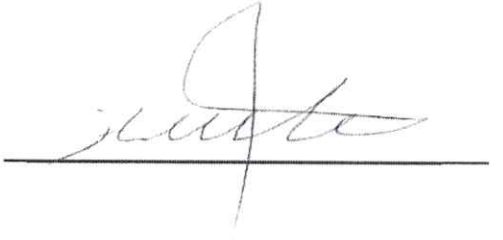
PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN LA VEREDA TACARE // NUNCHÍA - CASANARE.

INFORME GEOTÉCNICO

ARREBOL
CONSTRUCTORA

ELABORADO POR.

ING. HAROLD ALBARRACÍN BETANCOURT
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS



DEPARTAMENTO DE CASANARE
2025

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 5
   1.1 Introducción 5
   1.2 Objetivo 5
   1.3 Ubicación y accesibilidad del área de estudio 5
   1.4 Descripción general del proyecto 7
2. GEOLOGÍA 8
   2.1 Geología Regional 8
      2.1.1 Litología 8
   2.2 Geología Estructural 10
      2.2.1 Sinclinal de Nunchía 10
      2.2.2 Falla de Yopal 10
   2.3 Geomorfología 11
3. EXPLORACIONES DE CAMPO 12
   3.1 Exploraciones directas 12
      3.1.1 Perforación en suelo con ensayo SPT (manual) 13
      3.1.2 Apiques 14
   3.2 Ensayos de laboratorio 15
4. ASPECTOS SÍSMICOS 16
   4.1 Perfil del suelo 16
   4.2 Espectro de Aceleraciones de acuerdo con la CCP-14 16
5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 17
   5.2 Perfiles estratigráficos del Suelo 17
      5.2.1 Sondeo 1 17
      5.2.2 Sondeo 2 18
      5.2.3 Sondeo 3 18
      5.2.1 Sondeo 4 19
6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO 20
   6.1 Criterios y metodologías de análisis y diseño 20
      6.1.1 Capacidad Portante 20
      6.1.2 Asentamientos 25
      6.1.3 Módulo de balasto 30

7. Conclusiones 31
7.1 Recomendaciones de drenaje 32
7.1.1 Drenaje superficial 32
7.1.2 Drenaje sub - superficial 33
7.2 Recomendaciones para Excavaciones 33
7.3 Recomendaciones de construcción 34
7.3.1 Recomendaciones en Cortes 34
7.4 Recomendaciones de rellenos 35
8. Referencias 37
9. Anexos 38
9.1 Registro fotográfico de trabajos en campo 38

Índice de Figuras

Figura 1. Localizacion general del proyecto. 6
Figura 2. Localización puntual del proyecto 6
Figura 3. Vista de plano sobre la localizacion del proyecto 7
Figura 4. Mapa geologico 9
Figura 5. Mapa estructural geologico 10
Figura 6. Mapa geomorfologico 11
Figura 7.Localización de los sondeos exploratorios. 12
Figura 8. Ensayo de SPT manual 13
Figura 9. Excavación manual de Apique. 14
Figura 10. Variación de la Capacidad Portante para diferentes niveles de desplante Df (m) 25
Figura 11. Variación de la Asentamientos para diferentes anchos de cimentación (m) 30
Figura 12. Variación del módulo de reacción vertical para diferentes anchos de cimentación (m) 30
Figura 13. Detalle constructivo cuneta flexible trapezoidal. 32
Figura 14. Seccion tranversal de cunetas triangulares. 32
Figura 15. Detalle constructivo de filtro en material granular. 33

Indice de Tablas

Tabla 1. Localizacion del proyecto en coordenadas geograficas 6
Tabla 2. Localización de los sondeos exploratorios en coordenadas geográficas 12
Tabla 3. Cantidades ensayos de laboratorio ejecutadas 15
Tabla 4. Parámetros para definir el perfil de suelo 16
Tabla 5. Espectro de Aceleraciones 16
Tabla 6. Descripción del perfil de suelo reportado 17

Tabla 7. Descripción del perfil de suelo reportado.....18
Tabla 8. Descripción del perfil de suelo reportado.....18
Tabla 9. Descripción del perfil de suelo reportado.....19
Tabla 10. Factores de Seguridad Indirectos FSICP Mínimos 20
Tabla 11. Datos iniciales de cálculo de vcapcidad de carga.....20
Tabla 12. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 0.5 m 21
Tabla 13. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 1.0 m 21
Tabla 14. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 1.5 m 22
Tabla 15. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 2.0 m 22
Tabla 16. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 2.5 m 23
Tabla 17. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 3.0 m 23
Tabla 18. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 3.5 m 24
Tabla 19. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 4.0 m 24
Tabla 20. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 0.50 m.....26
Tabla 21. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 1.00 m.....26
Tabla 22. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 1.50 m.....27
Tabla 23. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 2.00 m.....27
Tabla 24. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 2.50 m.....28
Tabla 25. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 3.00 m.....28
Tabla 26. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 3.50 m.....29
Tabla 27. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 4.00 m.....29
Tabla 28. Requisitos de los materiales para terraplenes. 36

1. GENERALIDADES

Este capítulo menciona generalidades y objetivos del proyecto en desarrollo, así como su localización y puntos de acceso, las coordenadas y la ubicación detallada dentro del municipio de Nunchía, por lo tanto, su desarrollo esta dado de la siguiente manera:

1.1 Introducción

En el presente informe se adjunta los resultados correspondientes al estudio geotécnico elaborado para la resolución del proyecto de **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN LA VEREDA TACARE**, ubicado el municipio de Nunchía del departamento de Casanare.

Para la ejecución del análisis geotécnico, se desarrollaron las siguientes actividades según el reglamento colombiano de construcciones sismorresistente (NSR-10):

Reconocimiento geológico y un análisis geotécnico del área de estudio.

Exploración detallada del subsuelo mediante diferentes técnicas de muestreo siguiendo la norma A.S.T.M D1586-67en conjunto con distintos análisis de laboratorio necesarios para la obtención de las características físicas y propiedades mecánicas del subsuelo correspondiente a la zona de estudio.

Teniendo en cuenta el reglamento colombiano de construcciones sismorresistentes (NSR-10), titulo H, numeral H.2.2.2, se elaboró el presente informe, en el cual, se recopila toda la información obtenida a través de los diferentes procesos llevados a cabo para la elaboración del estudio geotécnico, en donde a su vez, se describe las recomendaciones a tener en cuenta en el proyecto para garantizar el comportamiento adecuado y satisfactorio de la edificación.

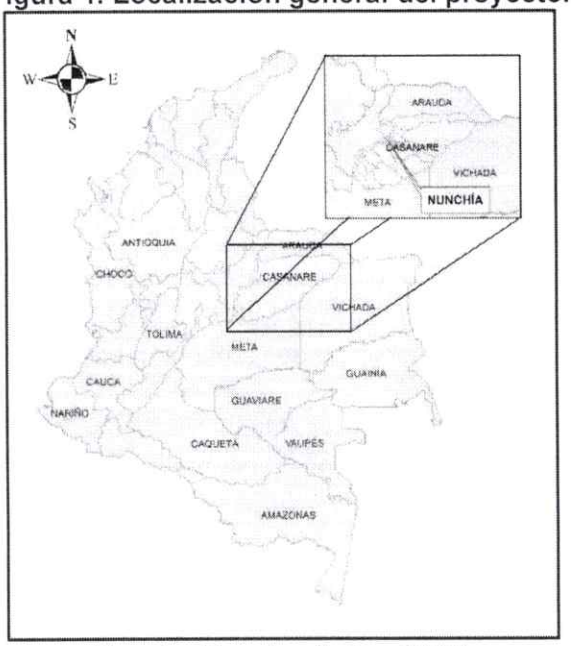
1.2 Objetivo

Presentar las características geotécnicas del subsuelo, definiendo el perfil estratigráfico estableciendo la información necesaria para definir recomendaciones de cimentación concerniente a la Interacción Suelo – Estructura para el **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN LA VEREDA TACARE**, ubicado el municipio de Nunchía del departamento de Casanare.

1.3 Ubicación y accesibilidad del área de estudio

Nunchía es un municipio del departamento Casanare, en Colombia. Limita al norte con Municipio de Támara, al sur con de San Luís de palenque y Yopal, al Oriente: Municipio de Pore y San Luís de Palenque y al occidente con el Departamento de Boyacá

Figura 1. Localizacion general del proyecto.



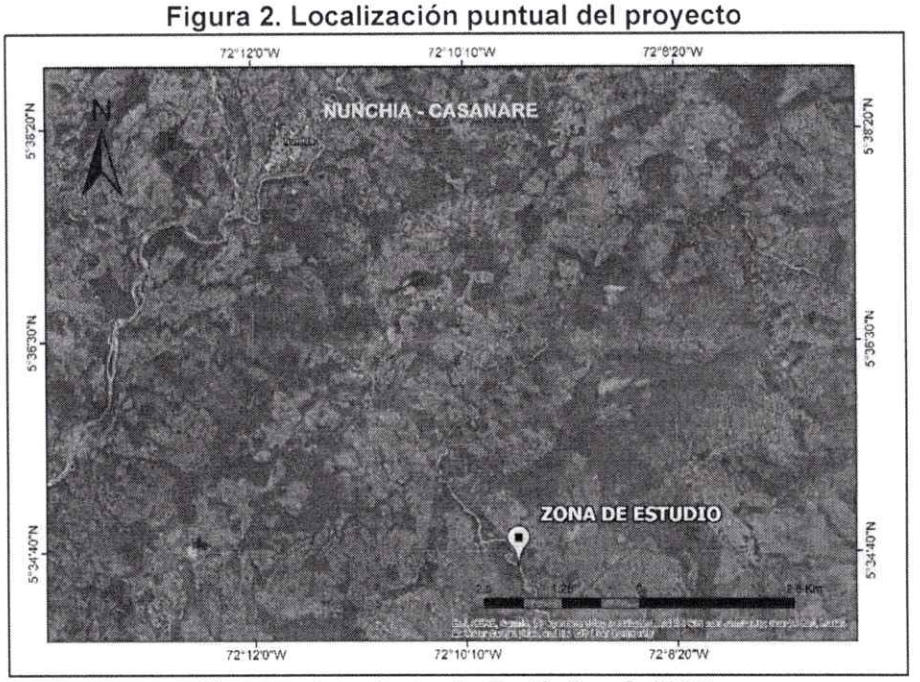
Fuente: Fuente: Autor, 2025.

Tabla 1. Localizacion del proyecto en coordenadas geograficas.

Proyecto	Latitud	Longitud
Proyecto	5°34'42.61"N	72° 9'43.18"O

Fuente: Autor, 2025.

Figura 2. Localización puntual del proyecto



Fuente: Adaptado de Earth Pro ® 2025.

