SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA Y HABITAT
GOBERNACION DEL TOLIMA

INFORME GEOLOGIA Y GEOTECNIA

MEJORAMIENTO VIAL PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ CON EL CORREDOR DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

REALIZADO POR

LEIDY CAMILA HERNANDEZ CARRILLO
Ingeniera Civil MBA
Magister en ingeniería civil con énfasis en geotecnia
Contratista
Secretaria de Infraestructura y Hábitat

IBAGUE, TOLIMA
JUNIO DE 2025

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 4
2. OBJETIVOS 4
2.1. OBJETIVO GENERAL 4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
3. DESCRIPCION DEL PROYECTO 4
4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
5. GEOLOGÍA 5
4.1. GEOLOGÍA REGIONAL 5
5.2. GEOLOGÍA LOCAL 8
6. FALLAMIENTO 9
7. SISMICIDAD 10
6.1. Aceleración y velocidad pico efectiva 10
8. INFRAESTRUCTURA VECINAS 10
9. ESTUDIOS GEOTECNICO 11
9.1. DESCRIPCIÓN PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO 11
9.2. LOCALIZACIÓN DE LOS APIQUES 11
8.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO 13
8.3. DESCRIPCIÓN DE NIVELES FREÁTICOS O AGUAS SUBTERRÁNEAS 14
9. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS 14
9.1. SUELOS EXPANSIVOS 14
10. ANALISIS DE RESULTADO 15
10.1. CBR DE DISEÑO 16
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 17
12. BIBLIOGRAFÍA 18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto
Figura 2. Geología Regional
Figura 3. Perfil geológico C-C´ de la ciudad de Ibagué
Figura 4. Zonas de amenaza sísmica
Figura 5. Valores típicos de Av y Aa
Figura 6. Localización general de la investigación de campo de la Alcaldía de Ibagué
Figura 7. Localización general de la investigación de campo desarrollada por la Gobernación del Tolima
Figura 7. Valor percentil por nivel de transito
Figura 8. Clasificación CBR de menor a mayor
Figura 9. Calculo CBR de diseño

LISTA DE TABLAS

- **Tabla 1:** Clasificación de los materiales predominantes en función de su origen
- **Tabla 2:** Georreferenciación de exploraciones
- **Tabla 3:** Resultados de ensayos de caracterización
- **Tabla 4:** Resultados de ensayos de CBR y clasificación de los suelos.
- **Tabla 5:** Potencial de expansión

LISTA DE ANEXOS

- **Anexo 1.** Estudio de suelos apiques 2019 (Alcaldía de Ibagué)
- **Anexo 2.** Estudio de suelos apiques 2025 (Gobernación del Tolima)
- **Anexo 3.** Ensayos de laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

El informe de geología y geotecnia presenta de manera precisa las condiciones geológicas a nivel regional del municipio y local sobre el área del proyecto, así mismo la descripción y análisis geotécnico para el **MEJORAMIENTO VIAL PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ CON EL CORREDOR DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.**

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un informe de geología y geotecnia para los estudios y diseños para el **MEJORAMIENTO VIAL PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ CON EL CORREDOR DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.**

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una caracterización geológica regional del Municipio de Ibagué, Departamento del Tolima.
- Describir la geología local presente sobre las calles 125ª la 171 con carrera 9 y 14 del municipio de Ibagué, Departamento del Tolima.
- Presentar por medio de tablas resumen la información contenida del estudio de suelos
- Establecer el análisis de los resultados de la tipología de suelos y comportamientos geotécnicos de los mismos.

3. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto contempla la intervención integral de 3.9 kilómetros de vía urbana en el municipio de Ibagué, departamento del Tolima, con el objetivo de fortalecer la conectividad regional con los municipios del norte del departamento como Venadillo, Alvarado, Lérida, Ambalema y Mariquita, así como con los corregimientos de El Salado, San Bernardo y San Juan de la China. Estas zonas rurales y urbanas hacen parte de un corredor estratégico de movilidad que articula las dinámicas sociales, económicas y productivas entre Ibagué y el norte del Tolima. Las obras están localizadas principalmente en la Comuna 7 de la ciudad y abarcan un total de 46 calles equivalentes a 46.176 m² de área intervenida.

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El tramo objeto de intervención se encuentra localizado sobre las carreras 9 y 14 desde la calle 125 a la 171 del municipio de Ibagué, departamento del Tolima, específicamente en las siguientes coordenadas y ubicación.



Figura 1. Localización del proyecto
Fuente. Propia SIH.

5. GEOLOGÍA

4.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Partiendo de la revisión bibliográfica, en la regional se encuentran formaciones geológicas de origen ígneo, metamórfico y sedimentación desde edades que datan del precámbrico (PEnat) hasta cuaternario (Qai, Ql, Qfl)

El precámbrico consisten en rocas con metamorfismo regional de alto grado, en el que se intercalan neises y de anfibolitas, correlacionado por Mosquera (Mosquera et al., 1982) con la unidad Neises y Anfibolitas de Tierradentro, de 1300 millones de años, según datación radiométrica de Barrero y Vesga (Barrero & Vesga, 1976).

