UNIÓN TEMPORAL B&A BACHEO L2	
DIAGNOSTICO, CONSTRUCCION Y/O REHABILITACION MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA FASE IV" LOTE 2	
CONTRATO N° 4186 DEL 14 DE NOVIEMBRE DE 2023	
NIT: 901.770.081-8	

ESTUDIO DE SUELOS

De acuerdo al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

PROYECTO:

"DIAGNÓSTICO, CONSTRUCCIÓN Y/O REHABILITACIÓN MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA FASE IV" LOTE 2

San José de Cúcuta, diciembre 2023

CALLE 11 0-34 Edificio colegio médico Ofc 6-06
Teléfono: 3208293341
Correo: uniontemporalbacheol2@gmail.com

CONTENIDO DEL ESTUDIO

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

1.2 OBJETIVOS

1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO

1.4 METODOLOGÍA

1.5 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD

CAPITULO 2. INFORMACIÓN DE REFERENCIA

2.1 LOCALIZACIÓN GENERALIZADA

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

2.3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

2.4 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

CAPITULO 3. ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIOS

3.1 TRABAJO DE CAMPO

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

3.3 REQUERIMIENTOS SÍMICOS

CAPITULO 4. RECOMENDACIONES

4.1 RECOMENDACIONES VÍAS

4.2 RECOMENDACIONES DE MEJORAMIENTO – TRAMOS 3 Y 4

4.2 RECOMENDACIONES OBRAS DE DRENAJE

LISTA DE FIGURAS

FIGURA No. 01-23 – LOCALIZACIÓN ZONA EN ESTUDIO – BARRIO TORCOROMA

FIGURA No. 02-23 – LOCALIZACIÓN ZONA EN ESTUDIO – BARRIO BOCONÓ

FIGURA No. 03-23 – LOCALIZACIÓN ZONA EN ESTUDIO – BARRIO SAN MARTÍN

FIGURA No. 04-23 – LOCALIZACIÓN ZONA EN ESTUDIO – BARRIO SAN LUIS

FIGURA No. 05-23 – GEOLOGÍA ZONA EN ESTUDIO

FIGURA No. 06-23 – LOCALIZACIÓN APIQUES

FIGURA No. 07-23 – TRABAJO DE CAMPO – APIQUES SAN MARTÍN

FIGURA No. 08-23 – TRABAJO DE CAMPO – APIQUES SAN MARTÍN

FIGURA No. 09-23 – TRABAJO DE CAMPO – APIQUES TORCOROMA

FIGURA No. 10-23 – TRABAJO DE CAMPO – APIQUES TORCOROMA

FIGURA No. 11-23 – TRABAJO DE CAMPO – APIQUES BOCONÓ

FIGURA No. 12-23 – TRABAJO DE CAMPO – APIQUES SAN LUIS

FIGURA No. 13-23 – TRABAJO DE CAMPO – CBR INALTERADO

FIGURA No. 14-23 – TRABAJO DE CAMPO – CBR INALTERADO

FIGURA No. 15-23 – ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA Y MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

FIGURA No. 16-23 – ESQUEMA PAVIMENTO

FIGURA No. 17-23 – ESQUEMA DE MEJORAMIENTO

LISTA DE TABLAS

TABLA No. 01 – TRAMOS EN ESTUDIO

TABLA No. 02 – LOCALIZACIÓN APIQUES

TABLA No. 03 – CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS

TABLA No. 04 – RESULTADOS DE ENSAYO CBR

TABLA No. 05 – CORRELACIÓN COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL SUELO

TABLA No. 06 – CORRELACIÓN NSPT Y VALORES ESTIMADOS DE COHESIÓN Y FRICCIÓN DEL SUELO

TABLA No. 07 – PROPIEDADES DEL SUELO

TABLA No. 08 – VALORES DE Av, Aa, Ae y Ad MUNICIPIOS DE COLOMBIA – COMITÉ AIS300

TABLA No. 09 – VALORES Aa Y Av

TABLA No. 10 – REQUERIMIENTOS SÍSMICOS

TABLA No. 11 – CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

TABLA No. 12 – CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO – TRAMOS 1 Y 2

TABLA No. 13 – CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO – TRAMOS 3,4 Y 5

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente informe consigna el estudio de suelos realizado para el proyecto "Diagnóstico, construcción y/o rehabilitación mejoramiento de la malla vial urbana del municipio de San José de Cúcuta Fase IV" Lote 2. Este estudio enfoca sus actividades y análisis en la determinación de las características del subsuelo y la obtención de las recomendaciones geotécnicas necesarias para las obras de pavimentación, según el material propiamente encontrado que inciden en la estimación de la capacidad de soporte del terreno y otros parámetros utilizados para el diseño.

1.2 OBJETIVO

El siguiente informe tiene como objeto presentar el estudio del suelo y recomendaciones realizado para el proyecto "Diagnóstico, construcción y/o rehabilitación mejoramiento de la malla vial urbana del municipio de San José de Cúcuta Fase IV" Lote 2.

1.3 ALCANCE

El alcance de la investigación es presentar de forma general las características físico-mecánicas del suelo existente en la zona y con base a esto suministrar recomendaciones geotécnicas para el proyecto "Diagnóstico, construcción y/o rehabilitación mejoramiento de la malla vial urbana del municipio de San José de Cúcuta Fase IV" Lote 2.

1.4 METODOLOGÍA

Inicialmente se hace una visita de inspección y reconocimiento del sitio en el que se identifican las características generales del lote desde el punto de vista geotécnico llevando a cabo el trabajo de campo a través de la ejecución de apiques manuales con profundidad media de 1,50 metros realizando ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) para la extracción de muestras de suelo de forma alterada para determinar la resistencia a la penetración del suelo, se continua con ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físico-mecánicas del suelo y la debida interpretación, proyectando las recomendaciones geotécnicas para obras de pavimentación.

1.5 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD

El presente estudio geotécnico cumple con la ley 400 del 19 de agosto de 1997 y el decreto 926 del 19 de marzo de 2010 (Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10).

CAPITULO 2. INFORMACIÓN EN REFERENCIA

2.1 LOCALIZACIÓN GENERALIZADA

La zona de interés se encuentra ubicada en el municipio de San José de Cúcuta, capital del departamento Norte de Santander, situada en el valle homónimo, al pie de la Cordillera Oriental de los Andes Colombiano. Limita al norte con Venezuela y Cúcuta, al sur con Ragonvalia y Chinácota, al oriente con Venezuela y al occidente con Los Patios.