1.4 Descripción general del proyecto

El proyecto del presente informe se encuentra localizado en la vereda Tacare, ubicado el municipio de Nunchía del departamento de Casanare.

Figura 3. Vista de plano sobre la localizacion del proyecto



Fuente: Modificado Google Earth Pro, 2025.

2. GEOLOGÍA

El presenta capitulo desglosa la geología regional, estratigrafía o litología, la geología estructural, la geomorfología y la geología local de acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano.

2.1 Geología Regional

La geología del presente estudio está plasmada en la plancha 194 a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano.

En cuanto a geología regional para la zona de estudio se ubica sobre un depósito cuaternario. Lo depósitos corresponden a fluviales actuales, comprendido por material acumulado alrededor de los ríos que drenan la región, en ocasiones se diferencian dos tipos, uno, elevado de 1 a 3m., sobre el nivel del río actual, son conglomerados clasto y grano soportados, algunas veces imbricados, con tamaños desde gránulo hasta bloques, de areniscas y areniscas conglomeráticas envueltos en una matriz areno-lodosa, en la zona montañosa no se diferenció del anterior por la escala.

2.1.1 Litología

Abanicos aluviales (Qal)

Están localizados en el sistema de relieve de llanura y piedemonte, forman superficies están limitadas por los contrapendientes del frente montañoso

Estos depósitos en el sistema de llanura se pueden ver cuerpos separados por depósitos fluviales de la dinámica actual de los Ríos Cravo Sur y Tocaría. Se pueden diferenciar dos cuerpos, los asociados a la parte proximal de un abanico y el resto por depósitos asociados a la parte distal del abanico. Los depósitos localizados en la parte proximal, están constituidos por material no consolidados de gravas, tamaño cantos de composición areno-cuarzosa y limosa, clasto y matriz soportados, en una matriz areno-conglomerática con algunos niveles de arenitas y lodolitas. En la parte alejada de los sedimentos forman terrazas, están constituidos por hasta 10m de acumulaciones arcillosas limosas o arenas-lodosas, diferenciables por color, tal como se observa en el depósito del Abanico de Yopal; hacia la base o techo se observan gránulos, guijos y gravas (INGEOMINAS-UPTC, 2007).

Depósitos coluviales (Qca)

Material heterométrico desde bloques hasta partículas tamaño arcilla que acumulan en la base de escarpes y en zonas planas rellenando bajos topográficos

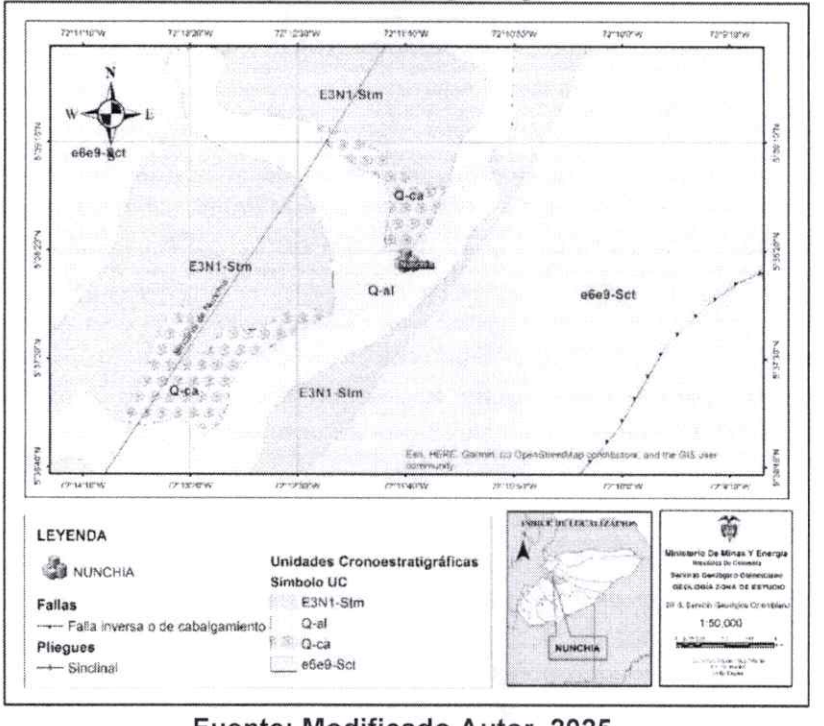
Formación Diablo (e6e9-Sct)

Unidad conformada por arenitas y lodolitas, con variaciones faciales. También se reconocen arenitas de grano medio mal seleccionadas hasta gránulos, con lentes de arenita conglomerática. Las estructuras internas se preservan como laminación inclinada tangencial, tambien se aprecian varios tipos de ondulitas, fragmentos de carbón, zonas con impregnación de hidrocarburos y dientes de tiburon. En las lodolitas se observa bioturbación por raices rellenas del material suprayacente arenoso. Hacia el techo se intercalan dos capas de conglomerados de guijos matriz soportados con cantos de arenitas, cuarzo, chert con foraminíferos bentónicos.

Formación Caja (E3N1-Stm)

Se diferencian dos segmentos, el segmento inferior hacia el sur del área tiene tamaños de grano mayores que al norte. Al norte, la base de la unidad es arcillosa, en los valles se presentan sucesiones granodecrecientes cuya base son intercalaciones de conjuntos de capas lenticulares y cuneiformes de arenitas de grano medio y arenitas conglomeráticas o una capa que gradan a lodolitas, las sucesiones granocrecientes a la base son lodolitas con esporádicas capas medias tabulares o lenticulares que se hacen más frecuentes al techo hasta aparecer una capa muy gruesa cuneiforme de arenita conglomerática. Al sur el segmento inferior se diferencian cuatro intervalos, el inferior presenta menores tamaños, se intercalan secuencias de arenitas con intervalos de lodolitas y arenitas; en el segundo intervalo el tamaño de grano aumenta y con las arenitas hay cintas de conglomerado, se da bioturbación por raíces en las lodolitas; en el tercer intervalo, el tamaño de grano es más grueso, son arenitas conglomeráticas y conglomerados y en último intervalo el tamaño de grano vuelve a disminuir.

Figura 4. Mapa geologico

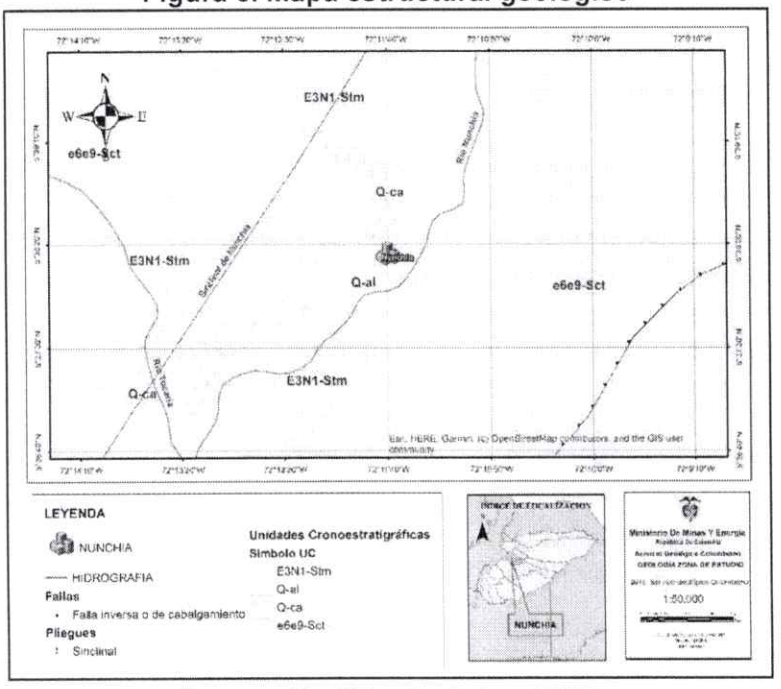


Fuente: Modificado Autor, 2025.

2.2 Geología Estructural

Basados en un punto de vista tectónico, el municipio de Nunchía se encuentra en un deposito cuaternario regido por estructuras geológicas, las más próximas a la zona de estudio es el Sinclinal que lleva su mismo nombre -Nunchía- y una falla inversa o de cabalgamiento como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 5. Mapa estructural geologico



Fuente: Modificado Autor, 2025.

2.2.1 Sinclinal de Nunchía

Esta estructura de primer orden es abierta, con rocas de la Formación Caja aflorando en su núcleo y se extiende a lo largo de toda la plancha. El eje del sinclinal tiene una orientación de N450E en el sur, cambiando a N300E en el norte. La estructura es asimétrica, con rocas en el flanco oriental presentando buzamientos altos (45-60°) en comparación con el flanco occidental (20-45°), donde se observa una mayor secuencia. El desarrollo de este sinclinal está relacionado con la Falla de Yopal y, según diferentes autores como Cooper et al. (1995), Martínez (2006) y Egbue & Kellog (2012), forma parte del frente de cabalgamiento de la Cordillera Oriental en un modelo tectónico de piel delgada que incluye una zona triangular con dúplex de techo pasivo y activo.

2.2.2 Falla de Yopal

Al norte se puede encontrar la falla más oriental del frente de cabalgamiento de la Cordillera Oriental, es una falla de cabalgamiento con vergencia al este, su trazo tiene una orientación N40°E, al sur afecta rocas de la Formación San Fernando y a la altura de la Quebrada La Niata, pone en contacto rocas de la Formación Diablo con rocas de la Formación Caja.

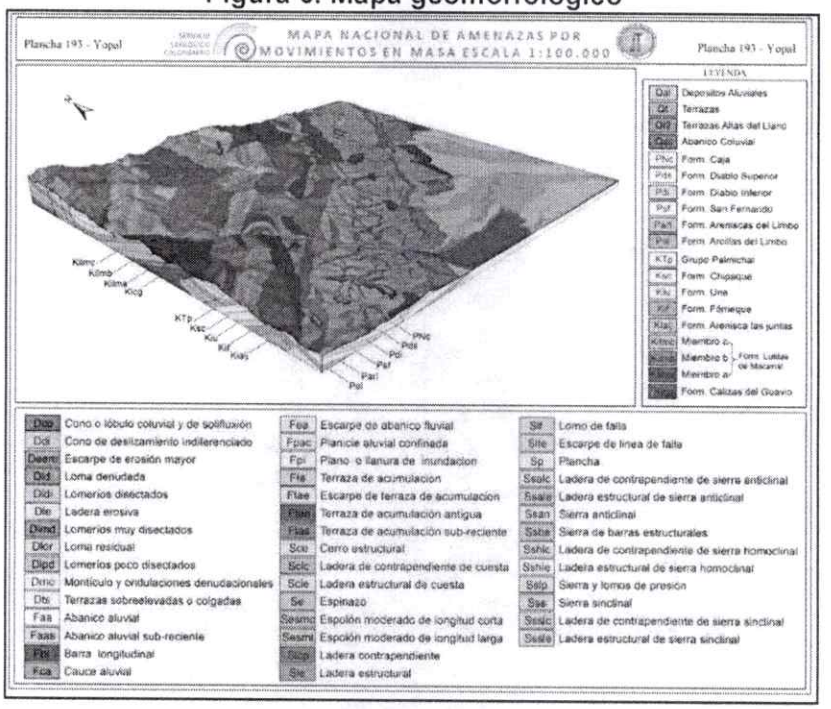
Autores afirman que esta falla generaría en su bloque colgante el Sinclinal de Nunchía haciendo parte de una zona triangular.