Algunas de los conjuntos metamórficos son los Neises y anfibolitas de Tierradentro (PEnat) los cuales afloran hacia el occidente de la ciudad de Ibagué a aproximadamente 3km teniendo contacto por sus costados por medio de la falla Chapetón – Pericos. Las rocas predominantes son las anfibolitas las cuales presentan texturas nematoblastica y clivaje regular, en su estructura contiene minerales como plagioclasas y cristales alargado, aciculares orientados en dirección SW-NE de hornblendas; ahora bien, los neises presentan color claro con texturas granulares gruesas, compuestas principalmente por cuarzo, plagioclasas y anfibol.

De la era del paleozoico encontramos el Complejo Cajamarca (Pev, Pes), de acuerdo con la denominada así por Gonzalez, 1989; predominado por esquistos verdes (clorita-actinolita) y esquistos negros (cuarzo sericiticos grafitosos). La unidad litología hace alusión a una secuencia espesa y estructuralmente complejo, compuesta por una gran variedad de rocas entre las cuales se encuentran las mencionadas anteriormente.

De la era Mesozoica, encontramos macizos rocosos entre las cuales se encuentra la formación Honda (Khl) de edad cretácica y el Batolito de Ibagué (Jgd) de la era jurásica, los cuales tienen las siguientes características:

- **FORMACIÓN HONDA (KHL):** Conformado por bancos de calizas arenosas y lodolitas calcáreas y Shales, presentan espesores de hasta 250m y afloran al oriente del abanico de Ibagué, en las investigaciones realizadas se evidencia deformaciones y fracturamiento productos de agentes tectónicos con formación de amplios pliegues y fallas de cabalgamiento.

- **BATOLITO DE IBAGUÉ (JGD):** De acuerdo con dataciones radiométricas se estableció se formó hace aproximadamente 140 millones de años (Barrero & Vesga, 1976). Corresponde a una roca plutónica de mayor extensión y volumen del departamento, es el basamento principal sobre el cual esta apoyados los depósitos de demás unidades litológicas que conforman la ciudad de Ibagué por lo anterior se constituye de gran importancia para el estudio sismológicos y sísmica en la ciudad. La roca predominante en la granodiorita de textura faneríticas con grano medio a grueso, seguido de las tonalitas y las cuarzomonzonita. Los minerales que conforman la roca predominante, es decir, la granodiorita, son la plagioclasa con un porcentaje del 51%, cuarzo con 24%, ortoclasa con 10%, biotita con 8% y hornblendas con una 6% de contenido, (Mosquera et al., 1982).

De acuerdo con la actualización de la microzonificación sísmica en el municipio de Ibagué, realizado por la Universidad Javeriana, el batolito de Ibagué se encuentra en contacto fallado con las rocas metamórficas del complejo Cajamarca y con los neises y anfibolitas de Tierradentro a través de la falla de Ibagué y la falla Chapetón – Pericos, ver Imagen No. 6. En el contacto con los neises y anfibolitas de Tierradentro, el batolito presenta débil foliación, clivaje regular a malo, fracturamiento por mecanismo de cizalla, y se compone de cuarzo (20%), plagioclasa (35%), hornblenda (15%) y biotita (5%) y fue clasificado como neis milonítico (Vergara & Moreno, 1992).

Para la era del cuaternarios se asocian principalmente depósitos volcanoclásticos del Abanico de Ibagué (Qai), lahares y flujos piroclásticos del volcán Machín (Qfl) y lavas del volcán Guacharaco (Ql)

- **ABANICO DE IBAGUÉ (Qai):** De acuerdo con las relaciones litológicas y dataciones radiométricas de eventos volcánicos sugieren que la acumulación de materiales fue iniciada, probablemente, en el Pleistoceno que indican el inicio de emisión de lava y actividad piroclástica del volcán del Tolima entre aproximadamente 200,000 y 140,000 años (Thouret & Salinas, 1991).

  Está conformada por depósitos volcanoclásticos que han rellenado la paleo topográfica de la ciudad de Ibagué, a través del desplazamiento por el cauce del Rio Combeima desde el llamado cañón del Combeima, ubicación del nevado del Tolima.

  El abanico de Ibagué se encentra principalmente compuesto matrices clasto soportadas por gravas que conforman entre un 30 a 40% del volumen, por bloques de tamaño métrico con una ocupación del 50 al 70% y en ubicaciones por matrices soportadas por arenas y finos con capas lenticulares de arenas limosas y limos arenosos, con ocupación de hasta un 5%. Un 85% de los fragmentos son rocas volcánicas efusivas, principalmente lavas de roca andesita, dacita, y pómez, un 10% rocas metamórficas foliadas y 5% de roca granodiorita y cuarzo (H. Acosta & Ramírez, 1985).

  Los taludes de corte a lo largo del Río Combeima, producto del entalle sobre el abanico de Ibagué, muestran en la zona urbana espesores entre 80 y 100 m (los cuales pueden ser mayores), tal como parece indicarlo la interpretación de un registro geo-eléctrico, con un valor del orden de 240 m en el sector de Picaleña (J. Acosta et al., 2002).

En la Figura No 2. Se evidencia la geología regional tomada de Rodríguez & Muñez, 1999, usado y modificado por de acuerdo con la actualización de la microzonificación sísmica en el municipio de Ibagué, realizado por la Universidad Javeriana, 2020.

