204

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

MEJORAMIENTO EN CONCRETO RÍGIDO DE LA CALLE DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LUCES DE ESPERANZA EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA



ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

Elaborado por
JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Ingeniero Civil UFPS –Especialista en Geotecnia Ambiental UDES

Localización:
SARAVENA – ARAUCA
Noviembre de 2024

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com **Cel. 3132635714**
Saravena-Arauca

206

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 3

1. PROYECTO 4
   1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO 4
   1.2 OBJETIVOS 4
      1.2.1 Objetivo general 4
      1.2.2 Objetivos específicos 4
   1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 4

2. CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO 6
   2.1 ASPECTOS FÍSICOS 6
      2.1.1 Geomorfología. 6
      2.1.2 Fisiografía 7
      2.1.3 Estratigrafía. 7
      2.1.4 Geología estructural 9
   2.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES 10
      2.2.1 Clima 10
      2.2.2 Hidrografía 11
   2.3 AMENAZAS Y RIESGOS 11
      2.3.1 De origen hidrológico 11
      2.3.2 De origen geológico 13

3. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO 18
   3.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 18
   3.2 ENSAYOS EN CAMPO 19
   3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 19

4. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE 21
   4.1 ESTRATIGRAFÍA 21
   4.2 POTENCIAL DE EXPANSIÓN 23
      4.2.1 Índice de plasticidad. 23
      4.2.2 Potencial de expansión 23
   4.3 Nivel Freático 24

5. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 25
   5.1 ENSAYOS DE CONO DINÁMICO 25
   5.2 CBR SOBRE MUESTRA INALTERADA Y SUMERGIDA EN LABORATORIO 26
   5.3 CBR REPRESENTATIVO DE LA SUBRASANTE 27
   5.4 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO 29

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32
   6.1 CONCLUSIONES 32
   6.2 RECOMENDACIONES 33

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 34

ANEXOS 35
   ANEXO A-1 DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA 36

INTRODUCCIÓN

El presente informe hace parte fundamental del proyecto de "MEJORAMIENTO EN CONCRETO RÍGIDO DE LA CALLE DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LUCES DE ESPERANZA EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", el cual contiene el estudio de geotecnia necesario para el diseño estructural del pavimento.

El objetivo principal del presente estudio es determinar la capacidad de soporte de la subrasante de la calle 18 desde la carrera 22 hasta la carrera 24 del casco urbano del Municipio de Saravena, realizado según las metodologías del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito ICPC - INVIAS.

El programa de exploración de campo consistió en la ejecución de 4 apiques manuales a profundidades hasta 1.50 m, toma de muestras del sitio de ubicación de las obras, ensayos de campo (Penetración Dinámica de Cono, PDC), y ensayos de laboratorio del material encontrado en los sondeos, con el fin de obtener los parámetros necesarios para la caracterización de la subrasante.

El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada (1.50 m).

Los suelos que predominan a nivel de subrasante corresponden a arenas limosas de granulometría fina a media y gravas limosas con arena y sobre tamaños hasta de 6 pulgadas.

La exploración geotécnica determinó una unidad definitiva de diseño para todas las calles del proyecto, donde la rasante es sensiblemente paralela al afirmado existente.

208

1. PROYECTO

1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

El presente informe se realiza con el fin de dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo para el proyecto "MEJORAMIENTO EN CONCRETO RÍGIDO DE LA CALLE DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LUCES DE ESPERANZA EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

En el siguiente documento se observan las investigaciones geotécnicas, análisis de capacidad portante y recomendaciones de los suelos para el mejoramiento de la calle. Se describe la caracterización de materiales en lo referente a las propiedades físicas y mecánicas de los suelos existentes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Elaboración del informe técnico correspondiente al estudio geotécnico para el proyecto "MEJORAMIENTO EN CONCRETO RÍGIDO DE LA CALLE DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LUCES DE ESPERANZA EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", determinando la información requerida para estimar el comportamiento del suelo frente a una carga de diseño y la capacidad de soporte, el tipo de suelo y resistencia de los mismos para estudiar la adecuada cimentación para la construcción.

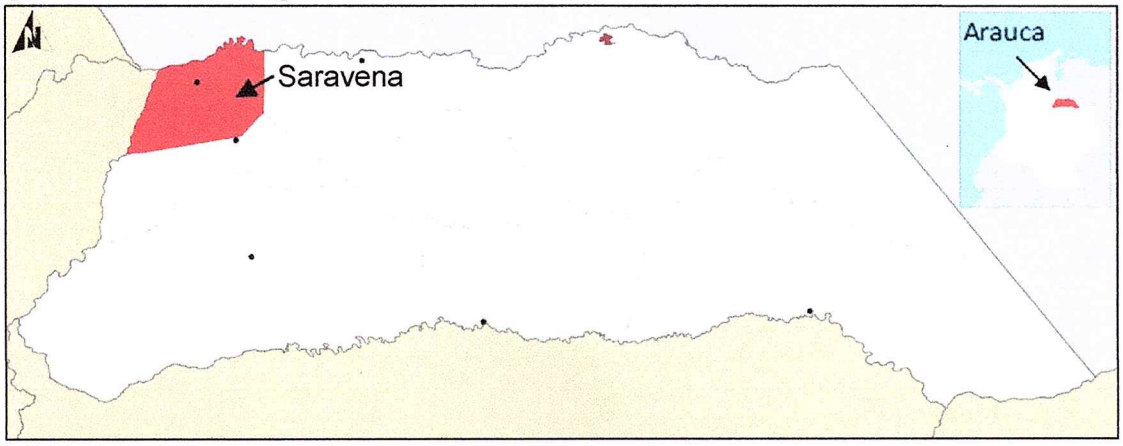
1.2.2 Objetivos específicos

- Describir las características principales del área de estudio.
- Caracterizar el estado actual en campo de los suelos, evaluando puntos como expansividad.
- Determinar las características físicas del material de subrasante.
- Establecer la(s) unidad(es) definitiva(s) de diseño.
- Determinas la capacidad de soporte de la subrasante.
- Generar recomendaciones de diseño y construcción.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el área urbana del Municipio de Saravena, en el Departamento de Arauca, en el barrio El Prado, al sur de la cabecera municipal.

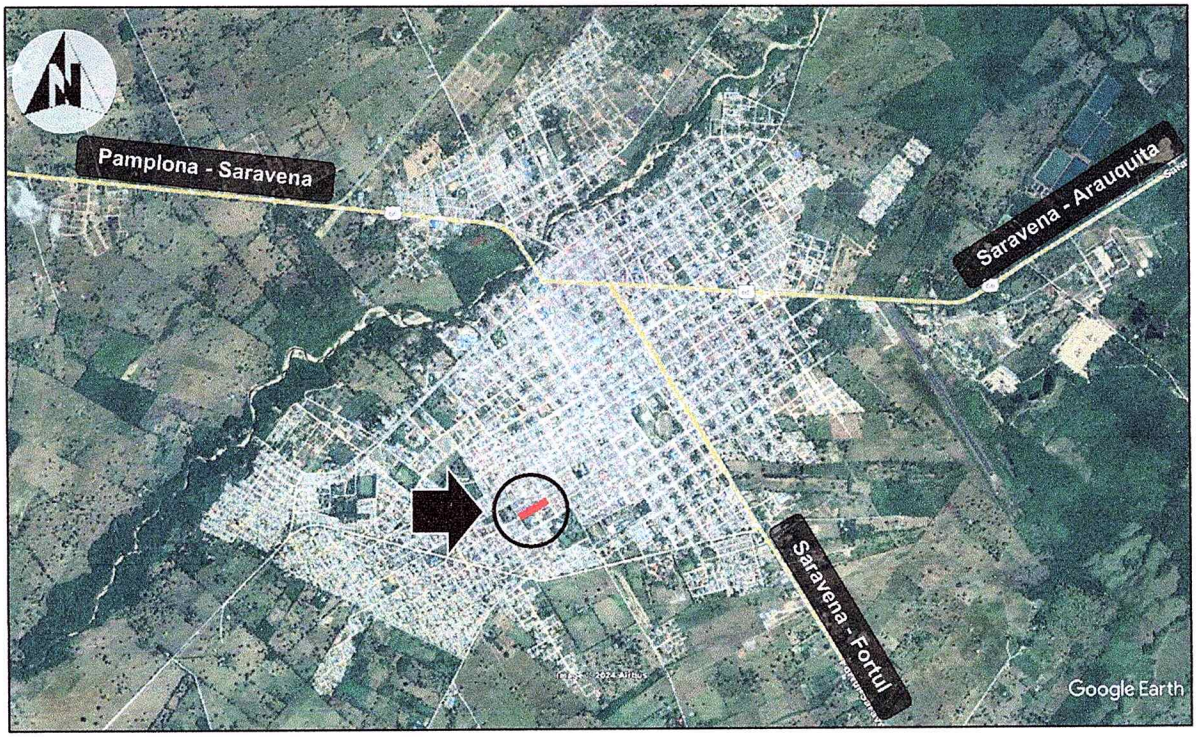
.Figura 1-1 Ubicación general de Saravena en Colombia



Fuente: Sitio web: www.es.wikipedia.org/wiki/Saravena

El proyecto consiste en el mejoramiento de la calle 18 desde la carrera 22 hasta la carrera 24 del casco urbano del Municipio de Saravena, mediante pavimentación en concreto rígido, siguiendo las normas establecidas por el Instituto Nacional de Vías - INVIAS.