Basándose en estudios realizados por compañías petroleras y varios autores, se indica que la Falla de Yopal inicia en los alrededores del casco urbano de El Yopal y se prolonga por el piedemonte hasta el municipio de Tame, Arauca. Es una falla inversa activa, de dirección N20° - 35°E, con buzamiento al NW y longitud de más de 75 Km.

2.3 Geomorfología

En el piedemonte llanero se observan numerosas fallas activas vinculadas al Sistema de Falla del Borde Llanero. Esto se manifiesta en la presencia de escarpes de fallas, terrazas colgantes y basculadas, plegamientos y depósitos. Las características morfo-tectónicas en los depósitos cuaternarios evidencian una deformación progresiva del piedemonte llanero.

Figura 6. Mapa geomorfologico



Fuente: Autor, 2025.

3. EXPLORACIONES DE CAMPO

En el presenta capítulo se informa sobre las exploraciones realizadas en campo junto con la localización de los puntos, así como la fase de análisis en el laboratorio, presentando sus resultados respectivos.

3.1 Exploraciones directas

Para el desarrollo el proyecto **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN LA VEREDA TACARE**, fue necesario realizar sondeos (4) sondeos a una profundidad de hasta seis (6) metros con la finalidad de obtener muestras de suelo representativas del área de estudio a lo largo de toda la zona concerniente al proyecto.

Tabla 2. Localización de los sondeos exploratorios en coordenadas geográficas

PERFORACIÓN	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)
Sondeo (1)	5°34'42.43"N	72° 9'43.29"O	6	3.2
Sondeo (2)	5°34'42.70"N	72° 9'43.30"O	6	3
Sondeo (3)	5°34'42.71"N	72° 9'43.08"O	6	3.4
Sondeo (3)	5°34'42.44"N	72° 9'43.03"O	6	3

Fuente: Autor, 2025.

Figura 7.Localización de los sondeos exploratorios.



Fuente: Google Earth ® 2025.

3.1.1 Perforación en suelo con ensayo SPT (manual)

El sondeo de Penetración Estándar se emplea para recuperar muestras alteradas de suelo y los pasos para ejecutar esta actividad con equipo manual, se presentan a continuación:

- Para iniciar el ensayo de SPT mecánico, se debe ubicar y limpiar el punto del sondeo; removiendo la superficie de gravas.
- Con la ayuda de la paladraga se extrae unos 20 cm del material o hasta llegar a la cota deseada; garantizando que se contará con paredes estables y limpias.
- Se procede a instalar la toma muestras (cuchara partida con dimensión estándar) anillado al tubo de perforación, seguido de la cabeza de golpeo, el tubo de apoyo que sostiene el Martinete y el Martinete.
- Se procede a centrar el sistema de tubería anteriormente mencionado de forma manual con la comisión de trabajo.
- Se debe marcar el tubo de perforación en tres secciones iguales de 15 cm en la parte que queda expuesta someramente en superficie; con el fin de observar el avance del muestreador a efectos de los golpes del martinete.
- Se procede a levantar el martinete a una altura de 76.2 cm, de forma manual, dejándolo caer libremente por medio del tubo de apoyo y terminando la caída sobre la cabeza de golpeo.
- Se realizar el conteo de golpes necesarios para hincar la tubería en cada tramo de 15 cm y se registran en los formatos de perfiles estratigráficos.
- Se extrae la tubería completa con la ayuda de un trípode con un sistema de palanca.
- Se extrae la muestra, se describe litológicamente en los formatos de perfiles estratigráficos y se guarda para entregarla al laboratorio.
- Se repite el procedimiento de golpeteo con el martinete y extracción de la muestra, en todas las profundidades a estudiar, esto hasta que el sondeo se dé por terminado.
- La operación debe detenerse si para un tramo de 15 centímetros se requieren más de 50 golpes, extrayendo la muestra que hasta ese punto haya recuperado el tubo partido.

Figura 8. Ensayo de SPT manual



Fuente: Autor, 2025.

- Extracción y clasificación de muestras
- Las actividades para la extracción y clasificación de muestras, se presentan en los siguientes pasos.
  - Cuando el supervisor recibe el tubo partido, lo lava para quitarle el exceso de lodo.
  - Se retira la zapata y el cabezote. Esto se puede hacer manualmente o con la ayuda de llaves de tubo, según lo requiera el caso.
  - Se abre el tubo partido y se extrae la muestra contenida en la zapata con golpes de martillo.
  - Se toman fotografías de la muestra, de ser necesario.
  - Se retira la muestra del tubo para embolsarla, clasificarla y etiquetarla.
  - Se lava el tubo partido, eliminando cualquier exceso de material.
  - Se entrega el tubo partido ya limpio a los ayudantes.

3.1.2 Apiques

- En campo es necesario realizar la marcación del punto, se define la zona de almacenamiento de materiales y se hace la señalización de área.
- El primer paso, es hacer inspección de las herramientas como la barra metálica y la pala. Para realizar la excavación además del uso de los elementos de seguridad, todo el personal debe contar con chalecos refractivos.
- Para la excavación se inicia con el retiro de las capas de pasto, almacenándola en el lugar definido, a un metro del borde del apique y sobre el terreno para que mantenga la humedad.
- Con la barra de acero se afloja el suelo y con la pala se excava el material hacia la zona de almacenamiento que tendrá un plástico para evitar la saturación del material y la contaminación del suelo. En caso de presentarse lluvias, el material excavado será cubierto por un plástico.
- Los apiques tendrán una zona fácil de acceso de máximo 0.75 metros, se terminará la caracterización geológica y toma de fotografías, finalmente se cierra el apique compactando el material y haciendo un paisajismo tratando de restablecer las condiciones iniciales del terreno.

Figura 9. Excavación manual de Apique.



Fuente: Autor, 2025.

3.2 Ensayos de laboratorio

A partir de las muestras recuperadas durante la exploración del subsuelo realizada en el área de estudio, se ejecutaron los correspondientes ensayos de laboratorio, los cuales fueron identificados de acuerdo con el tipo de material; esto con el objetivo de poder conocer las características y propiedades, así como estimar los parámetros de resistencia de los tipos de materiales que constituyen el perfil de suelo del área de estudio. Para mayor detalle de los ensayos de laboratorio, en el Anexo 2. se presentan todos los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras recuperadas de la exploración del subsuelo. Los ensayos de laboratorio de caracterización básica y mecánica se ejecutaron teniendo en cuenta los procedimientos de las normas INVIAS relacionados en la siguiente Tabla.

Tabla 3. Cantidades ensayos de laboratorio ejecutadas

TIPO DE ENSAYO*	CANTIDAD	NORMATIVA
Contenido de humedad natural	8	INV E 122:2013
Límites de consistencia (Atterberg)	8	INV E 125-126:13
Granulometría por tamizado	8	INV E 123:13
TOTAL	24	

Fuente: Autor, 2025.

4. ASPECTOS SÍSMICOS

Con base a la seccion 3 de la norma CCP 14 se establecieron coeficientes de espectro de aceleraciones para la estructura tales como el Coeficiente de Aceleración Pico PGA, Coeficiente de Periodo Corto Ss y el Coeficiente de Periodo Corto Sl de tal forma que sea posible asociarlo al modelo geotécnico.

4.1 Perfil del suelo

Tabla 4. Parámetros para definir el perfil de suelo

PERFIL DE SUELO SEGÚN CCP-14		
TIPO DE PERFIL	**DESCRIPCIÓN**	**DEFINICIÓN**
A	Perfil de roca competente	Vs > 1500 m/s
B	perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > Vs > 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de onda de corte o,	760 m/s > Vs > 360 m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	N > 50 o Su > 100 KPa (1 Kg/cm2)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de corte o,	360 m/s > ys > 180 m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones	50 > N > 15 o 100 KPa (1 Kg/cm2) > Su > 50 KPa (0.5 Kg/cm2)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda cortante o,	180 m/s > Vs
	Perfil que cumpla con cualquiera de los dos siguientes criterios	N<15 golpes/pie, Su<50 kPa
	Perfil que contiene un espesor total H, mayor que 3 m en arcillas blandas	IP > 20 W > 40 o 25 Kpa > Su

Fuente: CCP-14 Sección 3.

4.2 Espectro de Aceleraciones de acuerdo con la CCP-14

De acuerdo con las definiciones del tipo de perfil de suelo consignada en el numeral 3.10.3.1 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14, el perfil de suelo para el sitio de estudio se clasifica como **TIPO E**, correspondiente a un perfil de suelo muy blando. A continuación, se presentan los coeficientes de espectro de aceleraciones para la estructura.

Tabla 5. Espectro de Aceleraciones

Zona de amenaza sísmica	Alta
Región	8
Coeficiente de Aceleración Pico PGA	0.40
Coeficiente de Periodo Corto Ss	0.80
Coeficiente de Periodo Largo Sl	0.4
Factor de sitio para periodo cero Fpga	0.90
Factor de sitio para periodo corto Fa	1.14
Factor de sitio para periodo largo Fv	2.4
Perfil de Suelo	Tipo E

Fuente: CCP-14 Sección 3.

5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

De acuerdo con los resultados obtenidos en las etapas de exploración de campo e investigación de laboratorio, y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en el polígono de interés, la caracterización geológico-geotécnica de la zona del proyecto es la siguiente:

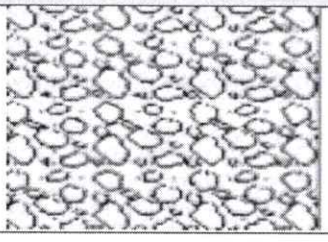
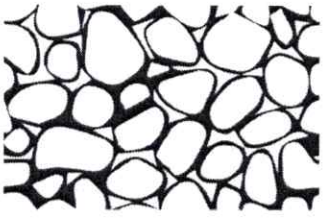
5.2 Perfiles estratigráficos del Suelo

Se logró obtener la siguiente información de las exploraciones geotécnicas, desde la superficie hasta la profundidad de cada sondeo y apique, como se muestra a continuación:

5.2.1 Sondeo 1

La exploración identifico materiales recogidos en muestras para su respectivo análisis de laboratorio, encontrando lo siguiente:

Tabla 6. Descripción del perfil de suelo reportado.