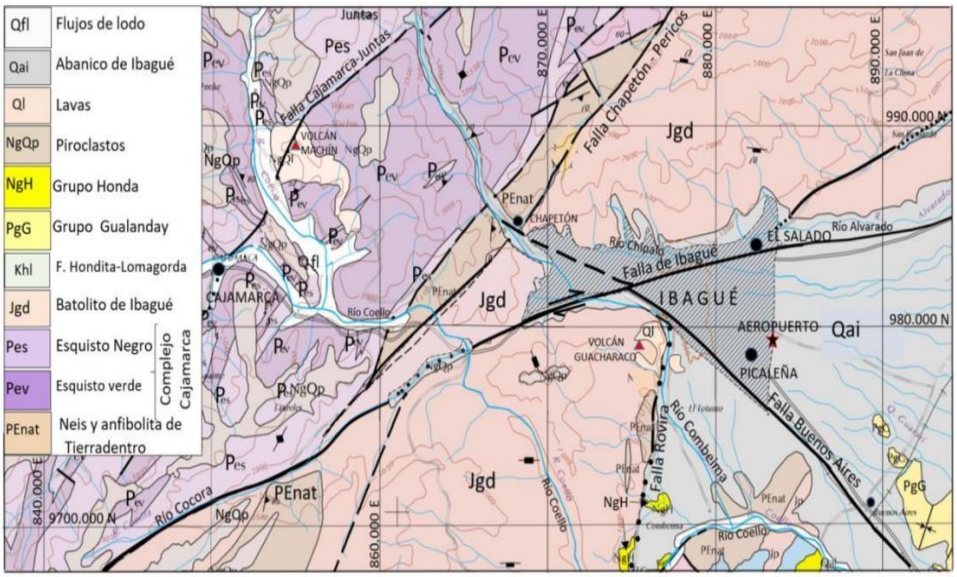


Figura 2. Geología Regional
Fuente. Rodríguez & Núñez, 1999 y capitulo 3 actualización de la microzonificación sísmica en el municipio de Ibagué en desarrollo del proceso de gestión de riesgo por la dirección de gestión del riesgo y atención a desastres, 2020.

5.2. GEOLOGÍA LOCAL

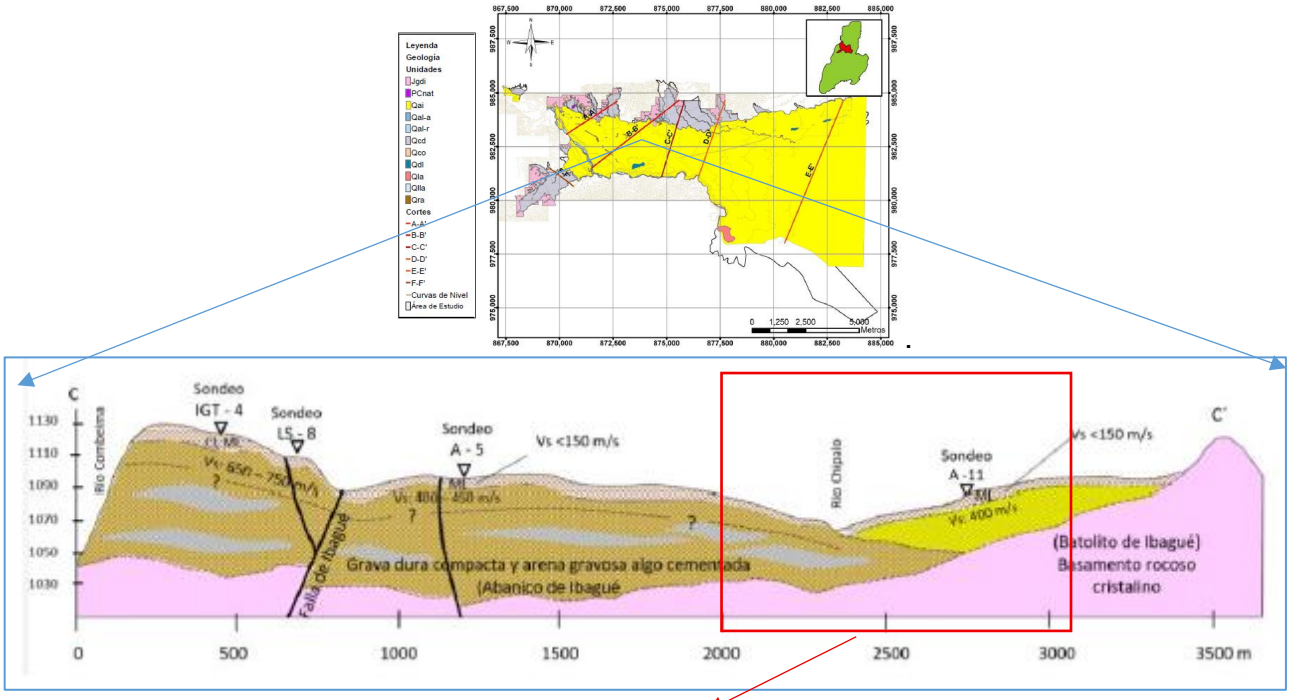
Ahora bien, a nivel local el proyecto se encuentra compuesto principalmente por formaciones geológicas del Batolito de Ibagué, que subyace sobre un depósito resiente de origen fluvio-torrencial transportados a través de depresiones de escorrentía. Presenta características de baja compresibilidad, muy baja permeabilidad, de consistencia dura a firme y a mayor profundidad son en gran medida arenosos.