Figura 1-2 Ubicación específica del proyecto



Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 1/23/2024

2. CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO

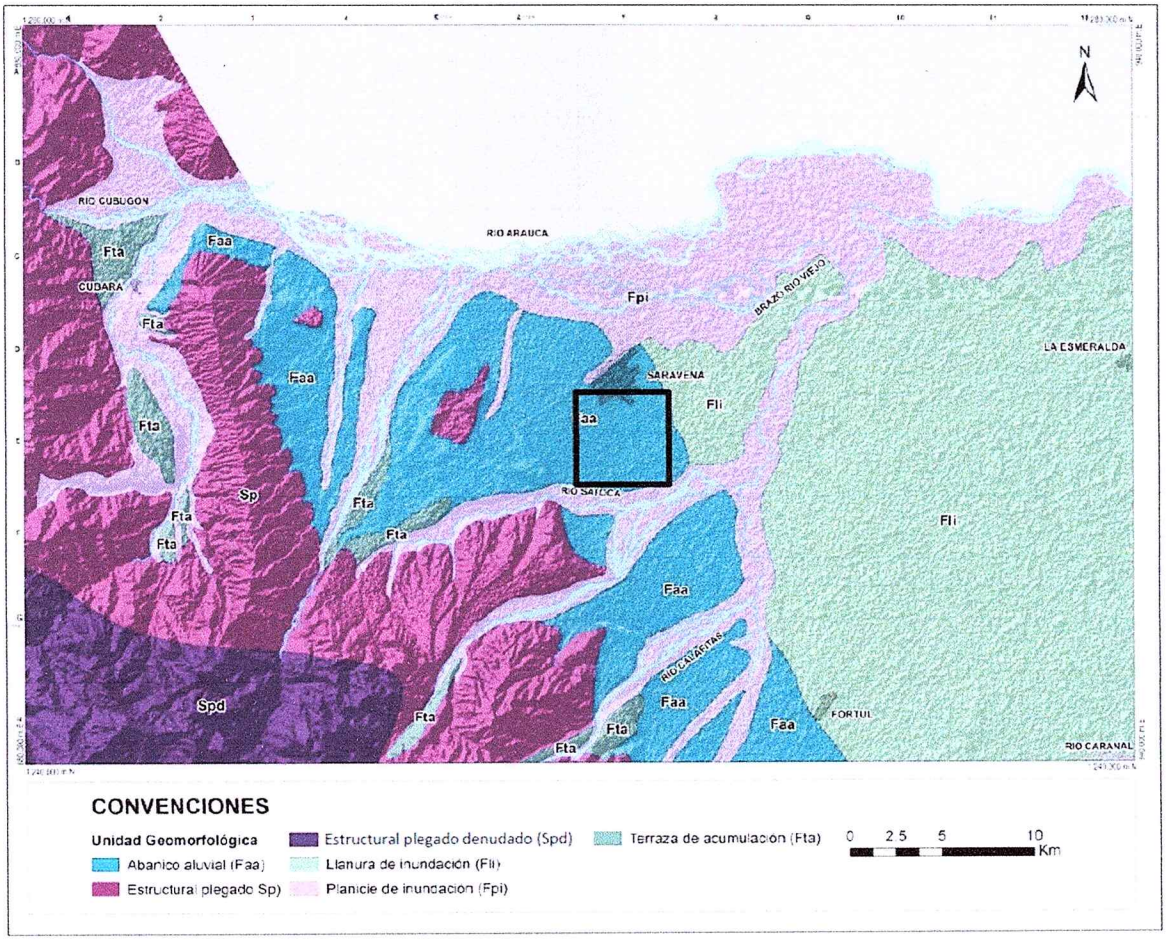
2.1 ASPECTOS FÍSICOS

El Municipio de Saravena se encuentra localizado al noroccidente del espacio geográfico de la Orinoquia Colombiana y representa uno de los paisajes más complejos en términos de su biodiversidad, de su conformación fisiográfica, de sus procesos culturales y de su dinámica de poblamiento.

2.1.1 Geomorfología.

La zona de estudio se encuentra en el cuadrante E-7 de la Plancha 123 – Saravena de la Cartografía Geológica del Servicio Geológico Colombiano.

Figura 2-1. Mapa de unidades geomorfológicas



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2015

Se distingue una unidad geomorfológica dentro de la zona de estudio:

Abanico aluvial (Faa): Los abanicos aluviales conforman gran parte de la plancha, ocupando un área aproximada de 1100 km^2. En éstos se distinguen claramente el ápice apuntando hacia la cordillera y el lóbulo deposicional hacia la llanura con una longitud variable que puede superar los 30 km.

El origen de esta geoforma está ligado a la orogenia Andina durante la cual las corrientes provenientes de valles estrechos en las montañas pasaron a una zona plana donde depositaron el material que transportaban.

Los abanicos tienen relieve plano con laderas levemente inclinadas en la dirección de la corriente, estas son extremadamente largas y rectas, de forma plana. Ocasionalmente son cortadas por drenajes subparalelos muy largos y de baja densidad.

2.1.2 Fisiografía

El relieve del departamento de Arauca, está constituido por tres conjuntos morfológicos: la cordillera oriental, el piedemonte y la llanura aluvial. La Cordillera Oriental en el Occidente, representa aproximadamente la quinta parte de la superficie departamental y comprende elevaciones desde los 500 m, en límites con el piedemonte, hasta los 5380 m, en la Sierra Nevada del Cocuy; se caracteriza por las altas montañas, páramos cubiertos por pajonales y frailejones, pendientes abruptas, fuertemente disectadas y vertientes bajas con bosques subandinos.

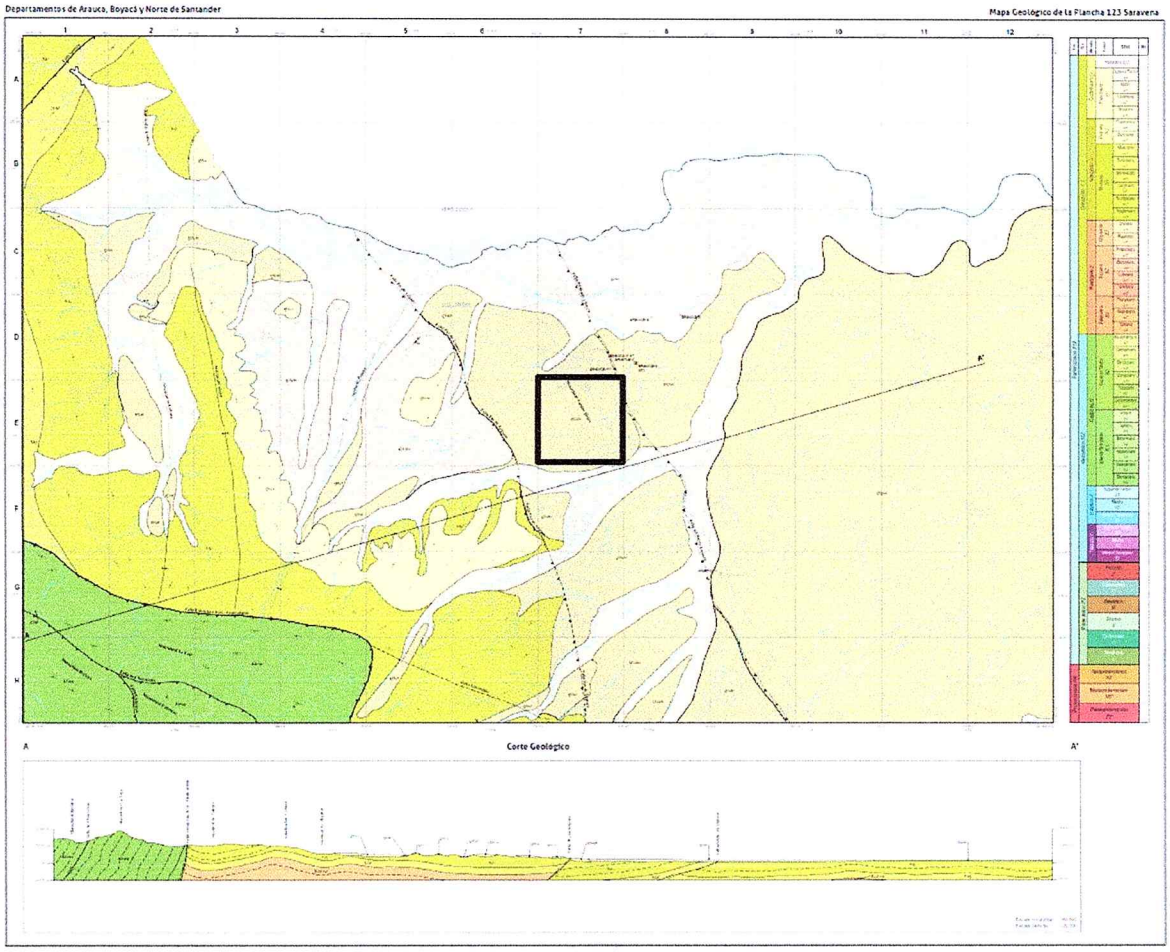
La formación orográfica más destacada es la Sierra Nevada del Cocuy, la cual tiene entre sus accidentes más notables los cerros de la Plaza, La Piedra, El Diamante, Los Altos, Nievecitas y Los osos y las cuchillas Altamira y el Salitre.

El área del piedemonte está conformada por conos, abanicos aluviales y terrazas de relieve plano a inclinado, cubierta de vegetación de sabana y bosque ecuatorial; por último, la llanura aluvial que se extiende desde el piedemonte hasta los límites con Venezuela; el modelado es de terrazas y llanuras aluviales de desborde cubierta por vegetación de sabana inundable y por bosque de galería en las vegas de los ríos y caños del Sarare.

2.1.3 Estratigrafía.

En el cuadrante E-7 (zona de estudio) afloran depósitos cuaternarios con morfología plana, donde se distinguen los depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q1abi)

Figura 2-2. Mapa geológico Plancha 123 - Saravena



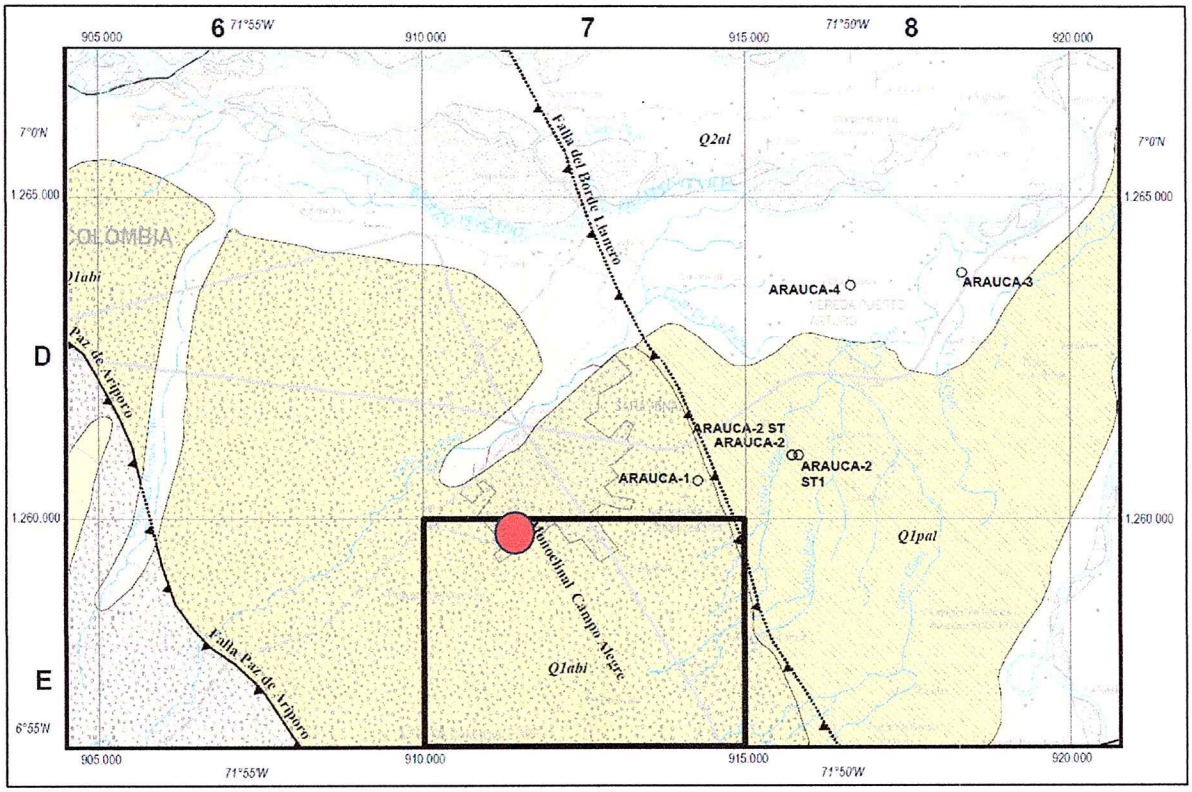
Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2015.

Depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q1abi): Se encuentran localizados en la parte central de la plancha, (C5, C6, D6, D7, E6, E7, F7, F8, G7, G8, H7 y H8), y están limitados por las fallas Paz de Ariporo y del Borde Llanero.

La parte proximal de los abanicos aluviales inferiores presentan gravas de tamaño variable desde gránulo hasta cantos rodados, con predominio de tamaño guija a canto; con pendientes moderadas en los taludes hacia los caños y ríos, debido a la incisión por la erosión, en ocasiones con bloques en superficie hasta de 1 m de diámetro, de areniscas cuarzosas, lodolitas y arcillolitas. La parte distal del abanico presenta disminución en el tamaño de los clastos, con aumento del contenido de arena y limo y esporádicas gravas tamaño guija.

Los depósitos de abanicos aluviales inferiores están cubiertos en algunos sectores por depósitos aluviales recientes y limitados al Este por la Falla del Borde Llanero, mientras que al Oeste están limitados por la Falla Paz de Ariporo.

Figura 2-3. Mapa geológico de la zona de estudio



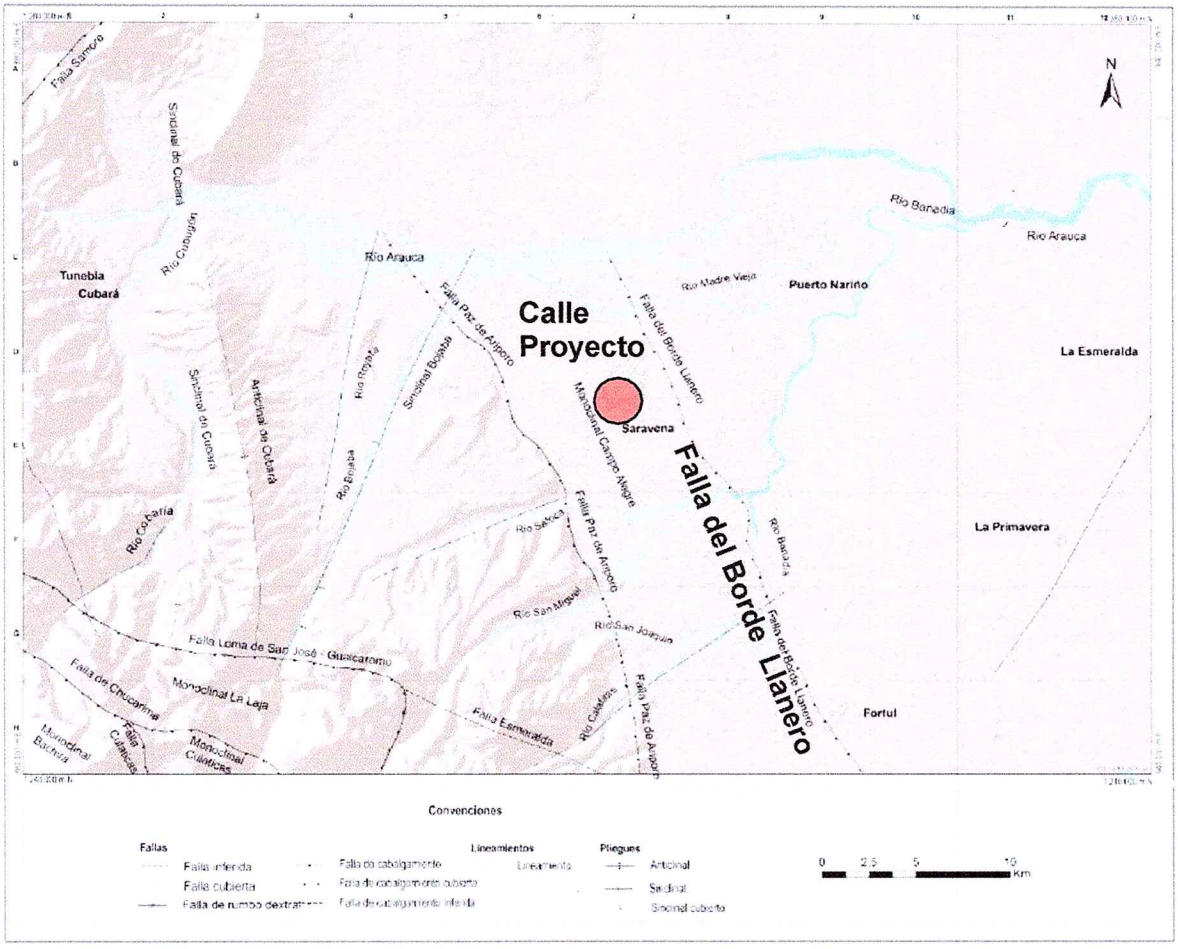
Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2015

2.1.4 Geología estructural.

Existen fallas regionales cuyos emplazamientos no afectan el área de interés del proyecto. Tampoco se han identificado fallas locales que afecten las cercanías de la ubicación de las obras proyectas.

Se distinguen un accidente tectónico cerca de la zona del proyecto: Falla del Borde Llanero, lleva una general N15°W inclinada al occidente 15°, se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios.

Figura 2-4. Esquema estructural plancha 123



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2015

2.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

2.2.1 Clima

La temperatura promedio es de 25.5 grados centígrados; la precipitación pluvial es de 2890 mm al año y la humedad relativa es del 83%. El territorio del municipio cuenta con altitudes que van desde los 190 y 2600 m.s.n.m. Según el IDEAM la Humedad Relativa en Saravena es de 84% en promedio; el mayor porcentaje se da en el mes de junio con un 88% y el menor porcentaje se presenta en los tres primeros meses del año con un 80%. Estos porcentajes demuestran que en el municipio la humedad relativa es alta, si se tiene en cuenta que para el ser humano el rango de aceptación esté entre 50% y 70%.

2.2.2 Hidrografía

Por influencia de la cordillera oriental se determina la distribución de las aguas corriendo en sentido sur / noreste, hacia la cuenca del río Arauca y a su vez, a la cuenca del Orinoco. En la cordillera, el recorrido es perpendicular al plegamiento hasta el cambio de cauce y en la parte plana, disperso hacia el Orinoco. El municipio presenta alta oferta hídrica debido al régimen mono modal que le permite contar con lluvias durante la mayor parte del año. Esta distribución temporal es complementada con la distribución espacial casi total en el área de jurisdicción. Además, en el suelo y subsuelo, a poca profundidad, se puede encontrar agua de buena calidad para diversas actividades.

La complejidad de la dinámica hídrica en el Municipio de Saravena no ha sido suficientemente estudiada y por ello se presentan diferentes situaciones de afectación a la producción, a viviendas ubicadas en zonas de riesgo, a infraestructuras como puentes, vías, tendidos eléctricos, etc.

2.3 AMENAZAS Y RIESGOS[1]

La zonificación de amenazas naturales como: inundaciones, movimientos en masa e incendios forestales (área urbana y rural) son de carácter preliminar, tienen como fuente el estudio que hizo el departamento de Arauca para elaborar el POT departamental, cuyo consultor fue el IGAC en el año 2006.

Entre las principales amenazas que se pueden presentar en Saravena se tiene:

2.3.1 De origen hidrológico

Inundaciones:

Las inundaciones son eventos recurrentes que se producen en las corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas o continuas que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, se desbordan y cubren con agua los terrenos relativamente planos que se encuentran aledaños a las riberas de ríos y quebradas (los de mayor recurrencia en Colombia). Las inundaciones se pueden dividir de acuerdo con el régimen de los cauces en: lenta o de tipo aluvial y súbita o de tipo torrencial.

En general, los eventos de inundación conocidos por la comunidad están relacionados con los incrementos en el nivel de las aguas y la anegación de áreas, no importando la causa de los mismos, bien sean desbordamientos sistemáticos de corrientes, cambios de curso

[1] Información tomada del PBOT vigente.

de las mismas, lluvias intensas en áreas planas, encharcamientos por inadecuado drenaje superficial natural o urbano eventos, catastróficos como represamientos y crecientes súbitas o avalanchas.

La ubicación del municipio en área del piedemonte, la configuración geomorfológica del terreno, la existencia de numerosos cuerpos lóticos y la alta pluviosidad en determinados períodos del año determinan una alta amenaza por inundaciones.

Para atender las diferentes situaciones de emergencia generadas por las inundaciones mencionadas el Departamento y el Municipio han instalado infraestructuras y han realizado acciones que se pierden anualmente y se convierten en soluciones de carácter temporal.

El estudio basado en información del IGAC 2006 permitió establecer que sólo un 14% del área del municipio no tiene amenaza de inundación, correspondiente a las áreas altas del municipio, fundamentalmente hacia el occidente del municipio, y mayoritariamente en áreas de comunidades indígenas. El 9,24% del terreno del municipio tiene baja amenaza de inundación y corresponde también a áreas en partes altas del municipio. El 42,6% del área del municipio es susceptible en grado medio a inundaciones. El 29,75%, casi una tercera parte del área del municipio tiene alta amenaza por inundaciones, que corresponde a la totalidad de la Isla del Charo y a las áreas aledañas a los diferentes cursos de agua o rondas de protección y adyacentes de las fuentes hídricas de la cuenca del Río Banadías y parte de las rondas de protección del Río Bojabá.

Estas amenazas por inundaciones y desbordamientos a nivel de detalle se presentan a continuación.