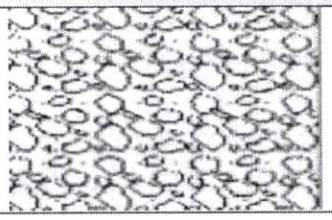
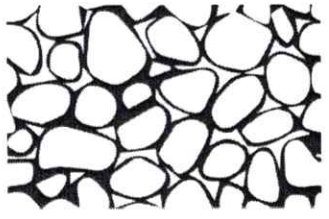
Registro Fotográfico	Profundidad (m)		Características
	Inicio	Fin	
	0.00	5.20	Material arenoso con presencia de limos de color café oscuro, de nula plasticidad.
	5.20	6.00	Bloques de aluvial en matriz arenosa con limos. Con contenido de gravas de tamaños variables de finos a gruesos. Los bloques son redondeados y alargados. La matriz es granular de color marrón oscuro y su compacidad es aparentemente muy compactada.

Fuente: Autor, 2025.

5.2.2 Sondeo 2

La exploración identifico materiales recogidos en muestras para su respectivo análisis de laboratorio, encontrando lo siguiente:

Tabla 7. Descripción del perfil de suelo reportado.

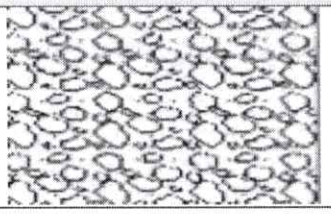
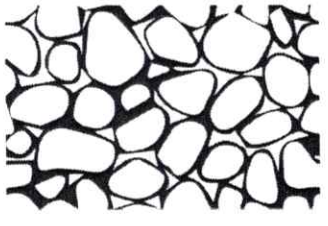
Registro Fotográfico	Profundidad (m)		Características
	Inicio	Fin	
	0.00	5.15	Material arenoso con presencia de limos de color café oscuro, de nula plasticidad.
	5.15	6.00	Bloques de aluvial en matriz arenosa con limos. Con contenido de gravas de tamaños variables de finos a gruesos. Los bloques son redondeados y alargados. La matriz es granular de color marrón oscuro y su compacidad es aparentemente muy compactada.

Fuente: Autor, 2025.

5.2.3 Sondeo 3

La exploración identifico materiales recogidos en muestras para su respectivo análisis de laboratorio, encontrando lo siguiente:

Tabla 8. Descripción del perfil de suelo reportado.

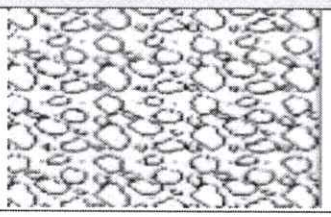
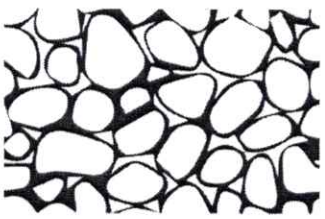
Registro Fotográfico	Profundidad (m)		Características
	Inicio	Fin	
	0.00	5.08	Material arenoso con presencia de limos de color café oscuro, de nula plasticidad. Presenta una capa de 0.40m con bloques de roca
	5.08	6.00	Bloques de aluvial en matriz arenosa con limos. Con contenido de gravas de tamaños variables de finos a gruesos. Los bloques son redondeados y alargados. La matriz es granular de color marrón oscuro y su compacidad es aparentemente muy compactada.

Fuente: Autor, 2025.

5.2.1 Sondeo 4

La exploración identifico materiales recogidos en muestras para su respectivo análisis de laboratorio, encontrando lo siguiente:

Tabla 9. Descripción del perfil de suelo reportado.

Registro Fotográfico	Profundidad (m)		Características
	Inicio	Fin	
	0.35	5.10	Material arenoso con presencia de limos de color café oscuro, de nula plasticidad. Presenta una capa de 0.35 m con bloques de roca
	5.10	6.00	Bloques de aluvial en matriz arenosa con limos. Con contenido de gravas de tamaños variables de finos a gruesos. Los bloques son redondeados y alargados. La matriz es granular de color marrón oscuro y su compacidad es aparentemente muy compactada.

Fuente: Autor, 2025.

6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

6.1 Criterios y metodologías de análisis y diseño

6.1.1 Capacidad Portante

Para la obtención de la capacidad portante del suelo se utiliza la ecuación general de capacidad de carga formulada por Hansen en 1970 como se muestra a continuación; para el caso en específico se tiene en cuenta además la variabilidad que se genera ante la influencia de fuerzas y momento que generan excentricidad en las dos direcciones como se puede ver en las tablas siguientes.

Ecuación 1. Formula de capacidad portante.

$$qu = c'NcScdcicgcbc + qNqSqdqiqgqbq + \frac{1}{2}\gamma\ B\ N\gamma\ S\gamma\ d\gamma\ i\gamma\ g\gamma\ b\gamma$$

Fuente: Hansen, 1970.

Donde:

c'=Cohesión del suelo
q= Esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación.
λ= Peso específico del suelo.
B= Ancho de la cimentación
$Sc, Sq, S\gamma$= Factores de forma
$dc, dq, d\gamma$= Factores de profundidad
$ic, iq, i\gamma$= Factores de inclinación de la carga
$Nc, Nq, N\gamma$= Factores de forma
FS=Factor de Seguridad FS=3.

Se indica que se tiene en cuenta para el cálculo de la Capacidad portante admisible los factores de seguridad indirectos de acuerdo con lo indicado Tabla H.4.7 de NSR-10 para cimentaciones superficiales.

Tabla 10. Factores de Seguridad Indirectos FSICP Mínimos

Condición	F_{SICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

Fuente: NSR-10, 2010.

Adicionalmente, los materiales encontrados poseen las siguientes propiedades de resistencia que fueron seleccionadas del estudio de SPT y de los ensayos de laboratorio:

Tabla 11. Datos iniciales de cálculo de vcapcidad de carga.

Capacidad de carga última de Hansen		
c	7.72	$kN*m^2$
ϕ	19.04	°
γ	16.41	kN/m^3

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 12. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 0.5 m

Geometría		Factores de Capacidad de carga			Factores de "Forma"			Factores de Profundidad			Factores de inclinación de Carga			Capacidad Portante y cargas admisibles		
L (m)	B (m)	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	Ic	Iq	Iγ	q (kN)	q_u (kN/m²)	q_{adm} (kN/m²)
0.50	0.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	323.88	108.0
0.80	0.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.25	1.39	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	289.79	96.6
1.00	1.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.20	1.31	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	279.66	93.2
1.20	1.20	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.17	1.26	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	273.72	91.2
1.50	1.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.13	1.21	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	269.01	89.7
1.80	1.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.11	1.17	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	267.10	89.0
2.00	2.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.10	1.15	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	266.76	88.9
2.50	2.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.08	1.12	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	267.87	89.3
3.00	3.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.07	1.10	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	270.65	90.2
3.50	3.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.06	1.09	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	274.40	91.5
4.00	4.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.05	1.08	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	278.74	92.9
4.50	4.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.04	1.07	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	283.48	94.5
5.00	5.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.04	1.06	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	288.51	96.2
5.50	5.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.04	1.06	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	293.73	97.9
6.00	6.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.03	1.05	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	299.11	99.7
6.50	6.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.03	1.05	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	304.61	101.5
7.00	7.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.03	1.04	1.00	1.0	1.0	1.0	8.2	310.20	103.4

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 13. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 1.0 m

Geometría		Factores de Capacidad de carga			Factores de "Forma"			Factores de Profundidad			Factores de inclinación de Carga			Capacidad Portante y cargas admisibles		
L (m)	B (m)	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	Ic	Iq	Iγ	q (kN)	q_u (kN/m²)	q_{adm} (kN/m²)
0.50	0.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.44	1.68	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	442.78	147.6
0.80	0.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.36	1.55	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	416.83	138.9
1.00	1.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	433.88	144.6
1.20	1.20	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.33	1.51	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	412.95	137.6
1.50	1.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.27	1.41	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	393.24	131.1
1.80	1.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.22	1.34	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	381.33	127.1
2.00	2.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.20	1.31	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	375.99	125.3
2.50	2.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.16	1.25	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	368.10	122.7
3.00	3.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.13	1.21	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	364.88	121.6
3.50	3.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.11	1.18	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	364.34	121.4
4.00	4.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.10	1.15	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	365.47	121.8
4.50	4.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.09	1.14	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	367.72	122.6
5.00	5.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.08	1.12	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	370.74	123.6
5.50	5.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.07	1.11	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	374.33	124.8
6.00	6.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.07	1.10	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	378.35	126.1
6.50	6.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.06	1.09	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	382.69	127.6
7.00	7.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.06	1.09	1.00	1.0	1.0	1.0	16.4	387.29	129.1

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 14. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 1.5 m

Geometría		Factores de Capacidad de carga			Factores de "Forma"			Factores de Profundidad			Factores de inclinación de Carga			Capacidad Portante y cargas admisibles		
L (m)	B (m)	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	Ic	Iq	Iγ	q (kN)	q_u (kN/m²)	q_{adm} (kN/m²)
0.50	0.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.50	1.77	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	576.42	192.1
0.80	0.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.43	1.67	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	549.83	183.3
1.00	1.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.39	1.61	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	534.64	178.2
1.20	1.20	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.36	1.55	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	521.49	173.8
1.50	1.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	543.88	181.3
1.80	1.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.33	1.51	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	517.57	172.5
2.00	2.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.30	1.46	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	505.03	168.3
2.50	2.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.24	1.37	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	484.18	161.4
3.00	3.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.20	1.31	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	472.33	157.4
3.50	3.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.17	1.26	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	465.61	155.2
4.00	4.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.15	1.23	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	462.11	154.0
4.50	4.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.13	1.21	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	460.76	153.6
5.00	5.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.12	1.19	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	460.90	153.6
5.50	5.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.11	1.17	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	462.14	154.0
6.00	6.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.10	1.15	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	464.19	154.7
6.50	6.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.09	1.14	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	466.87	155.6
7.00	7.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.09	1.13	1.00	1.0	1.0	1.0	24.6	470.05	156.7

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 15. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 2.0 m

Geometría		Factores de Capacidad de carga			Factores de "Forma"			Factores de Profundidad			Factores de inclinación de Carga			Capacidad Portante y cargas admisibles		
L (m)	B (m)	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	Ic	Iq	Iγ	q (kN)	q_u (kN/m²)	q_{adm} (kN/m²)
0.50	0.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.53	1.82	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	707.00	235.7
0.80	0.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.48	1.73	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	680.93	227.0
1.00	1.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.44	1.68	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	665.13	221.7
1.20	1.20	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.41	1.64	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	650.73	216.9
1.50	1.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.37	1.57	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	631.78	210.6
1.80	1.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.34	1.52	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	615.85	205.3
2.00	2.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	653.88	218.0
2.50	2.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.32	1.49	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	616.11	205.4
3.00	3.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.27	1.41	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	592.97	197.7
3.50	3.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.23	1.35	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	578.20	192.7
4.00	4.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.20	1.31	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	568.66	189.6
4.50	4.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.18	1.27	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	562.60	187.5
5.00	5.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.16	1.25	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	558.99	186.3
5.50	5.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.15	1.22	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	557.14	185.7
6.00	6.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.13	1.21	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	556.63	185.5
6.50	6.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.12	1.19	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	557.14	185.7
7.00	7.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.11	1.18	1.00	1.0	1.0	1.0	32.8	558.46	186.2