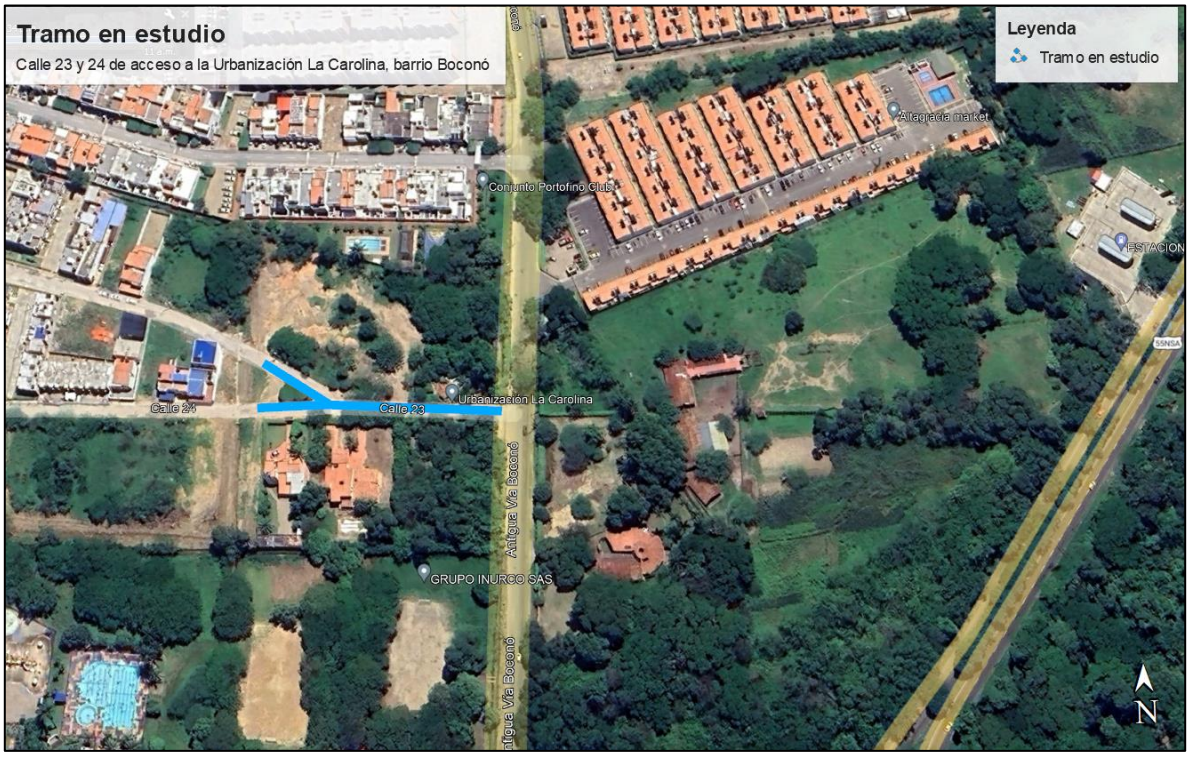
El proyecto en 5 tramos de vía localizados en los barrios San Martín, Boconó, Torcoroma y San Luis, las siguientes figuras presentan la localización de la zona de estudio.

FIG. 01-23. LOCALIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO – BARRIO TORCOROMA



Fuente: Google Earth. Imagen Modificada

FIG. 02-23. LOCALIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO – BARRIO BOCONÓ



Fuente: Google Earth. Imagen Modificada

FIG. 03-23. LOCALIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO – BARRIO SAN MARTÍN



Fuente: Google Earth. Imagen Modificada

FIG. 04-23. LOCALIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO – BARRIO SAN LUIS



Fuente: Google Earth. Imagen Modificada

En la Tabla No. 1 se registran las coordenadas geográficas de los tramos en estudio

TABLA No. 1 – TRAMOS EN ESTUDIO

TRAMO	LOCALIZACIÓN	LONGITUD (m)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
				Inicio	Fin
Tramo 1	Calle 7 entre Av. 11c y Av. 11F Torcoroma	53	Latitud	7°53'36.96"N	7°53'38.37"N
			Longitud	72°28'30.03"O	72°28'30.94"O
Tramo 2	Calle 8A entre manzana F9 y F10 Torcoroma 3	80	Latitud	7°53'40.99"N	7°53'40.99"N
			Longitud	72°28'23.42"O	72°28'25.99"O
Tramo 3	Calle 23 y 24 de acceso a la Urbanización La Carolina, barrio Boconó	130	Latitud	7°52'46.13"N	7°52'46.92"N
			Longitud	72°27'50.53"O	72°27'53.98"O
Tramo 4	Av. 2 con calles 8c Norte hasta la calle 4, Barrio San Martín	900	Latitud	7°54'28.30"N	7°54'0.26"N
			Longitud	72°28'3.74"O	72°28'9.77"O
Tramo 5	Avenida 1 con calle 22, barrio San Luis	86,5	Latitud	7°53'10.01"N	7°53'7.65"N
			Longitud	72°29'12.02"O	72°29'13.60"O

Fuente: Autor

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

El estudio se enfoca en 5 tramos ubicados en diferentes barrios de la ciudad de Cúcuta, los tramo 1 y 2, localizados en el barrio Torcoroma, se identifican fallas en la estructura del pavimento, la topografía es principalmente plana. El tramo 3 se localiza en el barrio Boconó, se identifican fallas y perdida de la carpeta asfáltica, la topografía es principalmente plana, el tramo 4, localizado en el barrio San Martín, topografía principalmente plana, con presencia de fallas en el pavimento y perdida de la carpeta asfáltica en algunas zonas del tramo y el tramo 5, localizado en el barrio San Luis, con topografía principalmente plana, y se evidencia pérdida de la carpeta asfáltica.

2.3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

2.3.1 ASPECTOS GEOLOGICOS REGIONALES

Para la caracterización geológica regional se tomó como base de información, la Geología de la Plancha 88 de Cúcuta, elaborada por INGEOMINAS, ahora Servicio Geológico Colombiano.

2.3.2 GEOMORFOLOGIA

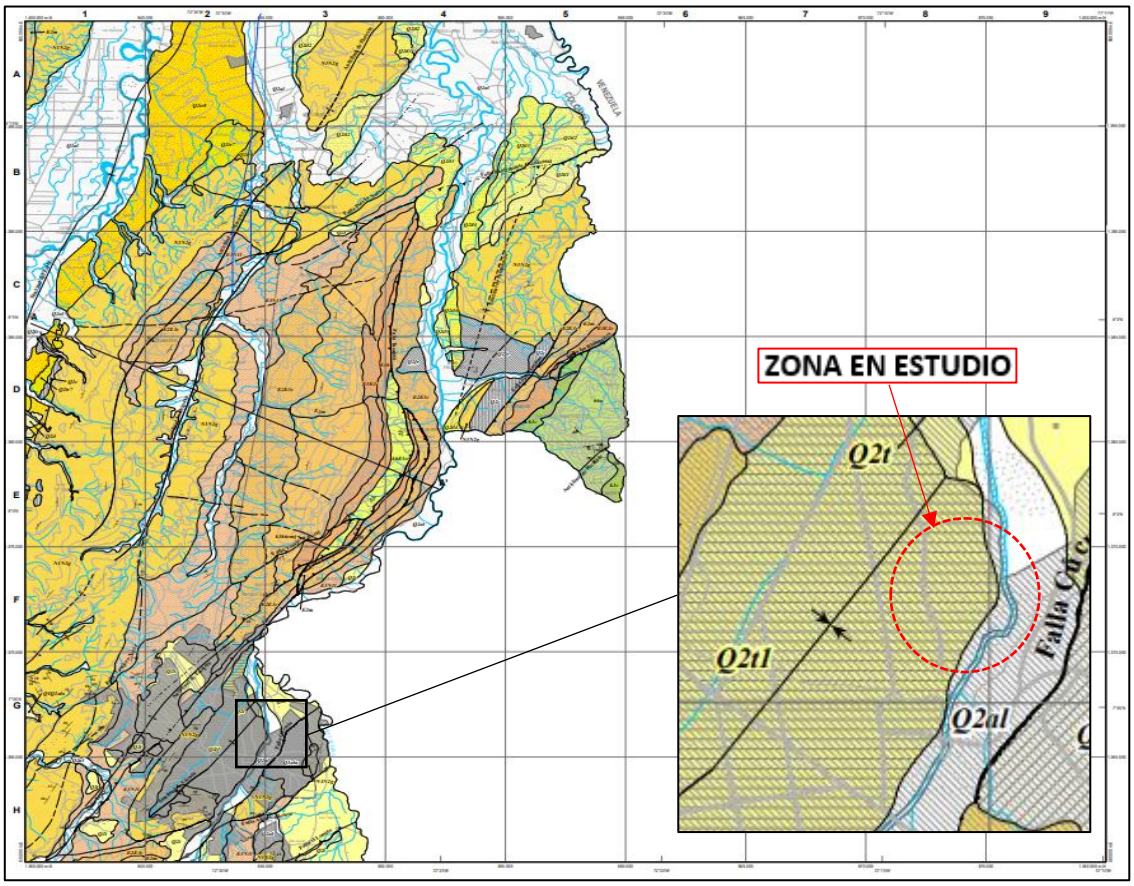
El departamento de Norte de Santander predomina su relieve por la cordillera oriental la cual traspasa el departamento fronterizo, esto conforma un sistema de montaña y valle definidas por la cordillera. Las rocas que conforman el área de estudio corresponden a rocas sedimentarias con edades que van desde el Cretácico hasta el Reciente. Se presentan gran