Alto amenaza por desbordamientos de las fuentes hídricas en la zona rural. Se afectan periódicamente las veredas: Isla del Charo, Islas del Bojabá, Playas del Bojabá, Caño Negro, Campo Oscuro, Puerto Nariño, Rancho Pilón, Cobalongos, Puerto Lleras, Puerto Arturo, San Joaquín, San Miguel.

En el año 2006 se inundaron las veredas Agua Santa, La Chucua y Caño Rojo, que no se inundaban desde 1988.

Por desbordamientos del Caño Pescado y Madrevieja se inundan las veredas Campo Oscuro, El Pescado, Puerto Rico, Bajo Pescado, Puerto Arturo, Charo Alto, Charo Centro, Madre Vieja, San Rafael, Monteadentro y la Inspección de Puerto Nariño.
Por desbordamientos de los Ríos Satocá y San Miguel hay peligros en las veredas Satocá, San Miguel, San Joaquín y Alto San Joaquín.

El desbordamiento potencial del Río Banadía, en el Municipio de Fortul, sobre la Quebrada La Colorada, amenaza las veredas La Colorada, Los Alpes, La Pajuila, La Granada y parte del Municipio de Arauquita.

Se invadieron cauces naturales y rondas de protección con asentamientos poblacionales y producción agropecuaria, así se presentan amenazas en sitios de la ribera del río Arauca y Madrevieja en las veredas La Palma, El Remolino, Puerto Contreras, El Dique y la Inspección de Puerto Nariño.

En el casco urbano, los barrios Libertadores, La Esperanza, un sector del centro, San Luis, Las Flores, San Jorge y Pinzón se asentaron en el área de ronda de protección de la Quebrada La Pava. El desbordamiento de esta quebrada, a la altura de la vereda del mismo nombre, afecta más del 30% del casco urbano, a los barrios que están ubicados en las cotas topográficas más bajas; se ven afectados los barrios Versalles, Libertadores, Pinzón, Montebello, Las Palmeras, Santander, Los Alpes.

Por inexistencia de drenajes para la evacuación de aguas lluvias, se inundan los barrios Las Flores, San Jorge, Salinas, Villa Fany, Alfonso López, complejo metalmecánico, Las Villas, Madres Cabeza de Hogar.

Avalanchas:

Alta amenaza de avalanchas en los Ríos Satocá, Banadía, San Miguel, Calafitas y Bojabá, que coinciden con la alta amenaza de inundación sobre estos ríos.

2.3.2 De origen geológico

Deslizamientos o remoción en masa:

Los fenómenos de remoción en masa, son desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta.

Se clasifican de acuerdo con sus características, velocidad de movimiento, magnitud y material transportado. Se incluyen dentro de los fenómenos de remoción en masa los deslizamientos, volcamientos, caídas y flujos de roca o suelo, y entre estos últimos los flujos a lo largo de los cauces cuando el material que cae se mezcla con la corriente de agua, como es el caso de las llamadas avenidas torrenciales.

En la región andina colombiana por lo abrupto de las montañas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y meteóricos (lluvias, vientos y cambios de temperatura) hacen que exista una alta susceptibilidad a la acción de eventos como deslizamientos y avalanchas. Aunque estos eventos se presentan en zonas muy específicas y por lo general con una

pequeña área de influencia, ocasionan pérdidas humanas y materiales, obstrucción y congestión en los servicios vitales básicos, colapso o la seria deformación de edificaciones, estructuras o establecimientos, debido a la fuerza extrema causada por el deslizamiento. Son después de las inundaciones los fenómenos más frecuentes en el país.

Algunos de los eventos característicos de remoción en masa, su ambiente de ocurrencia, los factores que favorecen su presencia, los que aceleran su acción e intensifican sus impactos y la relación con otros eventos, que se podrían generar como deslizamientos en roca y suelo, desprendimientos de laderas, flujos de suelo.

La configuración geomorfológica del municipio con pronunciadas pendientes y buena parte del área al pie de estas pendientes determina diferentes grados de amenaza por deslizamientos.

.

Existe un 3,06% del área del municipio con Muy Alta Amenaza por deslizamiento correspondiente a áreas con altas pendientes en la parte derecha del cauce del Río Satocá y a una pequeña elevación aislada ubicada en el noroccidente del municipio.

La Amenaza Alta es del 12,87% del área del municipio, y corresponde a áreas ubicadas en territorios indígenas en la parte sur – occidental del municipio.

La Amenaza intermedia es del 18,72% del área del municipio correspondiendo a áreas de laderas que llegan al piedemonte, sobre todo en la parte sur occidental del municipio y a terrenos en diferentes islas configuradas en los Ríos Arauca, Madre Vieja y Banadías.

El resto del área del municipio, un 60,98% tiene amenaza en grado bajo de deslizamiento.

En detalle existe una Alta amenaza por desprendimientos en las partes altas del distrito 9 del área rural, veredas Alto San Joaquín, Guasdualito, San Miguel, Las Palmeras, San Joaquín, San Miguel 2 y Caño Esmeralda.

De igual manera un desprendimiento en la Vereda Calafitas posibilitaría un represamiento con amenaza de avalancha del Río Calafitas. (Aunque este desprendimiento está ubicado en área del municipio de Fortul afectaría población del Municipio de Saravena).

Sísmico:

Los sismos (conocidos también como terremotos) son causados por movimientos bruscos que se producen entre fragmentos de la corteza terrestre y que desprenden grandes cantidades de energía.

Se conocen por las vibraciones o movimientos del terreno que generan, pero también pueden causar dependiendo de su localización y magnitud, otros fenómenos secundarios como fallas del terreno, avalanchas y tsunamis.

Según SIGAM – 2007, "Saravena se encuentra dentro del sistema de fallas del Piedemonte Llanero; sistema que se extiende a lo largo del flanco oriental de la Cadena Andina desde Ecuador hasta Venezuela y define el límite entre el dominio orogénico deformado y el Cratón Suramericano. Las fallas de este sistema son generalmente inversas con buzamiento hacia la cordillera excepto la distribución de la sismiciclad delinea, en el continente, los cabalgamientos de vergencia opuesta paralelos a los piedemontes que ponen en evidencia el levantamiento y frente de deformación asociados a la convergencia de las placas de Nazca, Caribe y Sudamérica, y en profundidad, las peculiaridades del proceso de subducción (Taboada, A, 1.998). La Falla Frontal de la Cordillera Oriental conforma uno de los sistemas más activos de los Andes del Norte. El tipo de fallamiento, su longitud y su posición, se combinan con los parámetros de sismicidad para asignar a esta falla una magnitud última posible de 8 en la escala Ms. La longitud media de los segmentos mayores oscila entre 60 y 80 kilómetros, representando fuentes sismogénicas de alta capacidad destructora (Alarcón y Otros-Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1.998).

Según Taboada (1.998) el Sistema Yopal es uno, uno de los sistemas de fallas activas y potencialmente activas en Colombia. Saravena hace parte de este sistema. El anterior autor describe el sector norte del piedemonte llanero así: hacia la frontera con Venezuela la dirección de las fallas activas más externas del piedemonte cambia progresivamente de azimut NE-SW a NS.

Estas fallas terminan contra nuevos accidentes de dirección NW-SE y movimiento inverso sinestral convergencia hacia los llanos de Venezuela. Si bien la sismicidad de la RSNC en este sector es difusa, se destaca la ocurrencia del sismo de 1.724 (I=X). Hacia la zona axial de la cordillera se observan nuevas fallas de dirección NS convergencia al NE, como la falla de Sácama, que contribuyen a la formación del relieve cordillerano que, en este sector, presenta una geometría en forma de cuña o boomerang. En esta zona se define un nuevo brazo de cordillera de dirección NNW conocido como el Macizo de Santander, limitado al este por la falla Santa Marta-Bucaramanga.

De acuerdo al plano geológico de Arauca del Instituto Colombiano de Geología y Minería "INGEOMINAS" (1.999), en Saravena se encuentran seis (6) fallas de las cuales cuatro (4) son inversas, una de rumbo dextral y de tipo una definida. De esta la más conocida es la frontal del borde llanero, que se localiza en el este y noreste del municipio, pasando entre Puerto Nariño y Saravena, hasta continuar a Venezuela por la Isla del Charo; que coincide

con el centro de la amenaza (de media a alta) sísmica de la región. Las demás se localizan en el extremo sureste de municipio, correspondiendo a la zona de cordillera y más elevada (1.000 – 2.000 m.s.n.m).

En cuanto a los registros históricos de sismicidad se tiene que el más destructor y de mayor significado fue en 1.906 en el Océano Pacífico con una intensidad de 8,6 provocando tsunami y sintiéndose en la mayor parte de Colombia. Le siguen en su orden en el mismo Océano en 1.942 con 7,9; y con 7,8 en 1.904 y 1.958 respectivamente (Taboada y otros, 1.998).