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 16. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 2.5 m

Geometría		Factores de Capacidad de carga			Factores de "Forma"			Factores de Profundidad			Factores de inclinación de Carga			Capacidad Portante y cargas admisibles		
L (m)	B (m)	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	Ic	Iq	Iγ	q (kN)	q_u (kN/m²)	q_{adm} (kN/m²)
0.50	0.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.55	1.85	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	836.10	278.7
0.80	0.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.50	1.78	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	810.68	270.2
1.00	1.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.48	1.73	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	794.78	264.9
1.20	1.20	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.45	1.69	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	779.87	260.0
1.50	1.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.41	1.64	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	759.47	253.2
1.80	1.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.38	1.58	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	741.49	247.2
2.00	2.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.36	1.55	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	730.80	243.6
2.50	2.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	763.89	254.6
3.00	3.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.33	1.51	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	726.83	242.3
3.50	3.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.29	1.44	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	702.11	234.0
4.00	4.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.25	1.39	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	685.11	228.4
4.50	4.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.22	1.34	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	673.25	224.4
5.00	5.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.20	1.31	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	664.99	221.7
5.50	5.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.18	1.28	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	659.35	219.8
6.00	6.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.17	1.26	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	655.68	218.6
6.50	6.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.15	1.24	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	653.51	217.8
7.00	7.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.14	1.22	1.00	1.0	1.0	1.0	41.0	652.53	217.5

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 17. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 3.0 m

Geometría		Factores de Capacidad de carga			Factores de "Forma"			Factores de Profundidad			Factores de inclinación de Carga			Capacidad Portante y cargas admisibles		
L (m)	B (m)	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	Ic	Iq	Iγ	q (kN)	q_u (kN/m²)	q_{adm} (kN/m²)
0.50	0.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.56	1.87	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	964.39	321.5
0.80	0.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.52	1.81	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	939.56	313.2
2.00	1.80	5.82	13.97	2.50	1.38	1.31	0.64	1.41	1.64	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	847.18	282.4
1.20	1.20	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.48	1.73	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	908.64	302.9
1.50	1.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.44	1.68	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	887.48	295.8
1.80	1.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.41	1.64	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	868.22	289.4
2.00	2.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.39	1.61	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	856.46	285.5
2.50	2.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.35	1.54	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	830.71	276.9
3.00	3.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	873.89	291.3
3.50	3.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.34	1.53	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	837.34	279.1
4.00	4.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.30	1.46	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	811.46	270.5
4.50	4.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.27	1.41	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	792.71	264.2
5.00	5.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.24	1.37	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	778.93	259.6
5.50	5.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.22	1.34	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	768.77	256.3
6.00	6.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.20	1.31	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	761.33	253.8
6.50	6.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.18	1.28	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	755.98	252.0
7.00	7.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.17	1.26	1.00	1.0	1.0	1.0	49.2	752.27	250.8

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 18. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 3.5 m

Geometría		Factores de Capacidad de carga			Factores de "Forma"			Factores de Profundidad			Factores de inclinación de Carga			Capacidad Portante y cargas admisibles		
L (m)	B (m)	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	Ic	Iq	Iγ	q (kN)	q_u (kN/m²)	q_{adm} (kN/m²)
0.50	0.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.57	1.88	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	1092.19	364.1
0.80	0.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.54	1.83	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	1067.85	356.0
1.00	1.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.52	1.80	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	1052.17	350.7
1.20	1.20	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.50	1.77	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	1037.03	345.7
1.50	1.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.47	1.72	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	1015.47	338.5
1.80	1.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.44	1.68	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	995.42	331.8
2.00	2.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.42	1.65	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	982.94	327.6
2.50	2.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.38	1.59	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	954.87	318.3
3.00	3.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.34	1.53	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	931.10	310.4
3.50	3.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	983.89	328.0
4.00	4.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.35	1.54	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	947.73	315.9
4.50	4.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.31	1.48	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	920.96	307.0
5.00	5.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.28	1.43	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	900.78	300.3
5.50	5.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.25	1.39	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	885.39	295.1
6.00	6.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.23	1.36	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	873.58	291.2
6.50	6.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.22	1.33	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	864.54	288.2
7.00	7.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.20	1.31	1.00	1.0	1.0	1.0	57.4	857.66	285.9

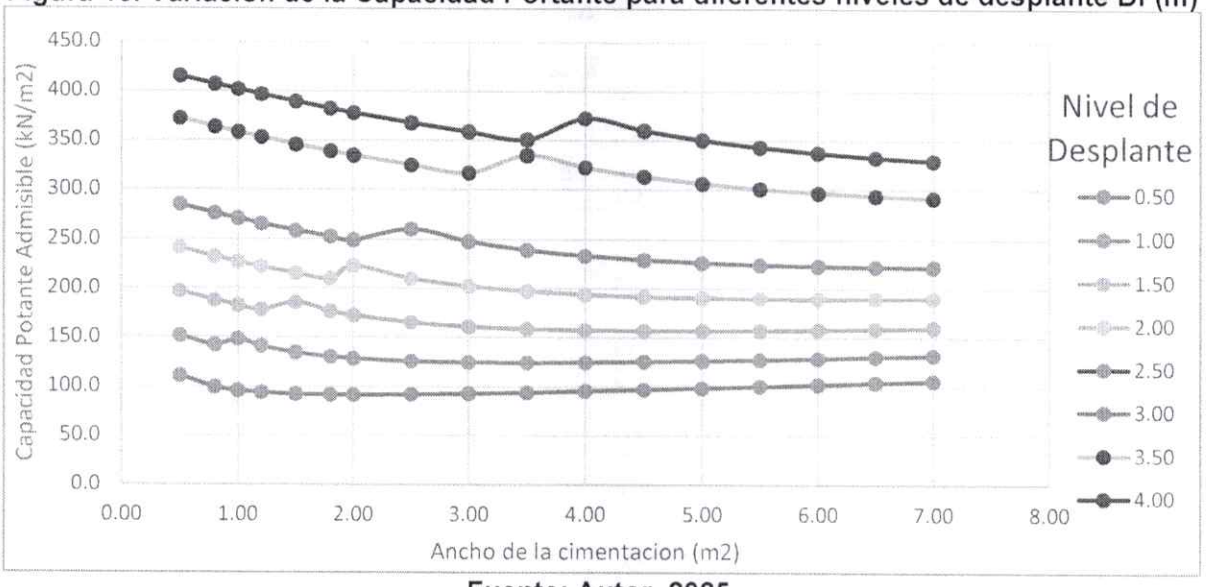
Fuente: Autor, 2025.

Tabla 19. Estimación de Capacidad Portante para diferentes dimensiones de zapatas con Nivel de Desplante Df 4.0 m

Geometría		Factores de Capacidad de carga			Factores de "Forma"			Factores de Profundidad			Factores de inclinación de Carga			Capacidad Portante y cargas admisibles		
L (m)	B (m)	Nq	Nc	Nγ	Sc	Sq	Sγ	dc	dq	dγ	Ic	Iq	Iγ	q (kN)	q_u (kN/m²)	q_{adm} (kN/m²)
0.50	0.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.58	1.89	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1219.68	406.6
0.80	0.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.55	1.85	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1195.75	398.6
1.00	1.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.53	1.82	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1180.22	393.4
1.20	1.20	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.51	1.79	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1165.10	388.4
1.50	1.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.48	1.75	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1143.34	381.1
1.80	1.80	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.46	1.71	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1122.80	374.3
2.00	2.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.44	1.68	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1109.83	369.9
2.50	2.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1080.07	360.0
3.00	3.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.37	1.57	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1054.12	351.4
3.50	3.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.34	1.53	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1031.78	343.9
4.00	4.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.40	1.62	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1093.89	364.6
4.50	4.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.36	1.55	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1058.03	352.7
5.00	5.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.32	1.49	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1030.56	343.5
5.50	5.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.29	1.45	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	1009.21	336.4
6.00	6.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.27	1.41	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	992.44	330.8
6.50	6.50	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.25	1.38	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	979.19	326.4
7.00	7.00	5.82	13.97	2.50	1.42	1.35	0.60	1.23	1.35	1.00	1.0	1.0	1.0	65.6	968.72	322.9

Fuente: Autor, 2025.

Figura 10. Variación de la Capacidad Portante para diferentes niveles de desplante Df (m)



Fuente: Autor, 2025.

En este punto se aclara que, dada la variabilidad espacial vertical y horizontal del perfil del perfil de suelo, así como su comportamiento geotécnico y de compresibilidad se recomienda para los diseños conservadores estructurales utilizar los valores presentados en las tablas anteriores. En el anexo 3. se adjunta la totalidad de los cálculos de capacidad portante.

6.1.2 Asentamientos

Basados en la cimentación desplanta se tienen estructuras para los diferentes niveles de desplante, por lo que sus asentamientos se calculan de acuerdo a la teoría de la elasticidad, por medio la siguiente expresión:

Ecuación 2. Ecuacion de Asentamientos

$$Sc = q * (\alpha B) * \frac{1-\mu^2}{E} * I_s$$

Fuente: Teoria de la elasticidad0, 1885.

La cual resulta en asentamientos inmediatos o elásticos, de acuerdo al uso de datos como el módulo de elasticidad, la relación de Poisson, factor de forma, factor de ubicación de la cimentación donde se calcula el asentamiento, el ancho de la cimentación y la carga. De esta manera se logra calcular el asentamiento inmediato y se realiza una corrección por ser un tipo de cimentación rígida (Se R), este valor no superara el máximo admisible de 25.4 milímetros.

Adicionalmente, con los resultados obtenidos se dio paso al cálculo del módulo de reacción o módulo de balasto, que indica la rigidez del terreno que es debida al tipo de material, entre más alto sea su magnitud, mayor será la rigidez y la distribución de cargas que el suelo llega a presentar dentro de su comportamiento mecánico, frente a la exposición de cargas y resistencia a los asentamientos.