distribución de geoformas en ambientes estructurales donde la génesis se constriñe al plegamiento y fallamiento en unidades sedimentarias.

2.3.3 GEOLOGIA LOCAL

De acuerdo con la plancha 88 de Cúcuta y la información geológica plasmada en ella, en zona objeto de estudio predominan materiales de depósitos terrazas fluviales Locales (Q2tl) conformados por depósitos basculados conformados por clastos de composición variada según el área fuente. Estos depósitos representan variaciones en el nivel base local, y se concentran en drenajes de menor orden. También se localizan depósitos recientes de llanura aluvial (Q2al), conformados por gravas de guijarros gruesos a bloques, redondeados a subangulares, comúnmente con tendencia de imbricación, suprayacidos por arenas lodosas, lodos arenosos o lodos.

FIG. 05-23. GEOLOGÍA ZONA EN ESTUDIO



Fuente: Servicio Geológico Colombiano. Imagen modificada

2.3.4 DEPÓSITOS DE TERRAZAS FLUVIALES LOCALES (Q2tl)

"Las terrazas locales representan variaciones a nivel local de drenajes que se concentran en valles menores, o ríos localmente restringidos al área como el Río Pamplonita, Quebrada Tonchalá y Quebrada La Floresta. Los espesores de los depósitos oscilan entre 5 a 15 metros, en general abarcan diferentes tamaños de grano, desde tamaño lodo, arena y grava como resultado de la dinámica fluvial, y representan los cambios en el nivel base local definido en el Río Pamplonita.

Composicionalmente estas terrazas presentan diferente composición en el armazón del depósito a las terrazas regionales debido a que el área fuente de estas varia, principalmente por su área de captación, en el caso de las terrazas locales, el área fuente de sedimento es restringido, como por ejemplo la Quebrada Tonchalá concentra clastos sedimentarios de rocas del Paleógeno-Neógeno, que principalmente proviene de rocas aflorantes cercanas."

2.3.5. DEPÓSITOS DE TERRAZAS FLUVIALES LOCALES (Q2tl)

"Depósitos de carácter transitorio desarrollados sobre el cauce de una corriente de agua y/o su llanura de inundación. Principalmente son producto de la erosión y transporte de material en una cuenca de drenaje.

En general los depósitos de llanura aluvial consisten en: gravas de guijarros gruesos de moderada calibración, con una imbricación con tendencia hacia el NW, clastos redondeados de baja a alta esfericidad, con porcentajes menores de formas tabulares. Matriz arenosa de grano medio a grueso. Composicionalmente constan de rocas metamórficas; principalmente esquistos micáceos y cuarcitas, rocas ígneas; rocas ígneas faneríticas de tipo granito (altamente meteorizada), rocas sedimentarias (40%); brechas de tamaño guijarro y cuarzoarenitas de grano fino. b) Suprayaciendo los depósitos de gravas se observan arenas lodosas de grano fino a medio de color rojizo, masiva. c) Lodos-arenosos a lodos de color gris oscuro a rojizos pertenecientes a la llanura aluvial y en ocasiones con estructuras laminares planoparalelas (Oviedo, 2015)."

[1]Servicio Geológico Colombiano – Descripción Plancha 88– Cúcuta.

2.4 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

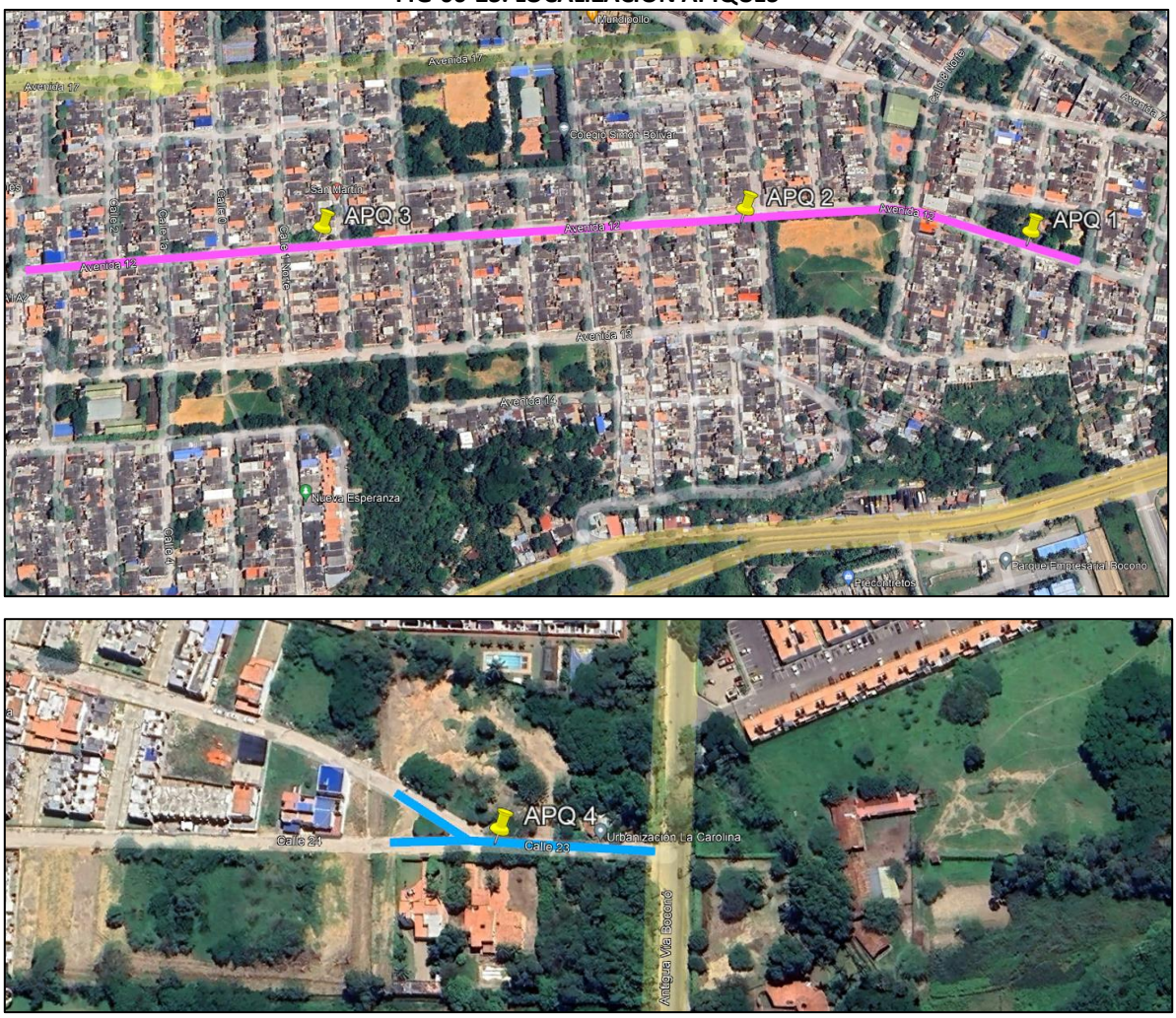
Según la información suministrada por el solicitante, se programa llevar a cabo actividades de diagnóstico, construcción y/o rehabilitación mejoramiento de 5 tramos de vía localizados en los barrios San Martín, Boconó, Torcoroma y San Luis de la ciudad de Cúcuta. Los tramos 1 y 2 del barrio Torcoroma, con una longitud de 53 y 80 metros respectivamente, el tramo 3 del barrio Boconó, corresponde a la vía de acceso a la urbanización La Carolina, con una longitud de aproximadamente 130 metros, el tramo 4, del barrio San Martín, con una longitud aproximada de 900 metros y el tramo 5 del barrio San Luis con una Longitud de 86,5 metros.

