tienen las siguientes condiciones sísmicas, según la NSR-10:

- Zona de amenaza sísmica intermedia: Aa=0.20
- Perfil de suelo: Tipo D
- Coeficiente de importancia: 1.00 (Grupo II).

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sitio del proyecto presenta un perfil geotécnico variable, compuesto predominantemente por materiales de origen residual y sedimentario, como limos arcillosos, arenas finas, gravas y limolitas meteorizadas, con características plásticas

y compresibles en los primeros metros. Este comportamiento tiene una incidencia directa en la capacidad portante y en los asentamientos que se puedan presentar en las cimentaciones proyectadas.

Con base en la descripción estratigráfica y los resultados de los ensayos de campo y laboratorio, se identificaron tres tipos de estratos predominantes en los sondeos:

Estrato superficial: conformado por arcillas limosas de color gris oscuro a pardo, con contenido orgánico variable y alta humedad natural. Estos suelos presentan baja resistencia al corte y alta compresibilidad.

Estrato intermedio: constituido por limos arcillosos y arenas finas limosas, con mayor grado de compactación, lo que les confiere mejores propiedades mecánicas.

Estrato profundo: integrado por limolitas meteorizadas y gravas cementadas, con alta resistencia y comportamiento competente frente a esfuerzos estructurales.

Los ensayos SPT realizados evidencian una tendencia creciente con la profundidad, alcanzando valores que permiten clasificar el sitio como un perfil sísmico tipo D, conforme a la clasificación de la NSR-10, lo cual indica una respuesta sísmica con amplificación moderada.

Se estimaron los siguientes valores promedio de capacidad portante admisible para un nivel de cimentación de aproximadamente 1.5 a 3.5 m de profundidad:

Zapatas aisladas (cuadradas): 967,1 kPa

Estos valores son aptos para estructuras convencionales, siempre que se mantenga un factor de seguridad mínimo de 3.0 y que el diseño considere un ancho de zapata entre 1.0 m y 3.5 m, de acuerdo con la metodología utilizada.

El análisis de asentamientos inmediatos, basado en la metodología de Harr, sugiere que los valores estimados (en el orden de 60.8 mm) se mantienen dentro de los límites permisibles para estructuras de baja a media carga.

Aunque se identificó el nivel freático durante la campaña de perforación, la alta humedad natural registrada en algunos estratos indica una zona parcialmente saturada, por lo que es recomendable adoptar medidas de drenaje superficial y control de escorrentía para evitar cambios volumétricos en los suelos finos.

Desde el punto de vista sísmico, la zona se encuentra en un área de amenaza sísmica intermedia, con un valor de Aa = 0.20 según la NSR-10. Por tanto, el diseño estructural debe considerar:

Coeficiente de importancia: 1.0 (uso Grupo II)

Aceleración pico efectiva (PGA) estimada: entre 0.25g y 0.30g Espectro de diseño sísmico para perfil tipo D
Recomendaciones técnicas:

Utilizar cimentaciones superficiales tipo zapatas aisladas o corridas, diseñadas con los parámetros geotécnicos obtenidos.

Considerar factores de corrección si se presentan cargas inclinadas, excéntricas o dinámicas.

Compactar correctamente los rellenos estructurales y aislar la cimentación con barreras impermeables para controlar el ingreso de humedad.

Instalar un sistema de drenaje perimetral o pozos de monitoreo, especialmente en zonas de topografía plana o propensas a acumulación de agua.

En caso de utilizar estructuras de contención, aplicar los coeficientes de presión lateral de tierras determinados (Ko, Ka, Kp) según el tipo de suelo.

Se sugiere considerar ensayos adicionales como MASW o sísmica de refracción en fases posteriores del proyecto o si se modifican los parámetros estructurales inicialmente previstos.

Finalmente, se debe tener en cuenta que el presente estudio se basa en una exploración puntual, por lo que cualquier cambio en las condiciones del suelo durante la excavación deberá ser evaluado por el profesional responsable, quien definirá si es necesario ajustar el diseño de cimentación.

6 LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe están basadas en los resultados obtenidos a partir de la información recopilada, investigación del subsuelo y ensayos de laboratorio ejecutados.

La información de exploración y laboratorio corresponde a sitios puntuales, por lo tanto, los perfiles geotécnicos obtenidos son aproximados y establecidos de acuerdo con los perfiles de cada sondeo.

Exploración puntual:

La información geotécnica presentada en este informe se basa en cuatro (4) perforaciones realizadas en puntos específicos del área de estudio. Por tanto, los perfiles estratigráficos y parámetros geomecánicos obtenidos representan de manera aproximada las condiciones del subsuelo en el entorno inmediato de cada sondeo.

Variabilidad del suelo:

Dado que los suelos son formaciones naturales, su composición y propiedades pueden variar lateral y verticalmente en distancias cortas. Es posible que existan condiciones diferentes entre los puntos de muestreo o en zonas no exploradas.

Carga vertical considerada:

La evaluación de capacidad portante y asentamientos se realizó bajo el supuesto de cargas verticales centradas. Si en el diseño estructural se introducen cargas inclinadas, excéntricas o dinámicas adicionales, deberá hacerse un redimensionamiento adecuado.

Suelos no muestreados en su totalidad:

Aunque se recuperaron muestras alteradas e inalteradas, algunas capas del subsuelo pueden contener materiales con características no detectadas en los ensayos realizados, lo cual podría incidir en el comportamiento real del suelo bajo carga.

Condiciones climáticas y ambientales futuras:

El comportamiento del suelo puede verse alterado por variaciones climáticas, como lluvias intensas prolongadas, o por acciones humanas como excavaciones cercanas, obras adyacentes, infiltraciones de agua o mala disposición de aguas superficiales.

Alcance del estudio:

Este estudio fue realizado con el objetivo de proporcionar insumos geotécnicos para el diseño de cimentaciones convencionales del proyecto planteado. No incluye evaluación de estabilidad de taludes, contención profunda, patologías estructurales ni riesgos geológicos externos que no hayan sido abordados expresamente.

Cordialmente



Ing. Julio Daniel Santos Vargas Ingeniero Civil 091037-0690635 CNDB
Universidad Militar Nueva Granada
Especialista en SIG
Esp. Infraestructura Vial
Cel 3118828425.