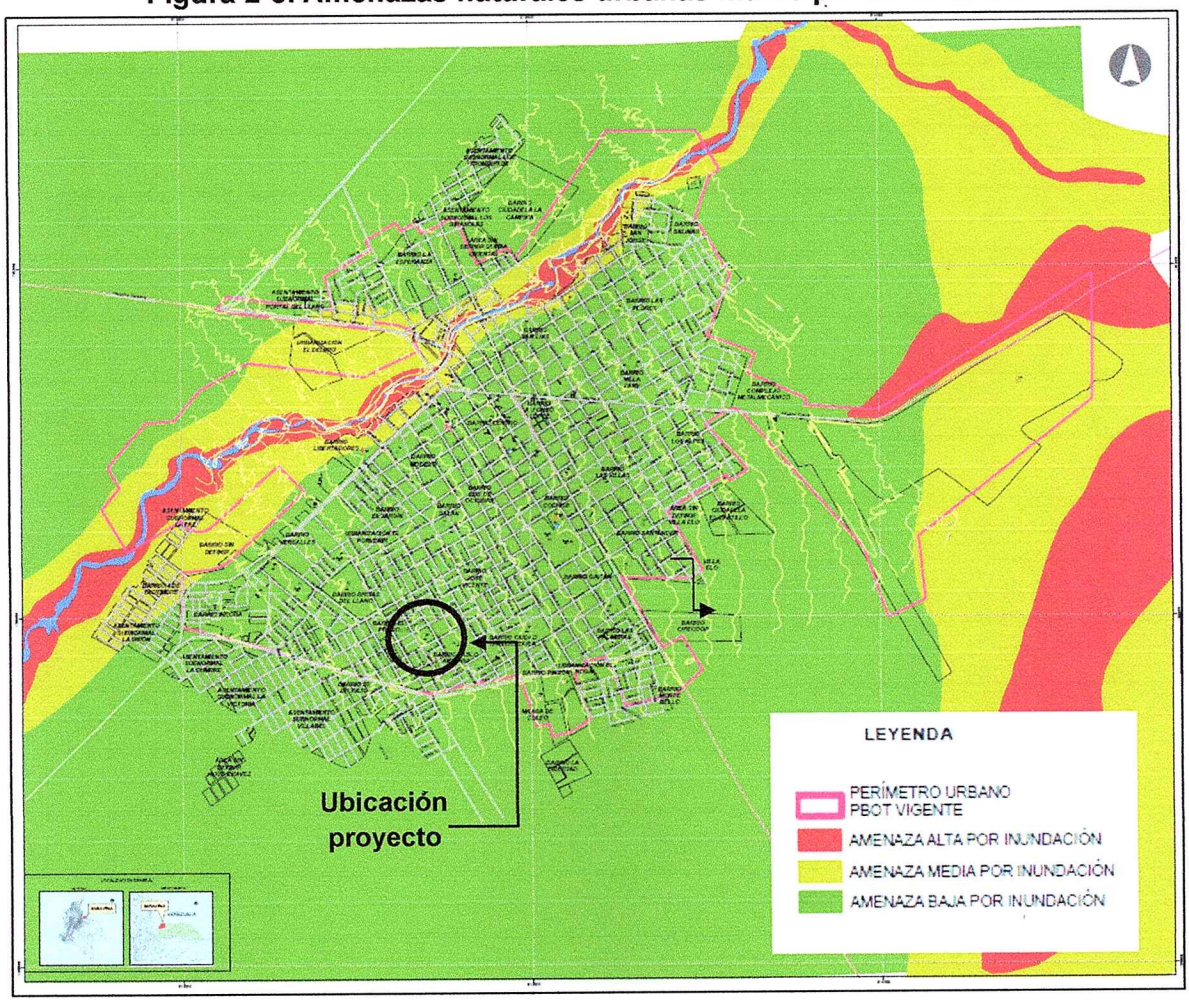
Para el Piedemonte Llanero son de destacar en 1.995 en Tauramena (Casanare) y Cubará ambos con intensidad entre 6,5 – 7; en 1.923 en Paratebueno (Cundinamarca) con una intensidad entre 6 – 6,5 y Nuchía (Casanare) con intensidad entre 5,5 – 6 (INGEOMINAS, 1.995).

Para analizar el riesgo sísmico de Saravena, se tuvo en cuenta información anterior y registros de los municipios del piedemonte de Arauca (Tame, Fortul y Saravena) y Cubará (Boyacá), pues este fenómeno natural no tiene fronteras y en la mayoría de los casos afecta a más de un municipio.

Se puede concluir que Saravena es el municipio donde menos frecuencia de eventos sísmicos se presentan en el área del piedemonte Araucano y el municipio de Cubará (Boyacá). Los municipios donde mayor número de eventos de sismicidad se presentan son Cubará seguido de Fortul. Pero esto no quiere decir que Saravena presente menos vulnerabilidad a los efectos de un fenómeno natural de importancia, pues realmente se encuentra dentro de dos zonas de alta sismicidad, y la ocurrencia de un evento mayor, puede generar efectos y desastres en toda la región, pues las distancias son pocas; a la zona urbana de Cubará, 35 km y a Fortul 26 Km. El sismo del 17 de enero de 2.000 en Fortul de 5,9 de magnitud y superficial, merece atención, pues si lo comparamos con el del epicentro en Córdoba (Quindío) el 25 de enero de 1.999 donde se originaron daños y victimas en la zona cafetera; fue de 6,2 de magnitud y superficial. Sin embargo, el Estudio General de Amenaza Sísmica en Colombia del INGEOMINAS-Universidad de los Andes en 1.996, dentro de las zonas de amenaza sísmica está en un riesgo alto y medio; teniendo en cuenta las normas sismo resistentes le asignan valores de Aa (aceleración pico efectiva) de 0,25g y Ad de 0,03, siendo los más altos en Colombia 0,40g y 0,06 respectivamente; y en el departamento de Arauca con valores más altos Fortul y Saravena.

La actualización del Plan Básico de Ordenamiento Territorial estableció las áreas de mayor amenaza en el casco urbano del municipio, las cuales se ilustran en la figura 2-5. La calle 18 desde la carrera 22 hasta la carrera 24 del casco urbano del Municipio de Saravena, se encuentran dentro de las zonas de riesgo de amenaza baja de inundación por escorrentía.

Figura 2-5. Amenazas naturales urbanas municipio de Saravena



Fuente: PBOT Municipio de Saravena.

3. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

3.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

La exploración del subsuelo se define como la actividad dentro de la práctica de la ingeniería geotécnica, que busca establecer las características de disposición espacial y propiedades físicas de un medio geológico que tienen influencia en la respuesta de éste a las solicitaciones planteadas por un proyecto específico en sus diferentes instancias de desarrollo: diseño, construcción y operación. Para el cumplimiento de esta definición es posible la realización de diferentes actividades de exploración entre las que se cuentan los apiques y los sondeos, complementados con las labores de correlación geomorfológica realizada a través de las visitas de campo.

Los objetivos específicos que comprende un programa de exploración del subsuelo son:

- Evaluar la viabilidad general del sitio propuesto para el proyecto.
- Fundamentar las bases de un diseño económico y adecuado.
- Describir de manera detallada los diferentes estratos geológicos que conforman la rasante del proyecto.

Para caracterizar los suelos de subrasante de las calles del proyecto se realizaron cuatro perforaciones manuales hasta una profundidad máxima de 1.50 m, extrayendo muestras alteradas para determinación de granulometría y límites de consistencia.

En el cuadro 3-1 y figura 3-1, se muestra la ubicación de los apiques ejecutados.

Cuadro 3-1 Ubicación de los apiques exploratorios

Apique	Ubicación		Profundidad	Nivel freático
	Latitud N	Longitud W	m	m
A-01	6°56'47.91"N	71°52'42.83"O	1.50	-
A-02	6°56'46.95"N	71°52'44.12"O	1.50	-
A-03	6°56'46.18"N	71°52'46.05"O	1.50	-
A-04	6°56'45.31"N	71°52'46.91"O	1.50	-

Fuente: Estudio de suelos

Figura 3-1 Ubicación de los apiques exploratorios



Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 1/23/2024

3.2 ENSAYOS EN CAMPO

En cada uno de los sondeos realizados se llevaron a cabo los siguientes ensayos de campo:

- Barrenos manuales.
- Ensayo de Penetración Estándar (PDC).
- Toma de muestra inalterada para penetración CBR.
- Extracción de muestras para humedad y clasificación.
- Profundidad de nivel freático.

Con estos ensayos se conocieron las propiedades físicas de consistencia y humedad de los suelos, igualmente se estimaron los parámetros de resistencia de los suelos explorados y con las muestras extraídas se procedió a la realización de los ensayos de laboratorio sobre el material alterado.

3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

De las exploraciones realizadas se tomaron muestras para realizar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de humedad.
- Granulometría.
- Límites de consistencia.
- Penetración CBR.

La exploración de campo y los ensayos de laboratorio se realizaron con el propósito de determinar las características y propiedades de los suelos que componen la zona de fundación de la obra mencionada.

La cantidad de ensayos ejecutados se relaciona en el Cuadro 3-2.

Cuadro 3-1 Cantidad total de ensayos ejecutados en laboratorio

Ensayo	Cantidad	Norma
Ensayos de laboratorio		
Contenido de humedad	8	INV E-122-13
Granulometría	8	INV E-123-13
Limites	-*	INV E-126-13
Penetración CBR	4	INV E-148-13
Ensayos de campo		
Penetración dinámica de cono (PDC)	4	INV E-172-13

* Los suelos no presentaron características plásticas.

Para mayor información de los procedimientos de ensayos, por favor remitirse a las normas INVIAS respectivas dadas en el Cuadro 3-2.

4. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Para la clasificación y caracterización de los materiales extraídos de las exploraciones hechas en la zona se ejecutaron una serie de ensayos de laboratorio.

La clasificación de los suelos se realizó tanto con el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) como con el sistema de clasificación AASHTO. La descripción realizada para caracterizar los suelos se basa en la clasificación SUCS.

4.1 ESTRATIGRAFÍA

Los suelos de subrasante de la zona están compuestos por abanicos aluviales estratificados de arenas limosas de granulometría fina y gravas limosas con arena y bloques tamaño máximo 6 pulgadas clasificados como SM, y GM según el sistema de clasificación USC y como A-1-b(0) y A-2-4(0) según el sistema de clasificación AASHTO. La caracterización se realizó considerando los resultados de los ensayos presentados en el Cuadro 4-1.

Figura 4-1 Registro fotográfico de la calle de acceso



Fuente: Propia

Cuadro 4-.1 Resumen de exploración

Sector	Apique No.	Mtra. No.	Litología	Hum. a la Prof. %	Hum. a la Prof. Mts	L.L. %	I.P. %	Granulometría % pasa No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	Indice de grupo	Clasificacion AASHTO	Clasificacion USC	Nivel Freático Mts	CBR INALTERADO CBR %	CBR INALTERADO Exp %	PDC mm/golpe	Fecha: Noviembre de 2024 Hoja 1 de 1 Descripción
CALLE 18 ENTRE CRAS 22 Y 23	A-01			-	0.00 - 0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	MATERIAL CRUDO SIN CLASIFICAR
		1		8.52	0.15 - 0.60	-	-	100.00	100.00	64.21	25.26	0	A-2-4	SM	-	2.98	0.08	30.00	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA, COLOR AMARILLO
		2		13.02	0.60 - 1.50	-	-	45.45	43.71	35.72	21.82	0	A-1-b	GM	-	-	-	-	MATERIAL GRANULAR CON CANTOS RODADOS HASTA DE 6" COLOR AMARILLO
CALLE 18 ENTRE CRAS 22 Y 23	A-02			-	0.00 - 0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	MATERIAL CRUDO SIN CLASIFICAR
		1		13.06	0.15 - 0.50	-	-	100.00	100.00	70.22	32.56	0	A-2-4	SM	-	3.16	0.06	30.80	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA, COLOR AMARILLO
		2		15.85	0.50 - 1.50	-	-	43.84	42.42	34.76	18.12	0	A-1-b	GM	-	-	-	-	MATERIAL GRANULAR CON CANTOS RODADOS HASTA DE 6" COLOR AMARILLO
CALLE 18 ENTRE CRAS 23 Y 24	A-03			-	0.00 - 0.15	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-		-	MATERIAL CRUDO SIN CLASIFICAR
		1		9.38	0.15 - 0.60	-	-	100.00	100.00	65.75	26.03	0	A-2-4	SM	-	3.09	0.06	28.20	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA, COLOR AMARILLO
		2		11.67	0.60 - 1.50	-	-	46.23	45.23	36.34	21.13	0	A-1-b	GM	-	-	-	-	MATERIAL GRANULAR CON CANTOS RODADOS HASTA DE 4" COLOR AMARILLO
CALLE 18 ENTRE CRAS 23 Y 24	A-04			-	0.00 - 0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	MATERIAL CRUDO SIN CLASIFICAR
		1		10.48	0.15 - 0.50	-	-	100.00	100.00	65.63	23.32	0	A-2-4	SM	-	2.50	0.07	32.30	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA, COLOR AMARILLO
		2		12.98	0.50 - 1.50	-	-	48.31	46.09	37.52	20.86	0	A-1-b	GM	-	-	-	-	MATERIAL GRANULAR CON CANTOS RODADOS HASTA DE 4" COLOR AMARILLO
		Mínimo		8.52		-	-	43.84	42.42	34.76	18.12					2.50	0.06	28.20	
		Promedio		11.87		-	-	72.98	72.18	51.27	23.64					2.93	0.07	30.33	
		Máximo		15.85		-	-	100.00	100.00	70.22	32.56					3.16	0.08	32.30	

4.2 POTENCIAL DE EXPANSIÓN

4.2.1 Índice de plasticidad.