Tabla 20. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 0.50 m

Geometría		Asentamientos Inmediatos									
L (m)	D_f (m)	α	μ	Es (Kpa)	m (L/B)	Prof. Estr.	n	Is	Se (mm)	Se R (mm)	Kv (kN/M^3)
0.50	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	22.00	0.555	1.36	1.27	85.22
0.80	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	13.75	0.552	1.94	1.80	53.58
1.00	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	11.00	0.550	2.33	2.17	43.04
1.20	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	9.17	0.548	2.72	2.53	36.01
1.50	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	7.33	0.544	3.33	3.09	28.98
1.80	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	6.11	0.541	3.94	3.66	24.30
2.00	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.50	0.539	4.35	4.05	21.95
2.50	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.40	0.534	5.41	5.03	17.74
3.00	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.67	0.528	6.50	6.04	14.93
3.50	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.14	0.523	7.61	7.07	12.93
4.00	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.75	0.518	8.74	8.13	11.43
4.50	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.44	0.512	9.90	9.21	10.26
5.00	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.20	0.507	11.08	10.30	9.34
5.50	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.00	0.502	12.27	11.41	8.58
6.00	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.83	0.496	13.49	12.54	7.95
6.50	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.69	0.491	14.72	13.69	7.42
7.00	0.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.57	0.485	15.96	14.85	6.96

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 21. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 1.00 m

Geometría		Asentamientos Inmediatos									
L (m)	D_f (m)	α	μ	Es (Kpa)	m (L/B)	Prof. Estr.	n	Is	Se (mm)	Se R (mm)	Kv (kN/M^3)
0.50	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	20.00	0.555	1.86	1.73	85.30
0.80	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	12.50	0.551	2.78	2.59	53.67
1.00	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	10.00	0.549	3.61	3.35	43.13
1.20	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	8.33	0.546	4.10	3.81	36.10
1.50	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	6.67	0.543	4.85	4.51	29.07
1.80	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.56	0.539	5.61	5.21	24.38
2.00	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.00	0.537	6.11	5.69	22.04
2.50	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.00	0.531	7.40	6.88	17.83
3.00	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.33	0.525	8.71	8.10	15.02
3.50	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.86	0.519	10.03	9.33	13.02
4.00	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.50	0.513	11.37	10.57	11.52
4.50	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.22	0.507	12.72	11.83	10.36
5.00	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.00	0.502	14.08	13.10	9.44
5.50	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.82	0.496	15.46	14.37	8.68
6.00	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.67	0.490	16.84	15.66	8.05
6.50	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.54	0.484	18.23	16.95	7.53
7.00	1.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.43	0.478	19.62	18.25	7.07

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 22. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 1.50 m

Geometría		Asentamientos Inmediatos									
L (m)	D_f (m)	α	μ	Es (Kpa)	m (L/B)	Prof. Estr.	n	Is	Se (mm)	Se R (mm)	Kv (kN/M³)
0.50	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	18.00	0.554	2.42	2.25	85.41
0.80	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	11.25	0.550	3.66	3.41	53.78
1.00	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	9.00	0.547	4.43	4.12	43.23
1.20	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	7.50	0.545	5.16	4.80	36.20
1.50	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	6.00	0.541	6.68	6.21	29.18
1.80	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.00	0.537	7.57	7.04	24.49
2.00	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.50	0.534	8.17	7.60	22.15
2.50	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.60	0.528	9.67	9.00	17.94
3.00	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.00	0.521	11.19	10.40	15.14
3.50	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.57	0.515	12.70	11.81	13.14
4.00	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.25	0.508	14.23	13.23	11.64
4.50	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.00	0.502	15.75	14.65	10.48
5.00	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.80	0.495	17.28	16.07	9.56
5.50	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.64	0.488	18.80	17.49	8.81
6.00	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.50	0.482	20.32	18.90	8.19
6.50	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.38	0.475	21.84	20.31	7.66
7.00	1.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.29	0.469	23.36	21.72	7.21

Fuente: Autor, 2025

Tabla 23. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 2.00 m

Geometría		Asentamientos Inmediatos									
L (m)	D_f (m)	α	μ	Es (Kpa)	m (L/B)	Prof. Estr.	n	Is	Se (mm)	Se R (mm)	Kv (kN/M³)
0.50	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	16.00	0.553	2.96	2.76	85.54
0.80	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	10.00	0.549	4.53	4.21	53.91
1.00	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	8.00	0.546	5.50	5.11	43.37
1.20	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	6.67	0.543	6.42	5.97	36.34
1.50	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.33	0.538	7.73	7.19	29.31
1.80	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.44	0.534	8.96	8.34	24.63
2.00	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.00	0.531	10.52	9.78	22.29
2.50	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.20	0.524	12.22	11.36	18.08
3.00	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.67	0.516	13.91	12.94	15.28
3.50	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.29	0.509	15.60	14.51	13.28
4.00	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.00	0.502	17.28	16.07	11.79
4.50	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.78	0.494	18.95	17.62	10.64
5.00	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.60	0.487	20.60	19.16	9.72
5.50	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.45	0.479	22.25	20.69	8.98
6.00	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.33	0.472	23.87	22.20	8.36
6.50	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.23	0.465	25.48	23.70	7.84
7.00	2.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.14	0.457	27.08	25.19	7.39

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 24. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 2.50 m

Geometría		Asentamientos Inmediatos									
L (m)	D_f (m)	α	μ	Es (Kpa)	m (L/B)	Prof. Estr.	n	Is	Se (mm)	Se R (mm)	Kv (kN/M³)
0.50	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	14.00	0.552	3.50	3.25	85.71
0.80	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	8.75	0.547	5.37	5.00	54.08
1.00	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	7.00	0.544	6.54	6.09	43.54
1.20	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.83	0.540	7.66	7.12	36.51
1.50	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.67	0.535	9.23	8.59	29.48
1.80	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.89	0.530	10.72	9.97	24.80
2.00	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.50	0.527	11.66	10.84	22.46
2.50	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.80	0.518	14.99	13.94	18.26
3.00	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.33	0.510	16.84	15.66	15.47
3.50	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.00	0.502	18.67	17.36	13.48
4.00	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.75	0.493	20.47	19.03	12.00
4.50	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.56	0.485	22.24	20.68	10.85
5.00	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.40	0.476	23.98	22.30	9.94
5.50	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.27	0.468	25.69	23.89	9.20
6.00	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.17	0.459	27.38	25.46	8.58
6.50	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.08	0.451	29.04	27.00	8.07
7.00	2.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.00	0.443	30.67	28.52	7.63

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 25. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 3.00 m

Geometría		Asentamientos Inmediatos									
L (m)	D_f (m)	α	μ	Es (Kpa)	m (L/B)	Prof. Estr.	n	Is	Se (mm)	Se R (mm)	Kv (kN/M³)
0.50	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	12.00	0.551	4.02	3.74	85.94
0.80	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	7.50	0.545	6.20	5.77	54.31
2.00	3.00	4.00	0.27	79570	1.1	6.00	3.33	0.554	12.80	11.90	23.73
1.20	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.00	0.537	8.86	8.24	36.74
1.50	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.00	0.531	10.70	9.96	29.71
1.80	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.33	0.525	12.43	11.56	25.04
2.00	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.00	0.521	13.52	12.58	22.70
2.50	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.40	0.511	16.09	14.96	18.51
3.00	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.00	0.502	19.92	18.52	15.73
3.50	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.71	0.492	21.83	20.30	13.75
4.00	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.50	0.482	23.69	22.03	12.28
4.50	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.33	0.472	25.50	23.71	11.14
5.00	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.20	0.462	27.26	25.36	10.24
5.50	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.09	0.453	28.99	26.96	9.51
6.00	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.00	0.443	30.67	28.52	8.90
6.50	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.92	0.434	32.32	30.06	8.38
7.00	3.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.86	0.425	33.93	31.56	7.95

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 26. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 3.50 m

Geometría		Asentamientos Inmediatos									
L (m)	D_f (m)	α	μ	Es (Kpa)	m (L/B)	Prof. Estr.	n	Is	Se (mm)	Se R (mm)	Kv (kN/M^3)
0.50	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	10.00	0.549	4.54	4.22	86.25
0.80	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	6.25	0.541	7.01	6.52	54.63
1.00	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.00	0.537	8.55	7.96	44.09
1.20	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.17	0.532	10.03	9.33	37.06
1.50	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.33	0.525	12.11	11.27	30.05
1.80	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.78	0.518	14.06	13.08	25.38
2.00	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.50	0.513	15.29	14.22	23.05
2.50	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.00	0.502	18.14	16.87	18.87
3.00	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.67	0.490	20.72	19.27	16.11
3.50	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.43	0.478	24.92	23.18	14.15
4.00	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.25	0.466	26.76	24.89	12.69
4.50	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.11	0.455	28.53	26.53	11.57
5.00	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.00	0.443	30.24	28.12	10.68
5.50	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.91	0.432	31.90	29.66	9.95
6.00	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.83	0.422	33.51	31.16	9.34
6.50	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.77	0.412	35.08	32.62	8.83
7.00	3.50	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.71	0.403	36.61	34.05	8.40

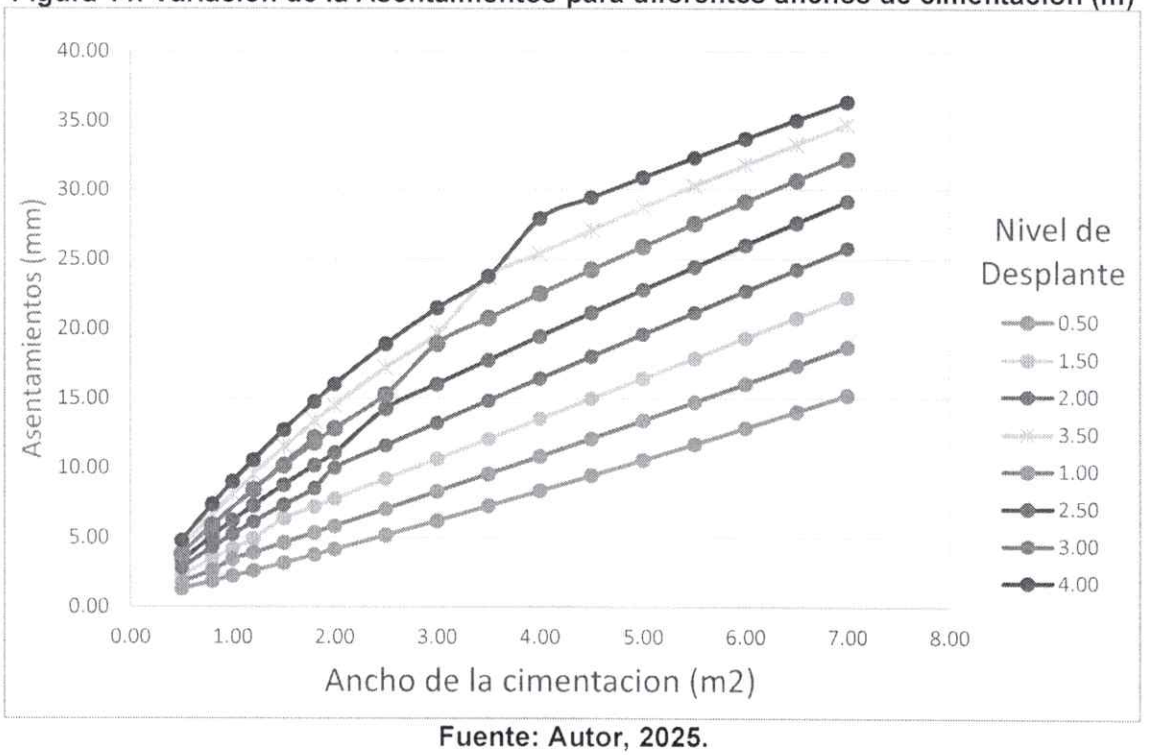
Fuente: Autor, 2025.