Con base en el estudio de actualización de la microzonificación sísmica en el municipio de Ibagué en desarrollo del proceso de gestión de riesgo por la dirección de gestión del riesgo y atención a desastres, realizado en el año 2020; el modelo geológico del sur oriente de la ciudad de Ibagué, específicamente sobre la zona del proyecto corresponde principalmente por depósitos de 2-5m de limos de baja alta y baja plasticidad y depósitos de depósitos aluviales, gravas duras compactas y arenas gravosas algo cementadas de alrededor de 10 a 20 m de espesor, que son subyacidas por el batolito de Ibagué que se puede localizar desde afloramientos hasta los 5m de profundidad sobre el sector NE de la ciudad (zona cercana al proyecto) y de hasta a 40m hacia el S-E de Ibagué, tal y como se evidencia en la figura 3.

De acuerdo con los anterior se clasifican los materiales predominantes sobre el área de estudios de acuerdo con su origen, teniendo en cuenta las Unidades Geológicas Superficiales propuestas por Hermelin (1985) y Salazar (1995).

Tabla 1.
Clasificación de los materiales predominantes en función de su origen

ORIGEN UGI	TIPO DE UGI
Coluvial	Fragmentos de coluviones
Denudacional	Depósitos de ML y SM
Volcánico	Batolito de Ibagué



AREA CERCANA AL PROYECTO

Figura 3. Perfil geológico C-C´ de la ciudad de Ibagué

Fuente. Capítulo 3 actualización de la microzonificación sísmica en el municipio de Ibagué en desarrollo del proceso de gestión de riesgo por la dirección de gestión del riesgo y atención a desastres, 2020.

6. FALLAMIENTO

La zona urbana es atravesada por la Falla de Ibagué, la cual se ha considerado unaestructura continua de rumbo lateral derecha, de acuerdo con lo establecido en el Mapa Geológico de Colombia 2019 elaborado por el Servicio Geológico Colombiano; sin embargo, se ha evidenciado que está compuesta por particiones de la deformación a lo largo de su trazo por el Abanico de Ibagué, mostrando una mayor magnitud de expresión hacia el Oriente de la Ciudad; adicionalmente es reconocida con actividad sísmica reciente y con una magnitud sísmica probable de ML=7 (Jaramillo et al., 2000). Las características sísmicas y la morfoestructura de la Falla de Ibagué, hace de la ciudad una fuente potencialmente peligrosa para la generación de movimientos tectónicos (Osorio, y otros,

2008).

7. SISMICIDAD

De acuerdo con el estudio general de amenaza sísmica de Colombia, de la asociación de ingeniera sísmica de Colombia, el municipio de Ibagué se encuentra ubicado en una zona de intensidad sísmica intermedia. Tal y como lo recalca el Reglamento Colombiano De Sismo Resistencia NSR-10, en la imagen 6.

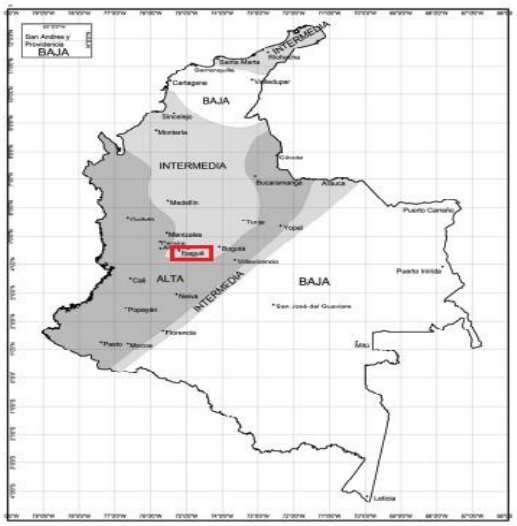


Figura 4. Zonas de amenaza sísmica
Fuente. NSR-10

6.1. Aceleración y velocidad pico efectiva

La aceleración y velocidad pico efectiva según a NSR-10, que se presenta sobre el municipio de Ibagué ubicado en la región 4, está sobre 0,2 tanto Av como Aa, tal y como se observa en la Figura 5.