De los ensayos de plasticidad realizados sobre el porcentaje de finos presente en la subrasante, se encontró que dichos suelos no poseen características plásticas (IP=0).

4.2.2 Potencial de expansión.

Para identificar el potencial expansivo de la subrasante, se debe conocer el tipo de suelo fino que se encuentra en su matriz. Por lo general los suelos más expansivos pertenecen a los grupos A-6 y A-7 (Clasificación AASHTO) o CH y MH (Clasificación Unificada), los cuales son suelos de alta plasticidad o alta compresibilidad.

Con las propiedades índice de los suelos y mediante el uso del cuadro 4-2, se definió el potencial de expansión de los suelos.

Cuadro 4-2. Correlación límites de consistencia vs potencial de expansión

LL (%)	IP (%)	Clasificación del hinchamiento potencial
>60	> 35	Alto
50 – 60	25 – 35	Marginal
50 <	< 25	Bajo

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito del Instituto Nacional de Vías

Cuadro 4-3 Clasificación potencial de expansión para la subrasante

Parámetros	Valor máximo obtenido	Valores referencia	Potencial de expansión
LL %	-	< 50	Bajo
IP %	-	< 25	

Fuente: Elaboración propia

Conforme al cuadro 4-3 y los valores máximos allí presentados, y considerando que los suelos encontrados corresponden a arenas limosas, el potencial de expansión de la subrasante es **Bajo**. La metodología utilizada para el cálculo del potencial de expansión fue utilizando el rango de valores en los que se encuentre el límite líquido y el índice plástico de los suelos.

4.3 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada (1.50 m). La humedad de los materiales de los suelos de subrasante presentó valores entre 8.52% y 15.85% con un valor promedio de 11.87%.

5. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

En este numeral se presentan las metodologías y criterios de diseño empleados para el cálculo de la capacidad de soporte de la subrasante.

Teniendo en cuenta los resultados de ensayos de laboratorio, se realizó la caracterización de los materiales existentes a lo largo del perfil de suelo de las calles en estudio y con base en los ensayos de penetración dinámica de cono se determinaron los valores de la capacidad de soporte de la subrasante a partir de correlaciones empíricas de los ensayos de penetración dinámica de cono, PDC.

5.1 ENSAYOS DE CONO DINÁMICO

El ensayo de cono dinámico es un método de campo para estimar el CBR de la sub-rasante de los materiales en campo. El uso de los valores de CBR obtenidos mediante este ensayo debe ser ajustado al tipo de suelo y las condiciones de humedad del sitio. Es un ensayo que proporciona datos sobre la consistencia del suelo, siendo en algunas ocasiones un ensayo rápido de buena aproximación al valor de soporte de los suelos en estado natural.

Los datos de PDC obtenidos en campo son un indicativo indirecto de la consistencia del suelo del sitio. El uso de estos resultados en el diseño de los pavimentos debe realizarse bajo buenas consideraciones y criterios de acuerdo al estado del suelo explorado.

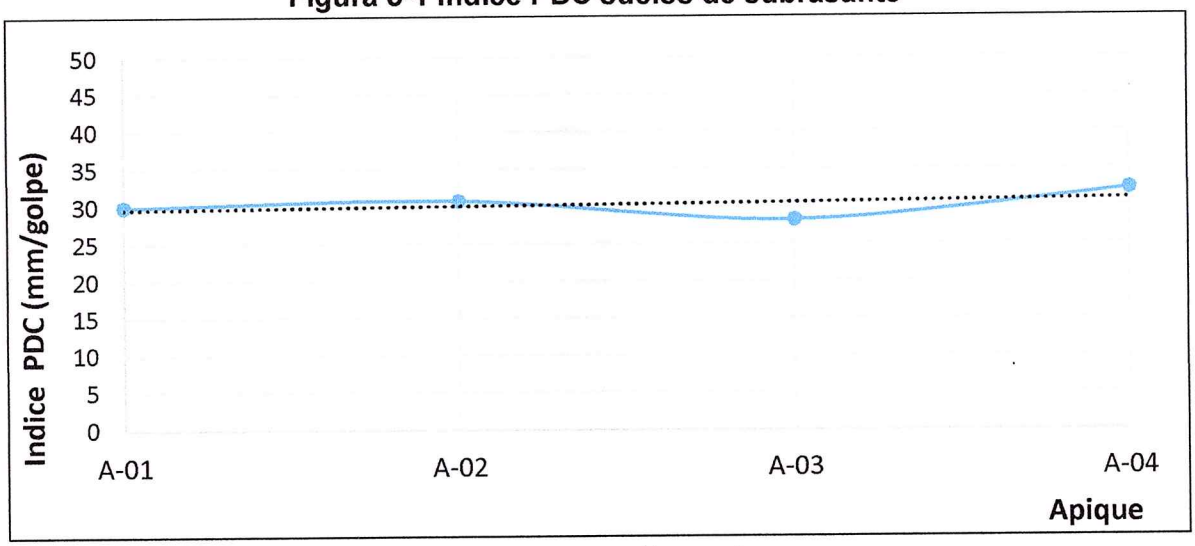
Con la finalidad de establecer la homogeneidad de los suelos con respecto a su comportamiento mecánico se efectuaron cuatro pruebas con el penetrómetro dinámico de cono, obteniéndose el índice de penetración sobre las calles del proyecto a profundidades entre 15 y 66 cm, hasta presentar rechazo.

En el cuadro 5-1 se puede observar los valores del índice PDC obtenidos sobre los suelos de subrasante. Los reportes de los ensayos de penetración dinámica de cono sobre los suelos de subrasante donde se construirán los pavimentos se pueden observar en el anexo A-3 Ensayos de laboratorio.

Cuadro 5-1. Valores del índice PDC

Apique	Abscisa	Índice PDC		Profundidad de Rechazo (m)
		(mm/golpe)	Promedio	
A-01	K0+015	30.0	30.33	0.66
A-02	K0+060	30.8		0.55
A-03	K0+130	28.2		0.63
A-04	K0+160	32.3		0.57

Figura 5-1 Índice PDC suelos de subrasante



Fuente: Elaboración propia.

Dichos ensayos nos permiten determinar un segmento homogéneo en la que la rasante del proyecto es sensiblemente paralela al afirmado existente con un índice de penetración promedio de 30.33 mm/golpe.

5.2 CBR SOBRE MUESTRA INALTERADA Y SUMERGIDA EN LABORATORIO

Teniendo en cuenta los resultados de ensayos de laboratorio, se realizó la caracterización de los materiales existentes a lo largo del perfil de suelo de la vía y con base en los ensayos de penetración CBR sobre muestras inalteradas se determinaron los valores de la capacidad de soporte de la subrasante.

Durante la ejecución de los apiques se tomaron muestras inalteradas representativas de las capas de subrasante, con la finalidad de realizar ensayos CBR sumergiéndolas 4 días, según norma INV. E-148.

El Cuadro 5-2 muestra los resultados de CBR sobre las muestras inalteradas.

Cuadro 5-2. Valores de CBR de la subrasante

Apique	Abscisa	Clasificación		Condición natural		CBR	Expansión CBR
		USC	AASHTO	Humedad (%)	Densidad seca (gr/cm^3)	(%)	(%)
A-01	K0+015	SM	A-2-4	8.52	1.843	2.94	0.08
A-02	K0+060	SM	A-2-4	13.06	1.754	3.16	0.06

Apique	Abscisa	Clasificación		Condición natural		CBR (%)	Expansión CBR (%)
		USC	AASHTO	Humedad (%)	Densidad seca (gr/cm^3)		
A-03	K0+130	SM	A-2-1	9.38	1.722	3.09	0.06
A-04	K0+160	SM	A-2-4	10.48	1.795	2.50	0.07
Promedio				10.36	1.779	2.93	0.07

Fuente: Propia

5.3 CBR REPRESENTATIVO DE LA SUBRASANTE

Definidos los valores de CBR, determinados mediante penetración CBR de laboratorio en muestras inalteradas, se organiza los valores de menor a mayor y analizarlos en conjunto para elegir un valor representativo de la capacidad de soporte de la unidad definitiva de diseño.