Tabla 27. Estimación de los Asentamiento inmediatos y modulo de reacción para un nivel de desplante de Df = 4.00 m

Geometría		Asentamientos Inmediatos									
L (m)	D_f (m)	α	μ	Es (Kpa)	m (L/B)	Prof. Estr.	n	Is	Se (mm)	Se R (mm)	Kv (kN/M^3)
0.50	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	8.00	0.546	5.04	4.69	86.73
0.80	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	5.00	0.537	7.78	7.23	55.11
1.00	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	4.00	0.531	9.49	8.83	44.57
1.20	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	3.33	0.525	11.12	10.34	37.56
1.50	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.67	0.516	13.41	12.47	30.56
1.80	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.22	0.507	15.53	14.45	25.91
2.00	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	2.00	0.502	16.86	15.68	23.59
2.50	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.60	0.487	19.91	18.51	19.45
3.00	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.33	0.472	22.60	21.02	16.71
3.50	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.14	0.457	25.02	23.27	14.78
4.00	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	1.00	0.443	29.38	27.32	13.35
4.50	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.89	0.430	31.00	28.83	12.23
5.00	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.80	0.417	32.55	30.27	11.35
5.50	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.73	0.405	34.04	31.66	10.62
6.00	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.67	0.394	35.50	33.02	10.02
6.50	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.62	0.383	36.93	34.34	9.50
7.00	4.00	4.00	0.27	79570	1.0	6.00	0.57	0.373	38.32	35.64	9.06

Fuente: Autor, 2025.

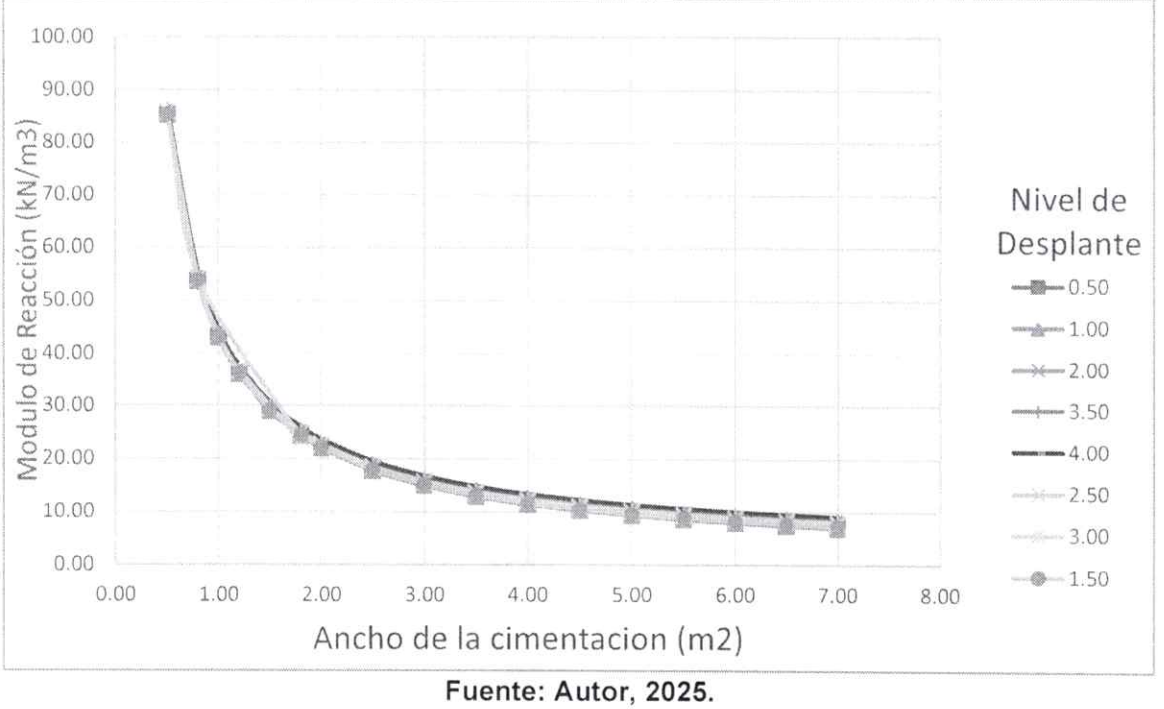
Figura 11. Variación de la Asentamientos para diferentes anchos de cimentación (m)



Fuente: Autor, 2025.

6.1.3 Módulo de balasto

Figura 12. Variación del módulo de reacción vertical para diferentes anchos de cimentación (m)



Fuente: Autor, 2025.

7. CONCLUSIONES

- ✓ En el material extraído durante la exploración geotécnica se encontró un suelo predominantemente tipo ARENA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD.

- ✓ Según el titulo A de la NSR-10, Nunchía, Casanare se clasifica como zona de amenaza sísmica Intermedia, por tanto, se recomienda tener en cuenta dichos parámetros

- ✓ El nivel freático no se encontró.

- ✓ Se recomienda una cimentación superficial con zapatas aisladas y/o corridas, unidas con vigas de amarre o de contrapeso (Según diseño Estructural) en las dos direcciones.

- ✓ De acuerdo a las tablas 11 a 18, del presente informe geotécnico se evalúa la capacidad admisible a diferentes profundidades y tamaño del cimiento. El diseñador estructural es libre de elegir a su conveniencia según el diseño y las cargas. Se recomienda cimentar a una Profundidad de **1.5 metros**, con una capacidad admisible promedio de **17,82 Ton/m^2**

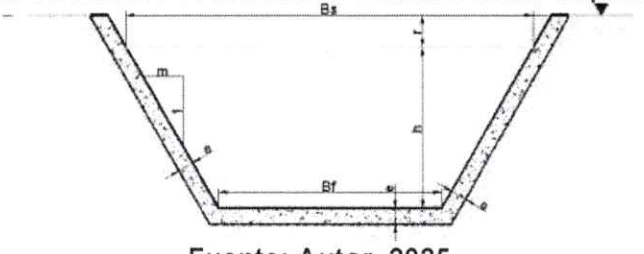
7.1 Recomendaciones de drenaje

7.1.1 Drenaje superficial

Se deberá construir un sistema de recolección de aguas superficiales (cárcamos o cunetas) localizada de manera perimetral a la estructura proyectada que permita recolectar las aguas superficiales y conducirlas lejos de los sitios de construcción de acuerdo con un diseño Hidrológico-Hidráulico particular. Se recomienda la construcción de cunetas interceptoras y rondas de coronación. Las obras se localizarán en la base de cada berma y corona de los taludes.

Se recomienda la construcción de cunetas geométricamente trapezoidales, ya que corresponden al tipo de cuneta existente en la zona, será realizadas con materiales apropiados e impermeables que permitan la durabilidad y su correcto funcionamiento, siendo concretos impermeables, además se recomienda manejar una geometría de las pendientes laterales que se adapte al terreno, para hacer una correcta intercepción de las aguas producto del escurrimiento superficial.

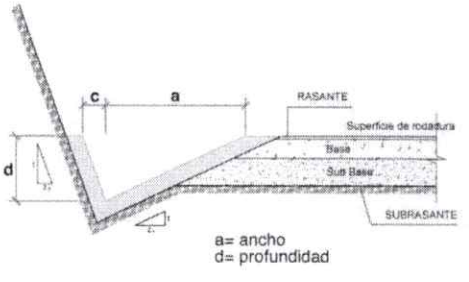
Figura 13. Detalle constructivo cuneta flexible trapezoidal.



Fuente: Autor, 2025.

Adicionalmente se recomienda también uso de cunetas triangulares que también corresponde al tipo de cunetas existente en la zona, que sean construidas con materiales apropiados e impermeables que permitan la correcta durabilidad de la estructura, con el ánimo de que su funcionalidad no se vea comprometida a mediano o corto plazo. Las cunetas se deberán ubicar en la base de los taludes y en los bordes de las bermas de las vías, con el ánimo de que el paso de agua no afecte la composición de la estructura de pavimento o el transporte de material aluvial proveniente de cortes verticales.

Figura 14. Seccion tranversal de cunetas triangulares.

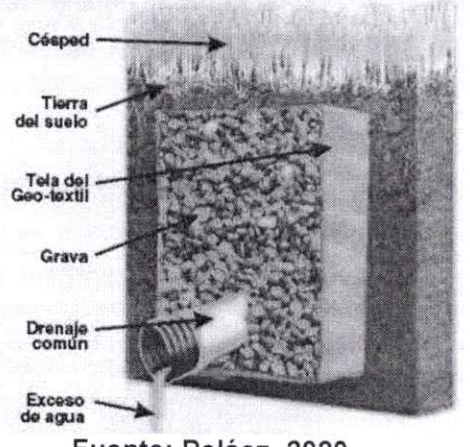


Fuente: Autor, 2025.

7.1.2 Drenaje sub - superficial

Cuando se requiera se podrá implementar en toda la zona de intervención, la construcciónde una red de filtros en espina de pescado en material granular limpio (diámetro entre 1 y 1.5") envuelto en tela geotextil del tipo no tejido (NT 2500 o similar). No se recomienda utilizar un geotextil NT1600, ya que el INVIAS ha limitado su uso (Normas y especificaciones INVIAS 2012, Artículo 673-13, Tabla 673-1 propiedades mecánicas del geotextil y Tabla 673-2 propiedades hidráulicas y de filtración mínima del geotextil),adicionalmente este tiende a colmatarse más rápido que el NT2500. Las aguas captadas se descargarán de manera controlada y siguiendo las indicacionesdel estudio hidráulico particular del proyecto.

Figura 15. Detalle constructivo de filtro en material granular.



Fuente: Peláez, 2020.

Se reitera que las obras de drenaje recomendadas tanto superficiales como sub- superficiales son recomendaciones enfocadas a proteger las obras proyectadas y fueron planteadas de manera esquemática. La totalidad de las obras de drenaje deberán contar con un diseño hidrológico e hidráulico particular.