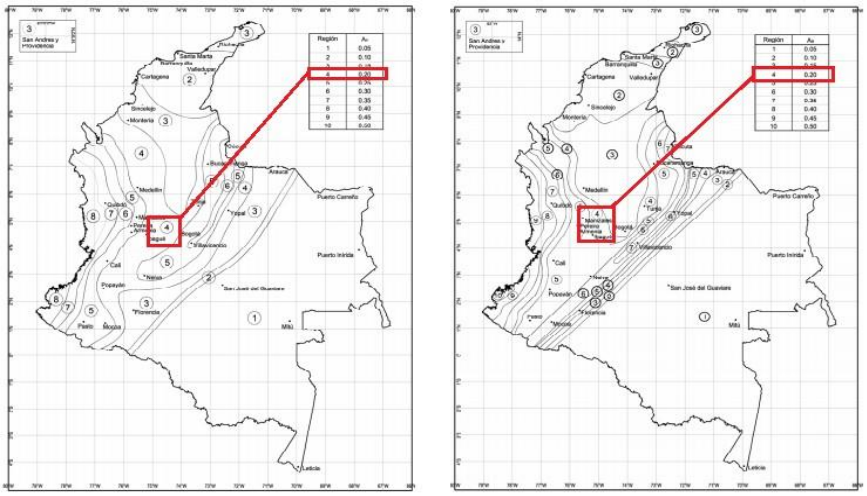


Figura 5. Valores típicos de Av y Aa
Fuente. NSR-10

8. INFRAESTRUCTURA VECINAS

La zona de afectación directa del proyecto se localiza en el casco urbano del municipio de Ibagué (Tolima), específicamente sobre la parte N-E del municipio la cual se encuentra

construido y habitado, lo anterior significa que se deberá tener pleno control de las edificaciones vecinas antes (etapa de diseño), durante (construcción) y después de la construcción.

9. ESTUDIOS GEOTECNICO

9.1. DESCRIPCIÓN PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO

En primera instancia la Alcaldía de Ibagué a través del contrato de consultoría No. 2666 de 2019, realizo la ejecución de los ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA AMPLIACION DE LA AVENIDA AMBALA DE LA 103 PUENTE EL PROGAL HASTA LA CALLE 145 PLAZA DEL SALADO DEL MUNCIPIO DE IBAGUE (ANEXO 1). En este primer estudio se contó con la ejecución de 6 Apiques de auscultación en las zonas verdes aledañas a la vía (entre calles 103 y 145).

Así mismo, la Gobernación del Tolima a través del contrato de consultoría No. 1404 de 2025 cuyo objeto es CONTRATAR LA REALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS REQUERIDOS PARA DESARROLLAR PROYECTOS DE LA SECRETARIA DE INFRAESTRCUTURA Y HÁBITAT DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, (ANEZO 2) desarrollo 10 apiques desde la calle 145 hasta la 171.

En total se contó con 16 exploraciones manuales con distancias aproximadas de 250ml de separación.

9.2. LOCALIZACIÓN DE LOS APIQUES

A continuación, se muestra la localización general de los apiques (CBR) tomados por la Alcaldía de Ibagué, los cuales fueron insumo para el desarrollo del presente proyecto. Así mismo en la figura 7, se muestra la localización general de los apiques desarrollados por la Gobernación del Tolima.



Figura 6. Localización general de la investigación de campo de la Alcaldía de Ibagué
Fuente. Informe de estudio de suelos, elaborado por Pablo de Bocarejo en el segundo trimestre de 2019.



Figura 7. Localización general de la investigación de campo desarrollada por la Gobernación del Tolima

Fuente. Informe de estudio de suelos, elaborado por Inge consultores S.A.S, en el mes de junio de 2025

Tabla 2
Georreferenciación de exploraciones

No. APIQUE	PROFUNDIDAD	LATITUD	LONGITUD
1 - GT	1,50 m	4°27'0,77" N	75°8'42.09" W
2 - GT	1,50 m	4°27'5,115" N	75°8'34,173" W
3 - GT	1,50 m	4°27'7,31" N	75°8'25,28" W
4 - GT	1,50 m	4°27'10,238" N	75°8'17,3" W
5 - GT	1,50 m	4°27'12,84" N	75°8'10,05" W
6 - GT	1,58 m	4°27'14,792" N	75°8'2,99" W
7 - GT	1,50 m	4°27'15,01" N	75°7'52,61" W
8 - GT	1,50 m	4°27'17,02" N	75°7'44,83" W
9 - GT	1,50 m	4°27'21,49" N	75°7'38,78" W
10 - GT	1,50 m	4°27'25,55" N	75°7'32,25" W
1 – A	1,10 m	4° 26' 47.56" N	75° 10' 3.17" W
2 – A	0,80 m	4° 26' 49.00" N	75° 9' 49.33" W
3 – A	1,00 m	4° 26' 50.88" N	75° 9' 31.74" W
4 – A	0,60 m	4° 26' 55.02" N	75° 9' 16.94" W
5 – A	0,60 m	4° 26' 58.25" N	75° 8' 59.73" W
6 – A	0,80 m	4° 26' 59.08" N	75° 8' 48.56" W

GT = GOBERNACION DEL TOLIMA
A= ALCALDIA

Con la muestra obtenida se llevaron a cabo los siguientes ensayos de laboratorio que permitieron determinar las características físico-mecánicas y la resistencia del suelo de fundación del proyecto:

- Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo –agregado, I.N.V. E – 122.
- Determinación del límite líquido de los suelos, I.N.V. E – 125
- Límite plástico e índice de plasticidad de suelos, I.N.V. E – 126
- Análisis granulométrico de suelos por tamizado, I.N.V. E – 123
- Clasificación del suelo mediante el Sistema unificado de clasificación del suelo (S.U.C.S)
- Relación de soporte del suelo sobre muestras alteradas. CBR alterado - 96 Hrs de saturación. INV E148-13