CAPITULO 3. ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIOS

3.1 TRABAJO DE CAMPO

De acuerdo a la visita de campo, a las necesidades del proyecto y condiciones geotécnicas del sector (categoría baja según norma NSR-10, titulo H), se programó el trabajo de exploración en la zona de estudio mediante la ejecución de siete (7) apiques alcanzando profundidades entre 1,50 ejecutando ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), y llevando a cabo la toma de muestras de suelo de manera alterada con los cuales se llevaron a cabo los ensayos de laboratorio y la obtención de las propiedades físico-mecánicas de los mismos.

FIG-06-23. LOCALIZACIÓN APIQUES







Fuente: Disposición en planta – Imagen Modificada

CALLE 11 0-34 Edificio colegio médico Ofc 6-06
Teléfono: 3208293341
Correo: uniontemporalbacheol2@gmail.com

TABLA No 2. LOCALIZACIÓN APIQUES

COMPONENTE	PROFUNDIDAD (m)	LOCALIZACIÓN	ABSCISA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
APIQUE 1	1,50	Av. 2 con cll. 8c Norte a cll. 4 San Martín	K0 + 050	Latitud	7°54'27.01"N
				Longitud	72°28'4.51"O
APIQUE 2	1,50	Av. 2 con cll. 8c Norte a cll. 4 San Martín	K0 + 300	Latitud	7°54'19.52"N
				Longitud	72°28'6.84"O
APIQUE 3	1,50	Av. 2 con cll. 8c Norte a cll. 4 San Martín	K0 + 650	Latitud	7°54'8.16"N
				Longitud	72°28'8.82"O
APIQUE 4	1,50	Cll. 23 y 24 acceso a la Urb. La Carolina, Boconó	K0 + 064	Latitud	7°52'46.34"N
				Longitud	72°27'52.66"O
APIQUE 5	1,50	Cll. 8A entre Mz. F9 y F10 Torcoroma 3	K0 + 040	Latitud	7°53'40.74"N
				Longitud	72°28'24.77"O
APIQUE 6	1,50	Cll. 7 entre Av. 11c y Av. 11F Torcoroma	K0 + 015	Latitud	7°53'37.43"N
				Longitud	72°28'30.18"O
APIQUE 7	1,50	Avenida 1 con calle 22, barrio San Luis	K0 + 033	Latitud	7°53'8.80"N
				Longitud	72°29'12.90"O

Fuente: Autor

Las siguientes fotografías muestran los apiques y ensayo DCP realizados.

FIG-07-23. TRABAJO DE CAMPO – APIQUES SAN MARTÍN





Fuente: Autor

FIG 08-23. TRABAJO DE CAMPO – APIQUES SAN MARTÍN





Fuente: Autor

FIG 09-23. TRABAJO DE CAMPO – APIQUES TORCOROMA





Fuente: Autor

FIG 10-23. TRABAJO DE CAMPO – APIQUES TORCOROMA





Fuente: Autor

FIG 11-23. TRABAJO DE CAMPO – APIQUES BOCONÓ





Fuente: Autor

FIG 12-23. TRABAJO DE CAMPO – APIQUES BOCONÓ





Fuente: Autor

FIG 13-23. TRABAJO DE CAMPO – CBR INALTERADO





Fuente: Autor

FIG 14-23. TRABAJO DE CAMPO – APIQUES BOCONÓ



Fuente: Autor

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Las muestras recuperadas en campo fueron clasificadas visualmente en el momento de la excavación de los apiques para posteriormente ser enviadas al laboratorio, donde el personal especializado revisó, evaluó, caracterizó y correlacionó con respecto a la información recuperada en campo, con la finalidad de definir las muestras representativas de cada unidad estratigráfica a las cuales se les practicaron los ensayos de identificación de sus propiedades de estado (humedad natural – límites de consistencia – índice de plasticidad).

Los resultados de la exploración de campo y los ensayos realizados en el laboratorio, dejan entrever las siguientes características geotécnicas:

TABLA No 3. CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS

Apique No.	*Clasificación (U.S.C.S)*	*Granulometría*			*Húmedad (%)*	*Límites de consistencia (%)*			*CBR DCP (%)*
		% Gravas	*% Arenas*	*% Finos*		*LL*	*LP*	*IP*	
1	*CL*	*0.1*	*36.4*	*63.5*	*7.0*	*20*	*8*	*12*	*13*
2	*CL*	*1.2*	*31.2*	*67.6*	*11.0*	*23*	*10*	*13*	*5*
3	*CL*	*1.7*	*39.7*	*58.7*	*8.0*	*22*	*9*	*13*	*5*
4	*CL*	*0.1*	*30.0*	*69.9*	*16.0*	*32*	*9*	*23*	*7*
5	*GS*	*52.8*	*38.8*	*8.4*	*4.0*	*NL*	*NP*	*NP*	*50*
6	*GS*	*68.3*	*17.7*	*13.9*	*11.0*	*22*	*14*	*8*	*50*
7	*CL*	*0.6*	*46.9*	*52.5*	*5.0*	*18*	*10*	*8*	*31*

Fuente: Autor

1. Se llevaron a cabo ensayos de CBR a muestras inalteradas y muestras compactadas en laboratorio, proyectando los siguientes resultados.