7.2 Recomendaciones para Excavaciones

- Las excavaciones podrán ejecutarse por métodos manuales o mecánicos de acuerdo alas indicaciones de la Interventoría.

- Se deben adoptar las precauciones necesarias para evitar derrumbes durante las excavaciones, según la naturaleza y condiciones del terreno. Dado que los suelos en lazona de estudio se disgregan y pueden perder su cohesión bajo la acción de los elementos atmosféricos, tales como la humedad, sequedad, aguas subsuperficiales, dando lugar a hundimientos, es necesario proteger las paredes de los cortes verticales mediante entibados, tal y como se menciona más adelante.

- Los productos de la excavación que no hayan de retirarse de inmediato, así como los materiales que hayan de acumularse, se apilarán a una distancia suficiente del borde de la excavación para que no supongan una sobrecarga que pueda dar lugar adesprendimientos

o corrimientos de tierras en los taludes de corte.

- Cuando en los trabajos de excavación se empleen máquinas, camiones, etc. que supongan una sobrecarga, así como la existencia de tráfico rodado que transmita vibraciones que puedan dar lugar a desprendimientos de tierras en los taludes de corte, se adoptarán las medidas oportunas de refuerzo de entibaciones y señalización de las diferentes zonas.

- Siempre que dentro de las excavaciones haya operarios trabajando, se mantendrá una persona pendiente en el exterior, que podrá actuar como ayudante de trabajo y dará la alarma en caso de producirse alguna emergencia.

- En la obra se dispondrá de palancas, cuñas, barras, puntales, tablones, etc. que no se utilizarán para la entibación y se reservarán para equipo, de salvamento, así como de otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer a los operarios que puedan accidentarse.

- Si al excavar surgiera cualquier anomalía no prevista, se comunicará al personaltécnico de la Interventoría o el Consultor. Provisionalmente el contratista adoptará las medidas que estime necesarias.

7.3 Recomendaciones de construcción

Los materiales a utilizar en la obra deben ser previamente sometidos a ensayos de laboratorio para su aprobación por parte de la Interventoría; además, durante el proceso constructivo se debe realizar el control de calidad con ensayos de campo y laboratorio.

El contratista deberá presentarle a la interventoría para su aprobación las fichas técnicas de la totalidad de los materiales a utilizar en la ejecución de la obra.

Una vez se encuentre el nivel y el suelo de cimentación, se procederá a vaciar un solado en concreto pobre de espesor variable entre 0,05 m y 0,10 m, con miras a garantizar una superficie de apoyo limpia y homogénea en las actividades de armado y vaciado de la infraestructura.

Si el suelo propuesto para servir de apoyo a las fundaciones superficiales no se encuentraal nivel especificado, la excavación debe continuarse y la sobre excavación se remplazarápor concreto ciclópeo.

Las excavaciones para las fundaciones no deben permanecer expuestas a la intemperie durante períodos superiores a 24 horas. Si el vaciado no se puede realizar el mismo día en el que se ejecuta la excavación se dejará el nivel unos 0,20 m por encima de la cota defundación, los cuales se retirarán antes de proceder a realizar el vaciado.

7.3.1 Recomendaciones en Cortes

Se recomienda que los taludes se estabilicen mediante métodos empedrados conforman una solución en general fácil, que se limita a zonas pequeñas, aunque de especial importancia, como

puentes o alcantarillas. Los empedrados se generan mediante la colocación de piedras ásperas sobre la superficie del talud, preferiblemente de peso elevado (entre 10 y 20 kg) para no rejuntar el encachado. Esta medida requiere que el talud no tenga una pendiente excesiva, con el ánimo de estabilizar cualquier corrimiento de tierras pequeña, adicionando cargas a la cara del talud para mejorar su presión.

7.4 Recomendaciones de rellenos

Los llenos que se requieran para la adecuación de la obra se deberán conformar con materiales adecuados, libres de materia orgánica, basuras, lodos o terrones de arcilla. Los suelos orgánicos o los que contengan basuras y escombros no son materiales aptos para realizar rellenos; por consiguiente, éstos no se deberán utilizar en la construcción de la obra.

Los materiales de lleno se colocarán por capas de no más de 0.20 m de espesor compactando cada capa hasta alcanzar el 98% de la densidad seca máxima que se obtuvo en el ensayo Proctor Modificado. No se colocará la capa siguiente hasta no haber alcanzado la compactación en la capa anterior. Los sitios para la determinación de la densidad de cada capa y para la verificación de la compactación de la misma se debe basar en los criterios expuestos en el artículo 220 del INVIAS capítulo 220.5.2.2.2.

Preliminarmente se considera viable utilizar suelos producto de las excavaciones en la zona de estudio, siempre y cuando estos estén libres de materiales orgánicos y suelos arcillosos. Para los suelos de la zona se realizaron ensayos de compactación en laboratorio (Proctor Modificado) y CBR. Del ensayo de Proctor se destaca una densidad seca máxima de 16.21 kN/m^3.

Los materiales de lleno deberán cumplir con las especificaciones definidas en los artículos 220-14 y 610-14 del INVIAS. El material producto de las excavaciones podría ser utilizado para la conformación de llenos siempre y cuando cumpla las especificaciones definidas (artículos 220-14 y 610-14 del INVIAS). Se reitera que hasta 0.30 m se detectaron suelos orgánicos distribuidos erráticamente en profundidad, estos materiales se descartan parala conformación de llenos.

Tabla 28. Requisitos de los materiales para terraplenes.

Tabla 220 - 1. Requisitos de los materiales para terraplenes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) *(Nota 1)*	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) *(Nota 2)*	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Fuente: Norma INVIAS, 2013.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2013 INVIAS

8. REFERENCIAS

AIS, Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14. Seccion 3: Cargas y factores de carga.

ASTM Standard D4318-93: Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

ASTM Standard D2166-91: Test Method for Unconfined Compressive Strenght of Cohesive Soil.

INVIAS (2013). Ensayo normal de penetración (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido. Titulo 111.

INVIAS (2013). Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado. Titulo 122.

INVIAS (2013). Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos. Titulo 123.

INVIAS (2013). Limite plástico e índice de plasticidad, Titulo 127.

INVIAS (2013). Relaciones de humedad – Peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación).

NORMA SISMO RESISTENTE (2010). Capitulo C. Concreto Estructural.

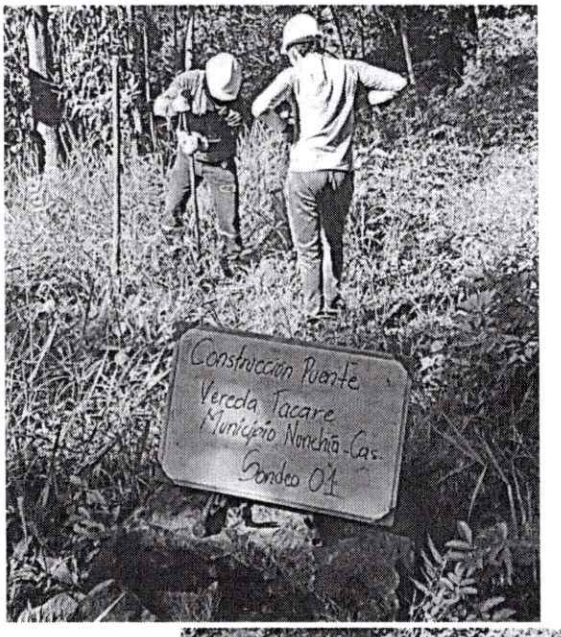
NORMA SISMO RESISTENTE (2010). Capitulo A. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO YCONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE.

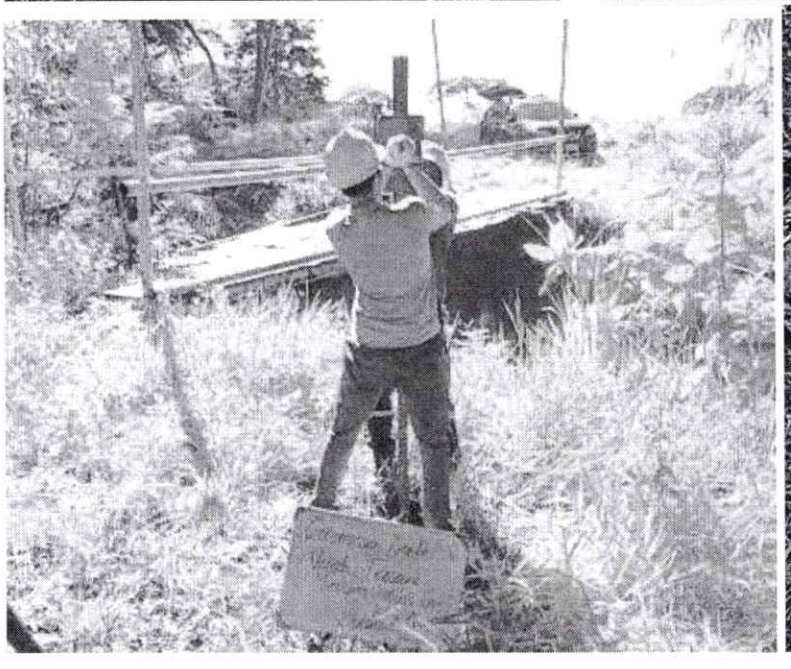
NORMA SISMO RESISTENTE (2010). Capitulo H. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.

9. Anexos

9.1 Registro fotográfico de trabajos en campo









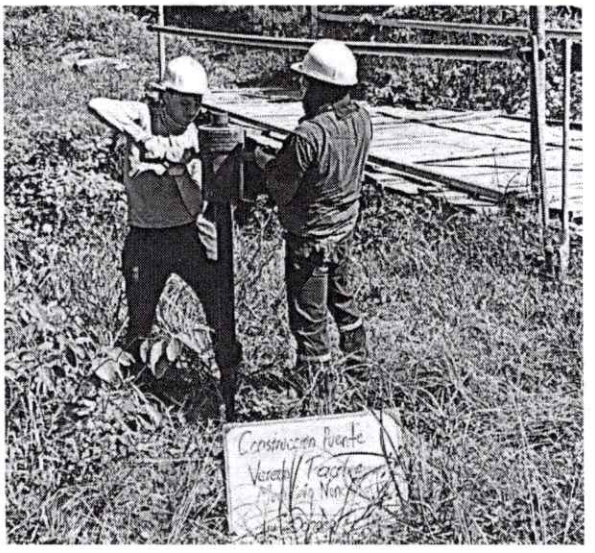

Construccion Puente
Vereda Tacare
Municipio Nunchia Cas
Sondeo 02


Construccion Puente
Vereda Tacare
Municipio Nunchia Cas
Sondeo 02


Construccion Puente
Vereda Tacare
Municipio Nunchia Cas
Sondeo 02


Construccion Puente
Vereda Tacare
Sondeo 03


Construccion Puente
Vereda


Construccion Puente
Vereda