Cuadro 5-3. Valores de CBR ordenados

CBR (%)	Frecuencia	Número de valores mayores o iguales	% de valores iguales o mayores
2.50	1	4	100.0
2.94	1	3	75.0
3.09	1	2	50.0
3.16	1	1	25.0

Fuente: Propia

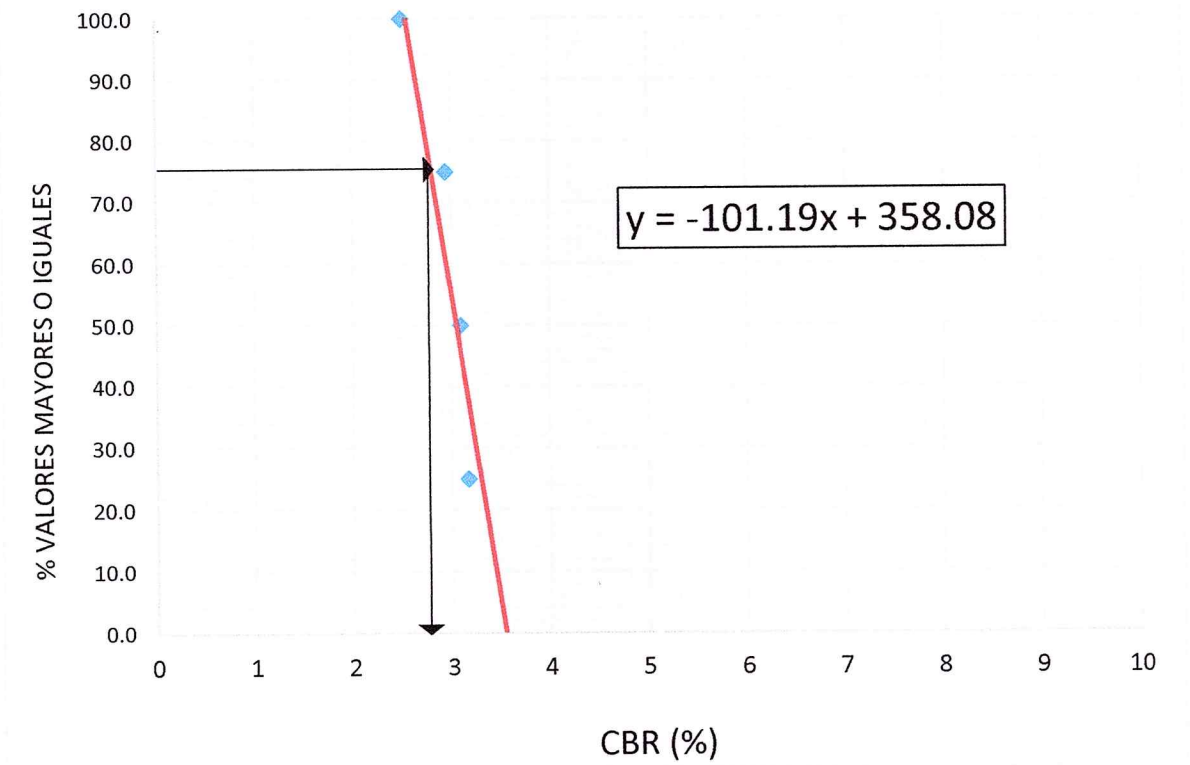
El criterio más difundido para la determinación de valores de la resistencia de diseño es el propuesto por el Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total, que el 60, el 75 o el 87.2% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento, como se muestra en el cuadro 5-4.

Cuadro 5-4. Límites para selección de resistencia

Numero de ejes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
<10^4	60
10^4 – 10^6	75
>10^6	87.5

(**Fuente**: MS-1 Asphalt Institute, Thickness Dessing, 1981).

Figura 5-2 CBR representativo de la subrasante



ECUACIÓN DE COMPORTAMIENTO	***Y=***	**-101.19**	***X ±***	**358.08**
PERCENTIL SELECCIONADO		**75%**		
CBR DE DISEÑO		**2.80%**		

Percentil : 75
CBR seleccionado : 2.80 %
Mr (2555 x $CBR^{0.64}$) : 4938 psi

Cuadro 5-6. Categorías de subrasante

Categoría	CBR (%)	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE
S1	**CBR ≤ 3**	**Malo**
S2	3 < CBR ≤ 5	Regular
S3	5 < CBR ≤ 10	Bueno
S4	CBR > 10	Muy Bueno

Fuente: INVIAS

5.4 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE MEJORAMIENTO

Debido a la baja capacidad de soporte de los suelos y teniendo en cuenta que los suelos de subrasante corresponden a arenas limosas con contenido apreciable de limos, que al contacto con la humedad disminuyen considerablemente su capacidad de soporte, se recomienda realizar un mejoramiento de la subrasante con adición de material granular TM 4", en un espesor tal que el CBR residual resulte en 7.0 % o más, siendo este valor correspondiente a un CBR de comportamiento Bueno, resultando así una estructura de pavimento con espesores más conservadores.

Para la determinación de la altura de mejoramiento, utilizaremos la metodología AASHTO para pavimentos flexibles igualando los números estructurales requeridos para las condiciones de tránsito de diseño.

$$D_4 = \frac{SN_r - SN_0}{a_4 \times m_4}$$

Siendo:

D_4 = Espesor efectivo de la subrasante mejorada en plg.

SN_r = Número Estructural requerido del pavimento con subra-sante muy pobre a pobre. Tratándose de una vía rural de muy bajo tráfico, como tránsito de diseño asumiremos el limite para la menor categoría N1 N≤150000 EE.

SN_0 = Número Estructural requerido del pavimento con subrasante regular, buena o muy buena.

a_4 = Coeficiente estructural de capa de la subrasante mejorada, se recomiendan los siguientes valores:

a_4 = 0.061/plg para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante regular con CBR de 6 % – 10 %.

a_4 = 0.076/plg para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante buena con CBR de 11 %– 19 %.

a_4 = 0.094/plg para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante muy buena con CBR > 20 %.

a_4 =0.089/plg para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante regular, con la adición mínima de 3 % de cal en peso de los suelos.

m_4 = Coeficiente de drenaje de la capa 4.

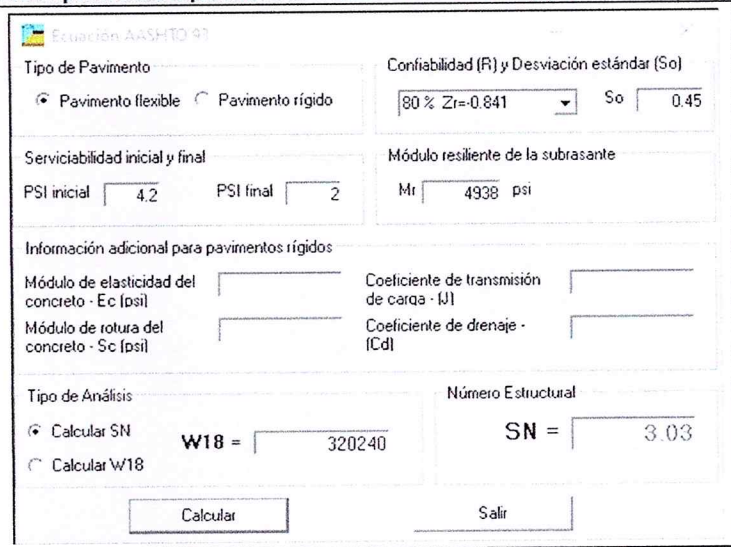
Cuadro 5-7. Determinación de espesor de mejoramiento K0+140 – K0+326

Modulo resiliente subrasante:

$E = 2555\ CBR^{0.64}$ (AASHTO 2002)

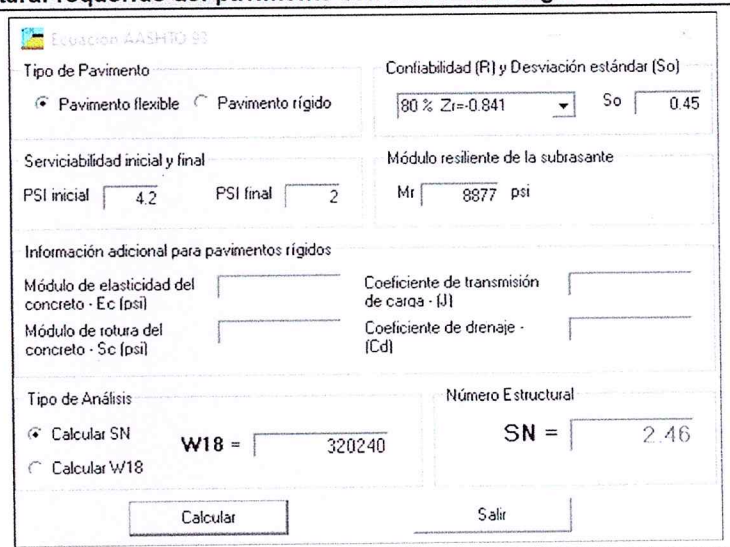
Cálculo del Número Estructural requerido del pavimento con subrasante muy pobre

Parámetros	
Zr=	0.841
So=	0.45
Pi=	4.20
Pf=	2.00
EAL=	3.20.E+05
CBR=	2.80 %
Mr=	4938 psi
SN_0=	3.03



Cálculo del Número Estructural requerido del pavimento con subrasante regular

Parámetros	
Zr=	0.841
So=	0.45
Pi=	4.20
Pf=	2.00
EAL=	3.20.E+05
CBR=	7.00 %
Mr=	8877 psi
SN_r=	2.46



Calculo del espesor mínimo de subrasante mejorada

$$D_4 = \frac{SN_r - SN_O}{a_4 \times m_4}$$

a4=	0.076
m4=	0.95
SN_0=	3.03
SN_r=	2.46
D4=	7.89 pulg
	20.1 cm
D4=	**20.0 cm** **Espesor adoptado**

Tomando como valor de CBR de la subrasante 2.80% se recomienda realizar un mejoramiento de material granular TM 4" como mínimo en un espesor de 20 cm, con la finalidad de asegurar un mejor comportamiento de la estructura de pavimento.

Los materiales de adición deberán presentar una calidad tal que la capa de subrasante mejorada cumpla los requisitos exigidos para los suelos seleccionados, en el numeral 220.2 del Artículo 220, "Terraplenes", de las Normas INVIAS.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La zona de estudio se encuentra en el cuadrante E-7 de la Plancha 123 – Saravena de la Cartografía Geológica del Servicio Geológico Colombiano, en la cual se distingue una unidad geomorfológica de ambiente fluvial: Abanico aluvial (Faa).

En la zona de zona de estudio afloran depósitos cuaternarios con morfología plana, donde se distinguen los depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q1abi).

Existen fallas regionales cuyos emplazamientos no afectan el área de interés del proyecto. Tampoco se han identificado fallas locales que afecten las cercanías de la ubicación de las obras proyectas.

Según la actualización del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, la Calle 18 desde la Carrera 22 hasta la Carrera 24 del casco urbano del Municipio de Saravena, se encuentran dentro de las zonas de riesgo de amenaza baja de inundación por escorrentía.

Los suelos de subrasante de la zona están compuestos por abanicos aluviales (Q1abi) de arenas limosas y gravas limosas con arena y bloques tamaño máximo 6 pulgadas, con porcentajes de grava entre el 52% y 56%, porcentaje de arena entre 67% y 77%, porcentaje de limos entre 18% y 33% y con índice de plasticidad, Ip=0%.

Las calles presentan una capa de rodadura de material granular crudo sin clasificar con sobretamaños, de 15 cm de espesor promedio.