TABLA No 4. RESULTADOS DE ENSAYO CBR

Tramo	Localización	CBR Inalterado (%)		CBR de Laboratorio (%)		
		Condición		Porcentaje de compactación		
		Sin sumergir	Sumergido	100%	98%	95%
1	Calle 7 entre Av. 11c y Av. 11F Torcoroma	----	----	25,0	19,4	12,8
2	Calle 8A entre manzana F9 y F10 Torcoroma 3	----	----	24,5	18,5	12,1
3	Calle 23 y 24 de acceso a la Urbanización La Carolina, barrio Boconó	3,0	2,0	----	----	----
4	Av. 2 con calles 8c Norte hasta la calle 4, Barrio San Martín	6,0	2,0	----	----	----
5	Avenida 1 con calle 22, barrio San Luis	----	----	8,5	----	----

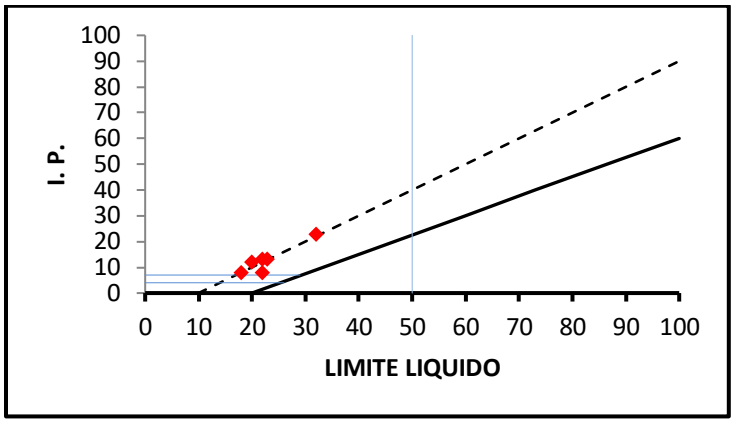
Fuente: Autor

2. Durante la época en que se realizó la exploración de campo y hasta la profundidad explorada, no se detectó el nivel freático en ninguno de los apiques. Es importante

mencionar que la condición del Nivel Freático puede variar dependiendo de la época del año y de la intensidad de las lluvias.

3. En términos generales los ensayos de límites de consistencia proyectaron que el material clasificado como arena arcillosa presentan plasticidad baja con un índice de plasticidad máximo del 23,0% (Ver Grafica 1), clasificando el material de acuerdo a la U.S.C.S., CL (arcillas de baja plasticidad) en los tramos 3, 4 y 5 y GS (Gravas arenosas) en los tramos 1 y 2.

GRAFICA No 1. CARTA DE PLASTICIDAD



Fuente: Autor

4. Los ensayos de determinación del potencial de cambio volumétrico realizados en el tramo 3, proyectaron potencial de expansión de hasta 5,83 ton/m^2, considerado como No crítico.

5. El módulo de elasticidad para los estratos analizados (CL) se estima de E= 20 MPa y para los estratos analizados (GS) se estima de E=25 MPa.

6. Según la caracterización del suelo presente en la zona de estudio (Arcilla y gravas), se estima valores relativos para el coeficiente de permeabilidad de $1*10^{-5} < K < 1*10^{-3}$ (poco permeable) en los tramos 3,4 y 5 y un coeficiente de permeabilidad de $K > 1*10^{-1}$ (Muy permeable) para los tramos 1 y 2 a partir de la tabla No. 5.

TABLA No 5. CORRELACIÓN COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL SUELO

Suelos Típicos		Valores de K (cm^3/seg.)	Permeabilidad Relativa
Nombre	Características		
Gravas Gruesas		Mayor de $1*10^{-1}$	Muy permeable
Arena Fina	% de finos < 5%	$1*10^{-1}$ – $1*10^{-3}$	Moderada
Arena Limosa		$1*10^{-3}$ – $1*10^{-5}$	Poco permeable
Arena Sucia	% de finos > 12%	$1*10^{-3}$ – $1*10^{-5}$	Poco permeable
Arenisca Fina		$1*10^{-5}$ – $1*10^{-7}$	Muy poco permeable
Limo		$1*10^{-7}$ – $1*10^{-7}$	Muy poco permeable
Arcilla		Menor de $1*10^{-7}$	Impermeable

Fuente: Mecánica del suelo, Universidad del Cauca

7. Según la caracterización del suelo presente en la zona de estudio (Arcilla y gravas), se estima valores relativos para el N SPT sin corregir superior a 30, proyectando cohesión de 47,8 kPa y un Angulo de fricción de 12° para los tramos 1 y 2 y para los tramos 3,4 y 5 valores del N SPT sin corregir entre 10 y 30 golpes/pie y parámetros de cohesión entre 4,78 y 47,8 kPa y Angulo de fricción entre 8 y 12°.

TABLA No 6 CORRELACIÓN N SPT Y VALORES ESTIMADOS DE COHESIÓN Y FRICCIÓN DEL SUELO

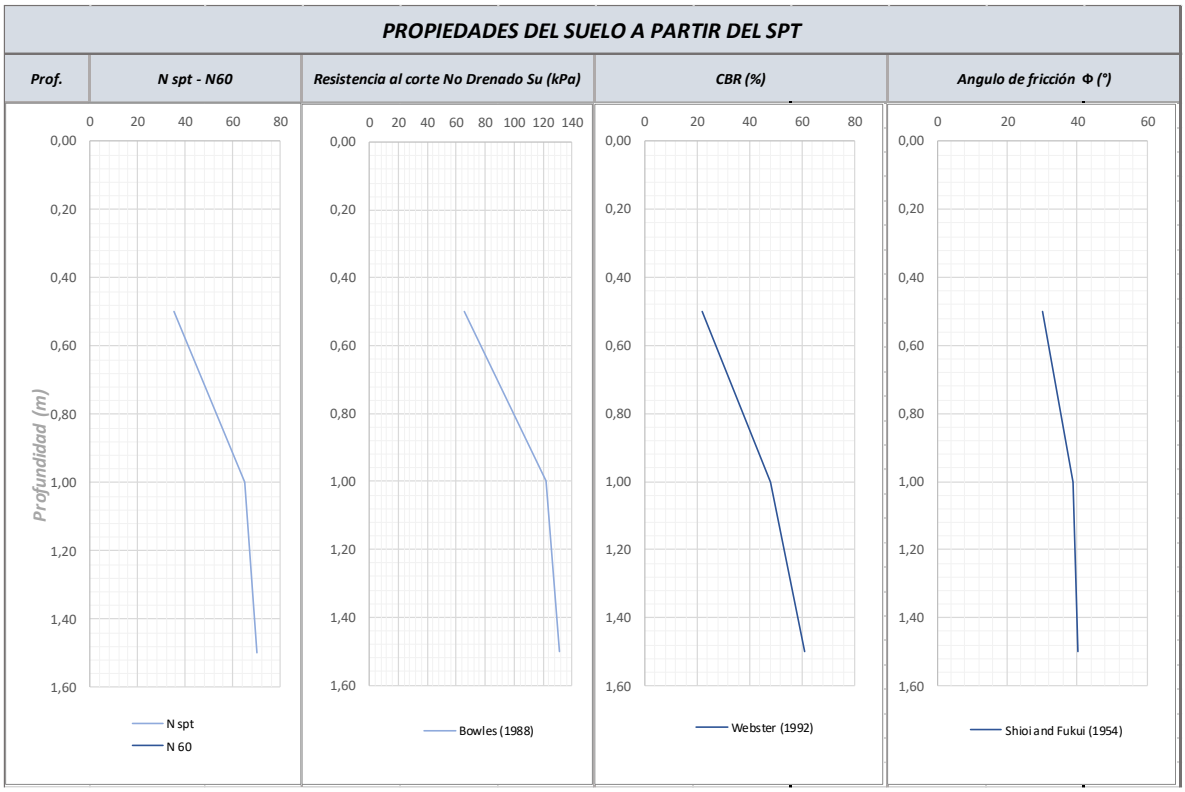
Soil Type and SPT Blow Counts		Undisturbed Soil	
		Cohesion (psf)	Friction Angle (°)
Cohesive soils			
Very soft	(<2)	250	0
Soft	(2–4)	250–500	0
Firm	(4–8)	500–1,000	0
Stiff	(8–15)	1,000–2,000	0
Very stiff	(15–30)	2,000–4,000	0
Hard	(>30)	4,000	0
Cohesionless soils			
Loose	(<10)	0	28
Medium	(10–30)	0	28–30
Dense	(>30)	0	32
Intermediate soils			
Loose	(<10)	100	8
Medium	(10–30)	100–1,000	8–12
Dense	(>30)	1,000	12