8.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Tabla 3
Resultados de ensayos de caracterización

APIQUE	LL	LP	IP	W%	% GRAVAS	% ARENAS	% FINOS	TIPO DE SUELO
1 - A	60.6	23.9	36.7	30.9		29.8	70.2	Fino
2 - A	78.0	23.2	54.8	21.6		29.6	70.4	Fino
3 - A	21.6	16.1	5.50	14.1		61.9	38.1	Grueso
4 - A	56.0	18.9	37.1	18.3		36.5	63.5	Fino
5 - A	36.2	14.8	21.4	13.9		48.9	51.1	Fino
6 - A	43.0	24.9	18.1	28.6		46.6	53.4	Fino
1 - GT	51.8	31,7	20.1	31.3	1.2	13.3	85.5	Fino
2 - GT	55.7	33,4	22.3	34.8	0.8	14.3	84.9	Fino
3 - GT	44.5	28	16.5	24.3	13	16.6	70.4	Fino
4 - GT	50.6	31,1	19.5	31.6	0.4	31.7	67.9	Fino
5 - GT	52.9	32	20.9	26.2	0.6	41.2	58.2	Fino
6 - GT	53.9	32,4	21.5	24.2	1.8	47.4	50.8	Fino
7 - GT	39.2	25	14.2	32.6	49.3	28.7	22.0	Grueso
8 - GT	37.1	24,5	12.6	19.7	0.9	55.0	44.1	Grueso
9 - GT	51.6	31,4	20.2	19.5	0.2	52.9	46.8	Grueso
10 - GT	36.3	24	12.3	19.3	9.7	50.8	39.5	Grueso

Tabla 4
Resultados de ensayos de CBR y clasificación de los suelos

APIQUE	CBR (SUMERG)	AASHTO	S.U.CS	DESCRIPCIÓN
1 - A	5.02		CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
2 - A	7.56		CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
3 - A	2.55	No	SM-SC	AREA LIMO ARCILLOSA
4 - A	3.82	obtenidos	CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
5 - A	8.24		CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
6 - A	4.04		CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
1 - GT	2.4	A-7-5	MH-CH	LIMO-ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
2 - GT	1.3	A-7-5	MH-CH	LIMO-ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
3 - GT	3.3	A-7-6	CL-ML	LIMO-ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
4 - GT	2.7	A-7-5	MH-CH	LIMO-ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
5 - GT	1.1	A-7-5	MH-CH	LIMO-ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
6 - GT	2.5	A-7-5	MH-CH	LIMO-ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
7 - GT	3.3	A-7-6	SC	ARENA ARCILLOSA
8 - GT	3.8	A-6	SM	ARENA LIMOSA

9 - GT	2.2	A-7-5	SC	ARENA ARCILLOSA
10 - GT	3.6	A-6	SM	ARENA LIMOSA

8.3. DESCRIPCIÓN DE NIVELES FREÁTICOS O AGUAS SUBTERRÁNEAS

Con base en las investigaciones de campo realizadas por medio de terceros tal y como se indicó en numeral 9.1. En el desarrollo de las exploraciones de campo NO se evidenció presencia de cuerpos de agua freática, sin embargo, se debe realizar el adecuado manejo de aguas de escorrentía superficial.

9. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS

9.1. SUELOS EXPANSIVOS

De acuerdo con lo estipulado en el Título H del Reglamento NSR-10, se requiere determinar el potencial de expansión de los suelos de fundación de las obras a ejecutar, lo anterior con la finalidad de poder determinar futuras posibles afectaciones a predios vecinos o problemas constructivos en la etapa de excavación o después de la construcción. En base a las propiedades físico-mecánicas determinadas para cada uno de los suelos analizados, y según la tabla N 9.1-1 Clasificación de suelos expansivos del título H (NSR-10) se evidenció que los suelos presentan los siguientes potenciales de expansión.

Tabla 5
Potencial de expansión

APIQUE	LL	IP	EXP%	POTENCIAL DE EXP
1 - A	60.6	36.7	0.22	ALTO
2 - A	78.0	54.8	4.56	MUY ALTO
3 - A	21.6	5.50	0.30	BAJO
4 - A	56.0	37.1	3.34	ALTO
5 - A	36.2	21.4	3.00	MEDIO
6 - A	43.0	18.1	1.66	MEDIO
1 - GT	51.8	20.1	1.70	ALTO
2 - GT	55.7	22.3	1.80	ALTO
3 - GT	44.5	16.5	1.50	MEDIO
4 - GT	50.6	19.5	1.80	ALTO
5 - GT	52.9	20.9	1.90	ALTO
6 - GT	53.9	21.5	1.50	ALTO
7 - GT	39.2	14.2	1.30	MEDIO
8 - GT	37.1	12.6	1.20	BAJO
9 - GT	51.6	20.2	1.20	ALTO
10 - GT	36.3	12.3	1.10	BAJO

10. ANALISIS DE RESULTADO

A partir de los ensayos de caracterización y CBR, se identifican distintas tipologías de suelos, los cuales varían entre arcillas de alta y baja plasticidad, limo-arcillas y arenas limosas, con un comportamiento mecánico y potencial expansivo heterogéneo.