Fuente: Valores estimados de cohesión y fricción del suelo basado en el número de golpes sin corregir del SPT – Karol 1960

8. Según la correlación del tipo de suelo y el Número de golpes del SPT, para el tipo de suelo identificado en la zona de estudio se proyecta un N SPT superior a 30 golpes/pie para los tramos 1 y 2 y entre 10 y 30 golpes/pie para los tramos 3, 4 y 5, hasta la

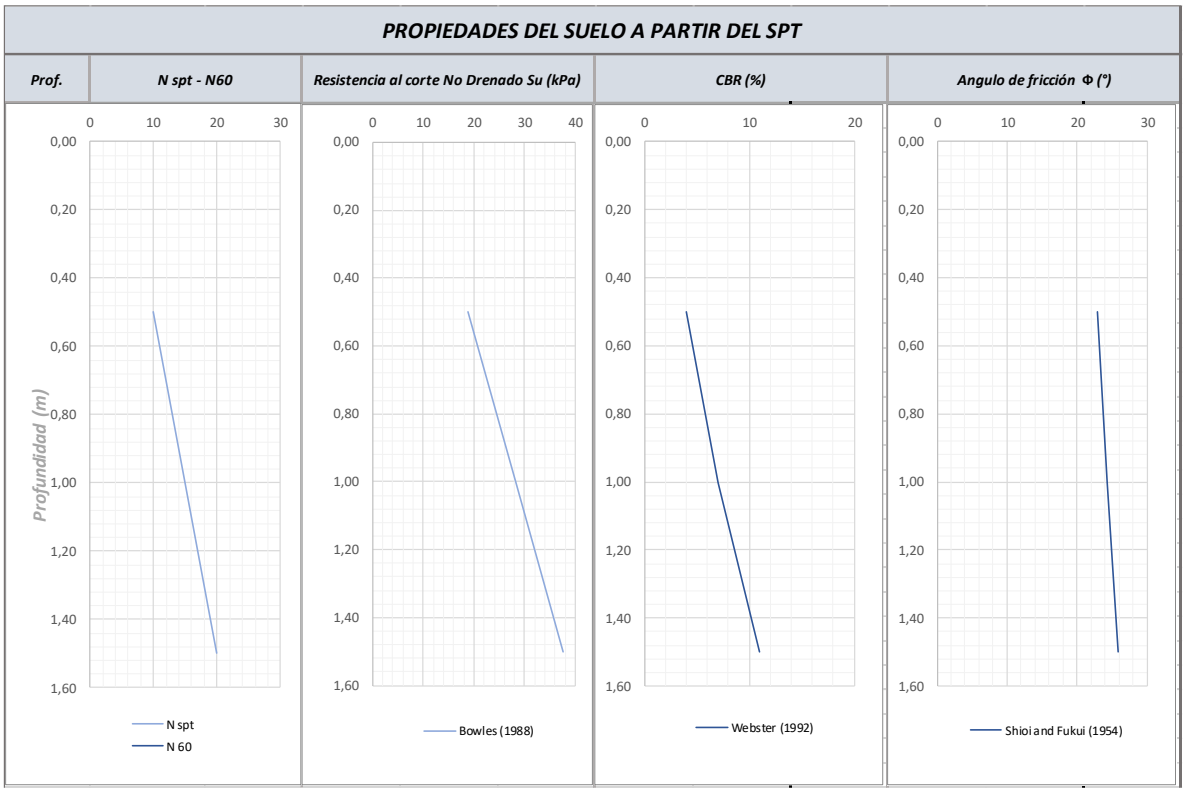
profundidad de 1,50 metros. A través del software NOVO SPT se llevó a cabo una correlación, proyectando valores de Cohesión No Drenada (Su), Angulo de fricción (Φ), CBR (%). El grafico presenta las correlaciones obtenidas.

GRAFICA No 2. CORRELACIONES NOVO SPT – TRAMOS 1 Y 2



Fuente: Autor

GRAFICA No 3. CORRELACIONES NOVO SPT – TRAMOS 3,4 Y 5



Fuente: Autor

9. De acuerdo con el tipo de suelo y las correlaciones realizadas se proyectan las siguientes propiedades del suelo:

TABLA No 7. PROPIEDADES DEL SUELO.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Parámetros	Parámetros
			Tramos 1 y 2	Tramos 3, 4 y 5
Cohesión	*Cu*	*kPa*	*47,0*	*28,0*
Peso Específico	γ	kN/m^3	*20,30*	*19,50*
Angulo de fricción Interna	φ	°	*12°*	*10°*
Relación de Poisson	μ	-	*0,35*	*0,35*
Modulo Elástico	*E*	*MPa*	*25,0*	*20,0*

Fuente: Autor

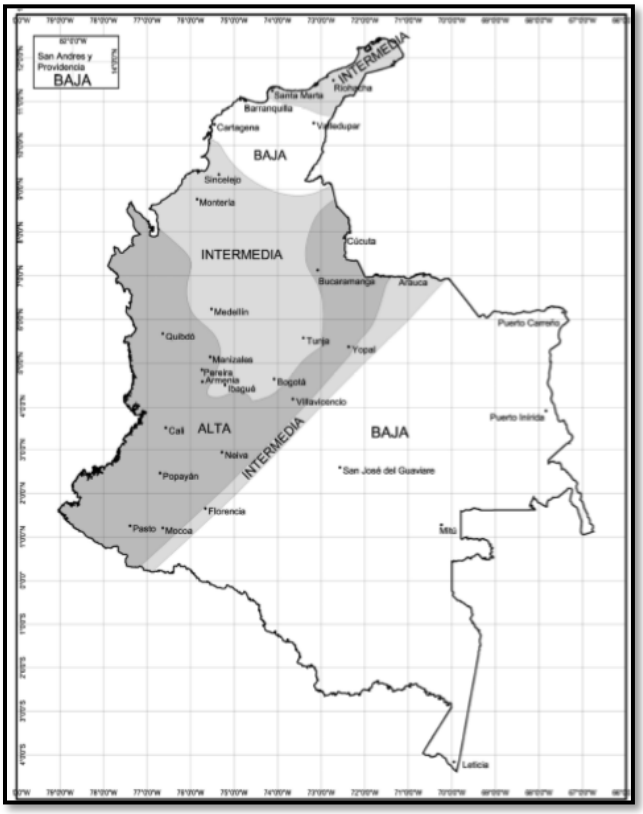
3.3. REQUERIMIENTOS SÍSMICOS

La Norma Sismo Resistente Colombiana del 2010 (NSR-10) es la encargada de normalizar las condiciones para la construcción de edificaciones para lograr una respuesta favorable de las estructuras ante un evento sísmico o similar.