1. **Caracterización granulométrica y tipo de suelo**

Según la Tabla 3, los suelos pueden agruparse en dos grandes tipos:

- **Suelos finos:** Se encuentran en los apiques 1-A hasta 5-GT, con un contenido de finos superior al 50%, destacando contenidos hasta del 70.4%. Estos suelos presentan una alta plasticidad en su mayoría, lo que indica un comportamiento susceptible a cambios volumétricos y una baja capacidad portante natural.
- **Suelos gruesos:** Observados en los apiques 6-GT a 10-GT, con porcentajes de arenas mayores al 50%, y contenido de finos entre 22.0% y 50.8%. Estos suelos tienen mejor granulometría para estructuras de soporte, aunque algunos presentan plasticidades moderadas que deben considerarse.

2. **Clasificación SUCS y AASHTO**

Conforme a la Tabla 4, los resultados indican:

- Predominancia de suelos tipo CH y MH (Arcillas y Limo-arcillas de Alta Plasticidad) en los apiques 1-A a 7-GT, con CBR inferiores al 5%, lo cual refleja muy baja capacidad de soporte y la necesidad de mejoramientos significativos para estructuras de cimentación o estructuras de pavimento.
- Suelos como el del apique 10-GT, clasificado como SM – Arena Limosa, presenta un mejor comportamiento mecánico, siendo más adecuado para uso estructural directo o como parte de capas de subrasante estabilizadas.

3. **Potencial de Expansión**

De acuerdo con la Tabla 5 y con lo estipulado en el Título H de la NSR-10, se observa:

- Potencial de expansión muy alto en el apique 2-A, con un IP de 58.4% y un EXP% de 5.8%.
- Potencial alto en los apiques 1-A, 4-A, 6-GT y 7-GT, con valores de IP mayores a 40% y EXP% entre 1.5% y 2.2%.
- Potencial medio en los apiques 3-A, 5-A, 5-GT y 8-GT, y potencial bajo en los apiques 9-GT y 10-GT.

Este comportamiento evidencia una alta susceptibilidad a expansiones volumétricas, que podrían generar afectaciones a estructuras si no se toman medidas preventivas como estabilización de suelos, uso de geosintéticos, reemplazo por materiales granulares o diseño de cimentaciones profundas.

En cuanto a la capacidad de soporte de las subrasantes (CBR) se estableció que 6 de estas tienen resistencias entre 1.00% y 2.00%, 1 tiene resistencia entre el 2.01% y el 3.00%, 8

tienen resistencia entre el 3.01% y el 4.00%, y para terminar2 presentan resistencias entre el 4.01% y el 5.00%, predominando las resistencias media-bajas en los materiales encontrados, situación que se puede estimar es producto de la exposición de la subrasante al agua por el mal estado de las capas de rodadura actuales.

10.1. CBR DE DISEÑO

Con los valores obtenidos en campo se recomienda calcular el módulo de resiliencia de diseño de la subrasante, tomando los valores percentiles por nivel de tránsito recomendados por el Instituto de Asfalto, tal y como se muestra en la figura 7.

Nivel de tránsito	Valor percentil para diseño de subrasante
< de 10,000 ESAL´s	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL´s	75
> de 1,000,000 ESAL´s	87.5

Figura 7. Valor percentil por nivel de transito
Fuente. Instituto de Asfalto (MS-1) 1991

Según índice 2.3.1 W18 (el número de ejes equivalentes de 8.2Tn) el máximo tránsito es 13.244.304 NEE, el valor percentil de diseño de subrasante corresponde a 87.5%

CBR %	MENOR A MAYOR CBR %	MAYORES O IGUALES	PERCENTIL
5.02	1.10	16	100%
7.56	1.30	15	94%
2.55	2.20	14	88%
3.82	2.40	13	81%
8.24	2.55	12	75%
4.04	2.70	11	69%
2.40	3.30	10	63%
1.30	3.30	10	63%
3.30	3.60	8	50%
2.70	3.80	7	44%
1.10	3.82	6	38%
5.20	4.04	5	31%
3.30	5.02	4	25%
3.80	5.20	3	19%
2.20	7.56	2	13%
3.60	8.24	1	6%