3.3.1. AMENAZA SÍSMICA

Según la Norma Sismo resistente del 2010, el mapa de riesgo o amenaza sísmica de nuestro país se encuentra definido por tres zonas: Alta, Intermedia y Baja (Ver FIG. 15-23), la mayor parte del departamento de Norte de Santander se localiza dentro de una zona de riesgo sísmico Alto dentro de la cual se encuentra el municipio de interés, Cúcuta.

FIG. 15-23. ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA Y MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO



Fuente: Norma Sísmico Resistente Colombiana NSR-10

3.3.2 COEFICIENTES Aa y Av

Según La Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10, los valores de los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva (Aa) y velocidad horizontal pico efectiva (Av), para el municipio de Cúcuta, Norte de Santander, se exponen en la siguiente tabla:

TABLA No 8. VALORES DE Av, Aa, Ae y Ad MUNICIPIOS DE COLOMBIA – COMITÉ AIS300

Departamento del Norte de Santander						
Municipio	**Código Municipio**	**A_a**	**A_v**	**Zona de Amenaza Sísmica**	**A_e**	**A_d**
Cúcuta	54001	0.35	0.25	Alta	0.25	0.10
Abrego	54003	0.30	0.20	Alta	0.07	0.04
Arboledas	54051	0.30	0.25	Alta	0.08	0.04
Bochalema	54099	0.35	0.25	Alta	0.13	0.06
Bucarasica	54109	0.30	0.25	Alta	0.09	0.04
Cáchira	54128	0.25	0.25	Alta	0.07	0.04
Cácota	54125	0.30	0.25	Alta	0.10	0.05
Chinácota	54172	0.35	0.30	Alta	0.16	0.07
Chitagá	54174	0.30	0.30	Alta	0.11	0.05
Convención	54206	0.20	0.15	Intermedia	0.04	0.02
Cucutilla	54223	0.30	0.25	Alta	0.08	0.04
Durania	54239	0.35	0.25	Alta	0.14	0.06
El Carmen	54245	0.15	0.10	Intermedia	0.04	0.02
El Tarra	54250	0.20	0.15	Intermedia	0.05	0.03
El Zulia	54261	0.35	0.25	Alta	0.22	0.09
Gramalote	54313	0.30	0.25	Alta	0.11	0.05
Hacarí	54344	0.25	0.20	Alta	0.06	0.03
Herrán	54347	0.35	0.30	Alta	0.19	0.08
La Esperanza	54385	0.20	0.20	Intermedia	0.05	0.03
La Playa	54398	0.20	0.15	Intermedia	0.06	0.03
Labateca	54377	0.35	0.30	Alta	0.14	0.06
Los Patios	54405	0.35	0.30	Alta	0.22	0.09
Lourdes	54418	0.30	0.25	Alta	0.11	0.05
Mutiscua	54480	0.30	0.25	Alta	0.08	0.04
Ocaña	54498	0.20	0.15	Intermedia	0.08	0.03
Pamplona	54518	0.30	0.25	Alta	0.10	0.05
Pamplonita	54520	0.35	0.25	Alta	0.13	0.06
Puerto Santander	54553	0.35	0.25	Alta	0.09	0.04
Ragonvalia	54599	0.35	0.30	Alta	0.20	0.09
Salazar	54660	0.30	0.25	Alta	0.09	0.04
San Calixto	54670	0.20	0.15	Intermedia	0.05	0.03
San Cayetano	54673	0.35	0.30	Alta	0.19	0.08
Santiago	54680	0.30	0.25	Alta	0.14	0.06
Sardinata	54720	0.30	0.25	Alta	0.15	0.06
Silos	54743	0.25	0.25	Alta	0.07	0.03
Teorama	54800	0.20	0.15	Intermedia	0.04	0.02
Tibú	54810	0.20	0.20	Intermedia	0.11	0.04
Toledo	54820	0.35	0.30	Alta	0.24	0.10
Villa Caro	54871	0.30	0.25	Alta	0.07	0.04
Villa del Rosario	54874	0.35	0.30	Alta	0.25	0.10

Fuente: AIS300

TABLA No 9. VALORES Aa Y Av – CÚCUTA

ACELERACIÓN Y VELOCIDAD HORIZONTAL PICO EFECTIVA			
Municipio	**Aa**	**Av**	**Amenaza Sísmica**
Cúcuta	0.35	0.30	Alta

Fuente: Comité AIS300 – NSR-10

3.3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO

En la NSR 10 se definen los parámetros que se utilizan para definir el tipo de perfil de suelo con base en los 30 metros superiores del mismo y considerando ensayos realizados en muestras tomadas al menos cada 1.50 m de espesor del suelo.

Para efectos de la aplicación de la Norma Sismo Resistente NSR-10 en el diseño estructural, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros, algunos dependientes de la localización del municipio:

TABLA No 10. REQUERIMIENTOS SÍSMICOS

Perfil del suelo		**D**
Grupo de Uso	**-**	**I**
Coeficiente de importancia	**I**	**1.00**
Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva	**Aa**	**0.35**
Coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva	**Av**	**0.30**
Coeficiente de amplificación periodos cortos	**Fa**	**1.15**
Coeficiente de amplificación periodos intermedios	**Fv**	**1.80**

Fuente: Autor

Teniendo en cuenta el tipo de suelo encontrado en el sector y según lo dispuesto en la norma sismo resistente colombiana (NSR-10) sobre la cual se basan los estudios y diseños para la ejecución de proyectos civiles, se determinó que la zona de estudio está conformada por un perfil de suelo tipo D Las características para la clasificación de dicho perfil se muestran en la Tabla 11.

TABLA No 11. CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total **H** mayor de 3 m de arcillas blandas	**IP** > 20 **w** ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo **F** requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (**H** > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (**H** > 7.5 m con Índice de Plasticidad **IP** > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (**H** > 36 m)	

Fuente: NSR-10 Titulo A

CAPITULO 4. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta las condiciones encontradas en los sitios y según los ensayos de laboratorio y de campo realizados en las zonas de estudio, se permite enumerar las siguientes recomendaciones:

4.1. RECOMENDACIONES DE VÍAS

Para el caso de las vías analizadas en el presente estudio se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

4.1.1. Se debe acondicionar la zona en estudio eliminando cualquier tipo de material inapropiado de tipo orgánico, de la misma manera cualquier material de relleno no controlado, para este caso se recomienda tomar control del proceso de compactación del material de relleno logrando una densidad mínima del 95% con respecto a su densidad máxima seca.

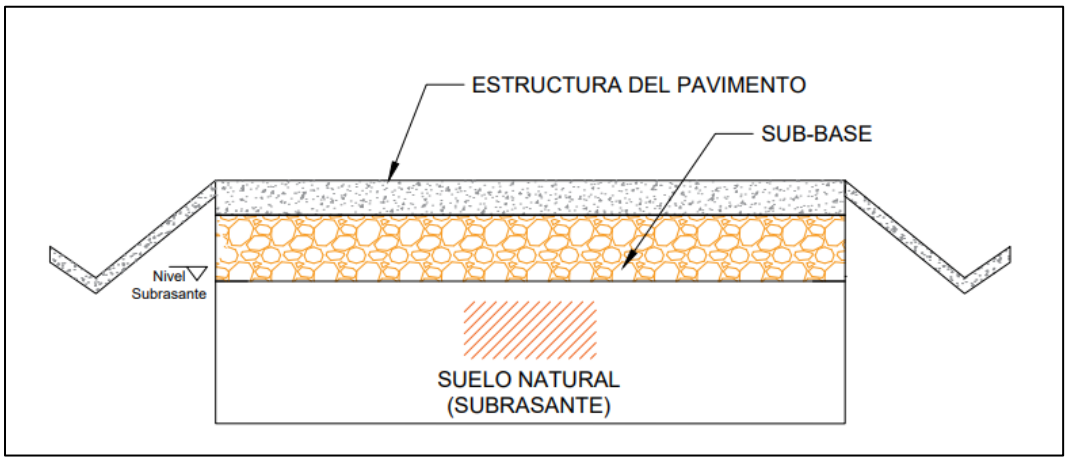
4.1.2. Se recomienda llevar a cabo procesos de compactación sobre la cota de conformación de la subrasante, disminuyendo su relación de vacíos logrando una densidad mínima del 95% con respecto a su densidad máxima seca de laboratorio (Proctor).