Figura 8. Clasificación CBR de menor a mayor
Fuente. Propia 2024

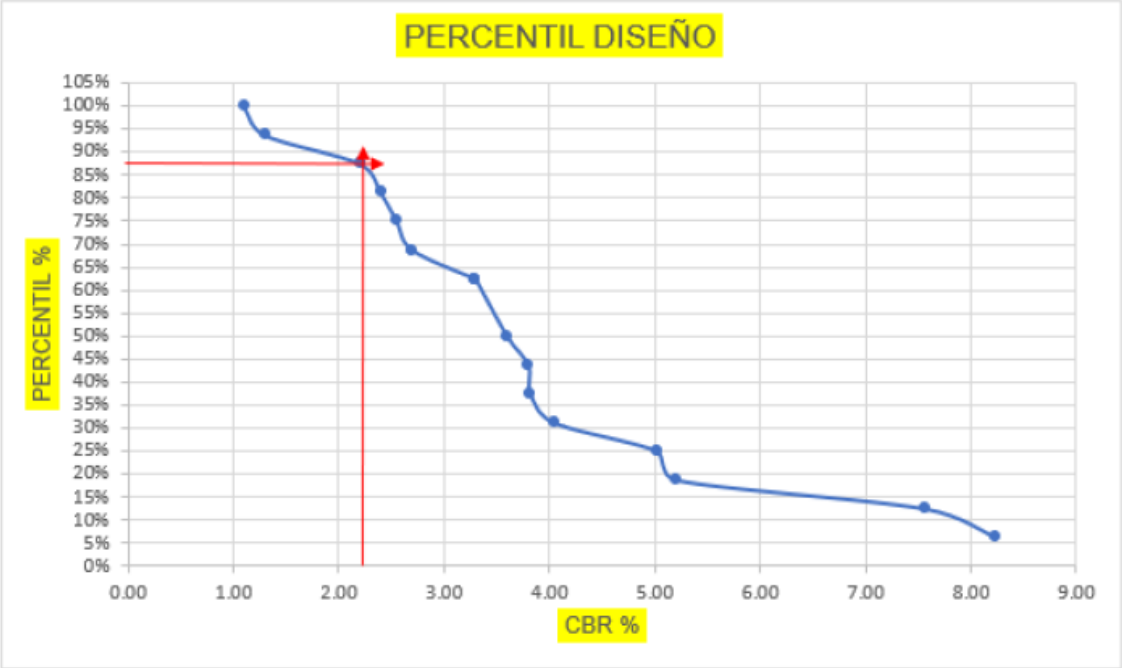


Figura 9. Calculo CBR de diseño
Fuente. Ing. Hernán Ríos, alcaldía de Ibagué

Con el cálculo del percentil, se recomienda un CBR de diseño de Max 2.20%

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las amenazas naturales son cualitativamente de riesgo bajo a medio originadas por sectores anegables, favorecida en épocas de invernales por las precipitaciones, así como inundación en la topografía de relieves bajos.
- Los procesos morfodinámicos evidentes que pueden generar daños a la vía corresponden a erosión fluvial y de tipo lateral en drenajes naturales que son atravesados por la vía, sin significar un elemento de alto riesgo, debido a que son drenajes de poco caudal.
- El suelo de fundación corresponde a un suelo **ARCILLAS Y LIMOS DE ALTA PLASTICIDAD CON GRAN PORCENTAJE DE ARENAS MAYORES AL 15%**, con potencial de expansión **ALTO**, adicionalmente contienen porcentajes de humedad mayores al límite plástico, lo que significa que existe la posibilidad del cambio de su estado al remodelarse y su volumen aumentara.
- El material proveniente de excavación no debe ser utilizados en llenos, sin previo análisis de su composición granulométricas.
- Se recomienda mantener las paredes laterales en un ángulo vertical, y tener en cuenta posibles soluciones como entibados realizando el chequeo permanente de las presiones laterales del suelo, para garantizar la estabilidad del sistema.
- El manejo de obras que regulen y canalicen adecuadamente las aguas en zonas de inundación, será un factor primordial para la efectiva y correcta vida útil, efectividad, perdurabilidad y eficiencia del corredor vial de interés.

Así mismo, se dan las siguientes recomendaciones complementarias

- Se recomienda hacer uso de un CBR de diseño de 2.2%.
- Modulo resiliente del suelo de 232.01kg/cm2.
- Por los potenciales de expansión se recomienda realizar el manejo de obras que regulen y canalicen adecuadamente las aguas en zonas de inundación, será un factor primordial para la efectiva y correcta vida útil, efectividad, perdurabilidad y eficiencia del corredor vial de interés. Lo anterior, permitirá controlar de mejor manera adecuada los fenómenos de expansión y/o contracción por cambios de humedad.
- Se recomienda una capa de renivelación de la subrasante de min 15cm con la finalidad de homogenizar las propiedades de los suelos y brindar mejor calidad estructural.

12. BIBLIOGRAFÍA

- CRUDEN, D.M. 1991. *A simple definition of a landslide: Bulletin of the Internarional Association of Ingeneering Geology, v.43, p. 27-29.*
- GEMA, 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.
- *GOOGLE EARTH.* 2023. www.googleearth.com. Consultado en mayo de 2021.
- INGEOMINAS. 2007a. Geología de la Plancha 282 Escala 1:100.000. Bogotá D.C.
- INGEOMINAS. 2007b. Geología de la Plancha 282 Memoria Explicativa. Bogotá D.C. 120p.
- INGEOMINAS. 1999. Mapa Geológico Generalizado. Memoria Explicativa. Bogotá D.C. 89p.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. 2023 www.ideam.gov.co. http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html. Consultado en Abril de 2023
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC; INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM; DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA – DANE. 2011. Reporte de áreas afectadas por inundaciones 2010 – 2011. Bogotá D.C. 75p
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2013. Documentos Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa. Escala 1:100.000. Versión 2. Bogotá D.C. 158p.

Realizado por:

LEIDY CAMILA HERNANDEZ CARRILLO
Ingeniera Civil MBA
Magister en ingeniería civil con énfasis en geotecnia
Contratista
Secretaria de Infraestructura y Hábitat
Gobernación del Tolima

ANEXOS