4.1.3. Ante los posibles cambios de volumen del suelo (subrasante) por plasticidad de la arcilla y por la variación de humedad que se pueda presentar, se recomienda utilizar un material de sub-base granular adecuado para la conformación de la estructura del pavimento, el cual cumpla con los parámetros exigidos por la norma INVIAS (SBG-38), así mismo se recomienda que este sea compactado en capas no superiores a 15,00 centímetros con un porcentaje de compactación mínimo del 98% con respecto al ensayo de compactación modificado de laboratorio (Proctor).

4.1.4. Durante el proceso constructivo se recomiendan realizar ensayos de campo y de laboratorio que permitan obtener un control sobre la calidad del proceso.

4.1.5. Llevar a cabo respectivas obras de arte, sistemas de drenaje (cunetas, alcantarillas, box coulvert, etc.) que permitan minimizar posibles daños estructurales por efecto del agua y prolonguen la vida útil del pavimento.

FIG. 16-23. ESQUEMA PAVIMENTO

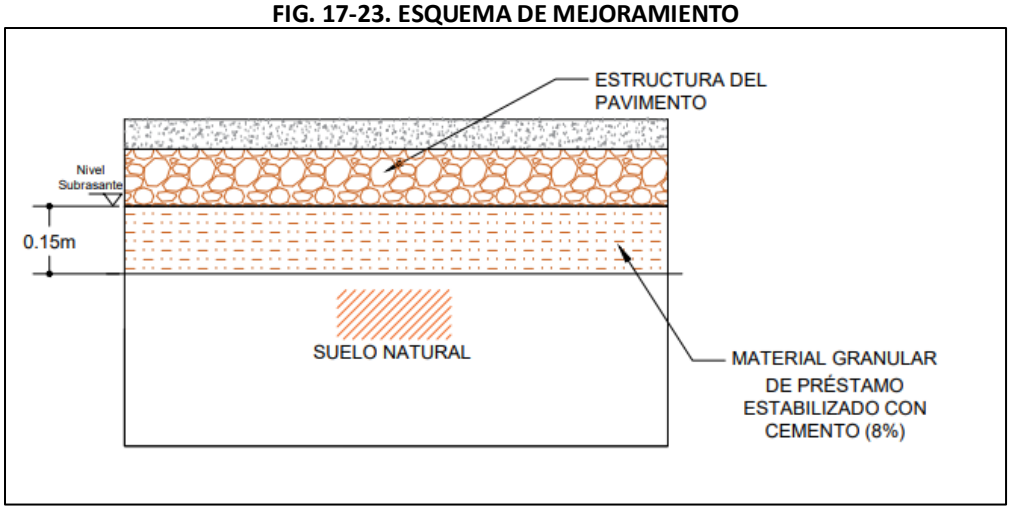


Fuente: Autor

4.2. RECOMENDACIONES DE MEJORAMIENTO – TRAMOS 3 Y 4

Teniendo en cuenta el CBR de 2% proyectado por los ensayos de CBR realizados en el laboratorio a muestras inalteradas y alteradas, tomadas en los tramos 3 y 4 de Boconó y San Martín respectivamente, se recomienda llevar a cabo un mejoramiento de la subrasante de espesor no menor a 0,15 metros, conformando un estrato mejorado de material granular de préstamo estabilizado con cemento, con el fin de mejorar la capacidad de soporte de la subrasante, para llevar a cabo estos trabajos es viable utilizar material granular estabilizado con 8% de cemento para lograr una estabilización efectiva. El estrato de material granular de préstamo estabilizado deberá ser compactado por capas logrando una densidad mínima del 98% con respecto a la densidad máxima seca de laboratorio (Proctor) en cada una de las capas compactadas (ver FIG. 07-23).

FIG. 17-23. ESQUEMA DE MEJORAMIENTO



Fuente: Autor

4.3. RECOMENDACIONES OBRAS DE DRENAJE

Para la cimentación de obras menores, obras de drenaje como alcantarillas, se propone un sistema de cimentación compuesto un concreto ciclópeo de espesor no menor a 0,20 metros, el estrato de ciclópeo deberá reposar sobre un estrato mejorado con espesor mínimo de 0,30 metros compuesto por un material de base granular compactado por capas de espesor máximo de 0,10 metros logrando una compactación mínima del 98% con respecto a la densidad máxima seca de laboratorio.

4.3.1. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

Se proyecta la evaluación de una cimentación de tipo superficial en losa de concreto reforzado, inicialmente se calcula la capacidad de carga última bajo el criterio de rotura usando las ecuaciones de cimentaciones superficiales, considerando los datos estimados del suelo en análisis y los datos de las estructuras.

$$q_{ult} = cNcSc + qNq + 0{,}5\gamma' B\, N_\gamma\, S_\gamma$$

Para el sistema de cimentación propuesto, teniendo en cuenta las propiedades de los materiales afectados por el factor de seguridad con respecto a la falla por corte, la capacidad de soporte del suelo (superficial) y un factor de seguridad de 3.0 (FS Indirecto) será de 23,33 Ton/m^2 a una profundidad de 1,50 metros en los tramos 1 y 2 y 15,27 Ton/m^2 a una profundidad de 1,50 metros en los tramos 3,4 y 5. La siguiente tabla muestra los datos de capacidad de carga obtenidos de manera analítica empleando memorias de cálculo:

TABLA 12. CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO – TRAMOS 1 Y 2

Capacidad Admisible de Suelo		
Método	***q_{ult}***	***q_{adm}***
Terzaghi (1943)	*700,06 kPa*	*233,35 kPa*
Meyerhof (1963)	*733,22 kPa*	*244,41 kPa*
Hansen (1970)	*779,32 kPa*	*259,77 kPa*
	Promedio	***245,84kPa***
	Mínimo	***233,35kPa***

Fuente: Autor

TABLA 13. CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO – TRAMOS 3, 4 y 5

Capacidad Admisible de Suelo		
Método	***q_{ult}***	***q_{adm}***
Terzaghi (1943)	*458,36 kPa*	*152,79 kPa*
Meyerhof (1963)	*477,59 kPa*	*159,2 kPa*
Hansen (1970)	*506,07 kPa*	*168,69 kPa*
	Promedio	***160,22kPa***
	Mínimo	***152,79kPa***

Fuente: Autor

Las anteriores recomendaciones están fundamentadas en las condiciones encontradas del subsuelo estudiado, corresponden únicamente a los tramos mencionados en el presente informe y deben cumplirse a cabalidad.

San José de Cúcuta, 1 de diciembre de 2023