El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada (1.50 m). La humedad de los materiales de los suelos de subrasante presentó valores entre 8.52% y 15.85% con un valor promedio de 11.87%.

Los resultados de los ensayos de penetración dinámica de cono efectuados arrojaron valores del índice PDC entre 28.20 y 32.30 mm/golpe.

Los resultados de los ensayos de penetración CBR en laboratorio efectuados luego de 4 días de inmersión, arrojaron valores de CBR entre 2.50% y 3.16%.

El CBR de diseño calculado para este proyecto es de 2.80%, con un módulo elástico Mr, de 4938 psi, para un percentil de 75%.

Mediante la prueba de expansión CBR se obtuvieron valores de expansión entre 0.06 y 0.08%, lo que clasifica el potencial de expansión de la subrasante en la categoría baja (expansión potencial < 0.50%).

6.2 RECOMENDACIONES

Las características mecánicas como resistencia y deformabilidad de los suelos de subrasante en condiciones naturales se consideran poco aceptables, el estrato superficial donde se emplazará la estructura vial no ofrece garantías óptimas (arena limosa con capacidad de soporte regular), por lo que se recomienda que al momento de realizar la excavación para los trabajos de construcción, la subrasante arenosa debe ser estabilizada con geotextiles y/o materiales granulares que puedan aumentar la capacidad de soporte en mínimo 5% (CBR recomendado entre 5% y 10%).

Según el numeral 5.4 "Determinación del espesor de mejoramiento", se recomienda realizar un mejoramiento con adición de material granular TM 4" de 20 cm como mínimo, pudiendo obtener un CBR residual de 7.0% o más (Mr = 8877).

Luego de los trabajos previos de excavación, necesarios para llegar a los niveles especificados para la colocación y conformación de las capas de pavimento o de su estructura, debe realizarse la compactación del fondo de la excavación con estrictos controles de calidad a objeto de evitar asentamientos diferenciales que pueden afectar al pavimento.

Debido a la baja capacidad de soporte (CBR < 10%) se recomienda la instalación de geotextil tejido T2400 para prevenir la mezcla entre los suelos de subrasante y los materiales que conforman las capas granulares del pavimento. Para que la función de separación por parte del geotextil sea efectiva, el suelo de subrasante deberá presentar un valor de CBR mayor o igual a tres por ciento (CBR ≥ 3 %).

Las normas y recomendaciones del presente informe se basan en los datos obtenidos mediante los apiques realizados y en los ensayos de campo y de laboratorio efectuados sobre las muestras extraídas de dichos apiques, es posible que durante la construcción se presenten condiciones diferentes.

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089 de Cúcuta – M.P. 5420272031 NTS
Ing. Civil UFPS - Especialista en Geotecnia Ambiental UDES

238

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN VÍAS URBANAS DE BAJO TRÁNSITO. Proyecto Tipo 12. Versión 2.0. Departamento Nacional de Planeación, Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas. Bogotá D.C. 2017.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías, INVIAS.

MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO. Instituto Colombiano de Productores de Cemento, ICPC, Instituto Nacional de Vías, Ministerio de Transporte. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño. Universidad Católica de Colombia, 2010.

PARKER, MACGUIRE, AMBROSE. Ingeniería de campo simplificada para arquitectos y constructores, Limusa. México, D.F., 2008.

RONDÓN QUINTANA Hugo Alexander, REYES LIZCANO Fredy Alberto. Pavimentos. Materiales, construcción y diseño; 1ª. Ed. Bogotá, 2015.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Mapa geológico de la Plancha 123 – Saravena. 2015.

239

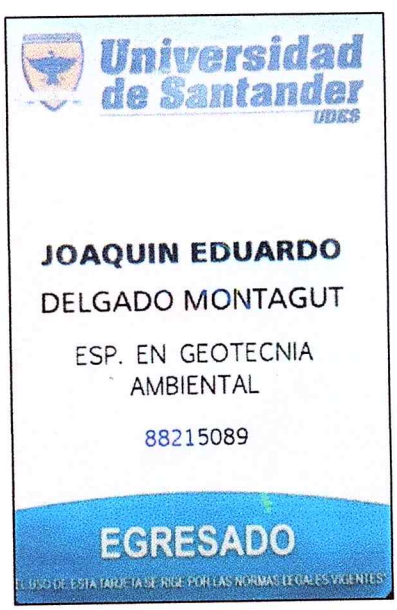
ANEXOS

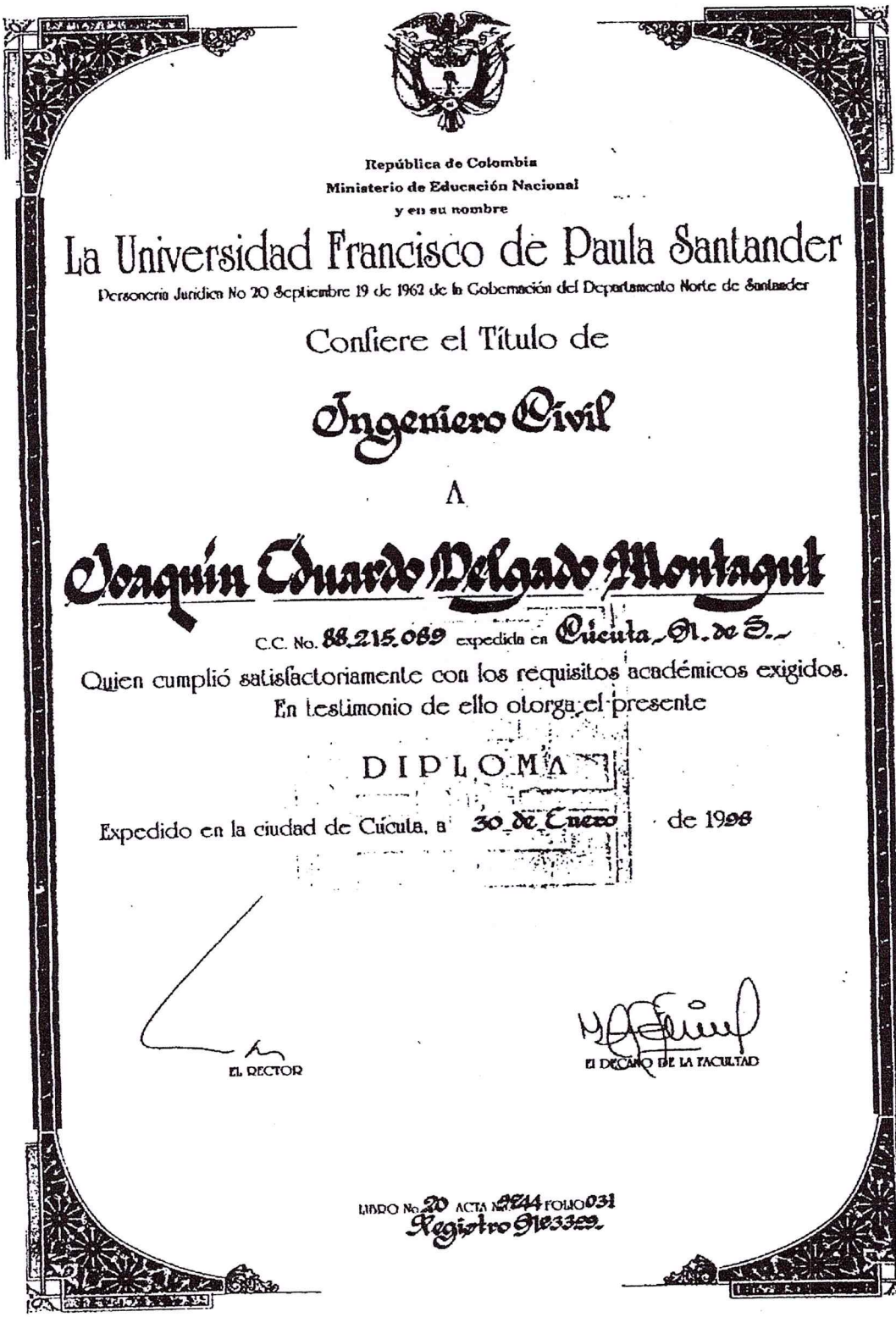
ANEXO A-1 DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA


REPÚBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
NUMERO 88.215.089
DELGADO MONTAGUT
APELLIDOS
JOAQUIN EDUARDO
NOMBRES
FIRMA
REPUBLICA DE COLOMBIA


FECHA DE NACIMIENTO 20-AGO-1974
CUCUTA
(NORTE DE SANTANDER)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.70
ESTATURA
A+
G.S. RH
M
SEXO
10-SEP-1993 CUCUTA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES
INDICE DERECHO
A-2500100-00125777-M-0088215089-20081107
0005483681A 1
6980006837


REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA
MATRICULA PROFESIONAL No.
5420272031NTS
INGENIERO CIVIL
DE FECHA 14/05/1998
JOAQUIN EDUARDO
DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE
PAULA SANTANDER
PRESIDENTE DEL CONSEJO


Universidad de Santander
UDES
JOAQUIN EDUARDO
DELGADO MONTAGUT
ESP. EN GEOTECNIA
AMBIENTAL
88215089
EGRESADO
EL USO DE ESTA TARJETA SE RIGE POR LAS NORMAS LEGALES VIGENTES



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional
y en su nombre

La Universidad Francisco de Paula Santander

Personería Jurídica No 20 Septiembre 19 de 1962 de la Gobernación del Departamento Norte de Santander

Confiere el Título de

Ingeniero Civil

A

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

C.C. No. 88.215.089 expedida en Cúcuta N. de S.

Quien cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello otorga el presente

DIPLOMA

Expedido en la ciudad de Cúcuta, a 30 de Enero de 1998

EL RECTOR

EL DECANO DE LA FACULTAD

LIBRO No. 20 ACTA No. 0244 FOLIO 031
Registro 91633



La Universidad de Santander
UDES

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional y en su nombre

Aprobada por el Ministerio de Educación Nacional de conformidad con la Personería Jurídica No. 810 del 12 de marzo de 1996 y la Resolución No. 6216 del 22 de diciembre de 2005

Teniendo en cuenta que:

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

C.C No. 88215089 Expedida en: Cúcuta

Cursó y aprobó los estudios y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias, le confiere el título de:

Especialista en Geotecnia Ambiental

En constancia de lo anterior se firma y sella este Diploma, en la ciudad de Bucaramanga, el día 14 del mes Febrero del año 2018

Rector Secretaria General Decano Facultad de Ingenierías

Registrado en el folio 63853 Libro D-3 Nº de Acta 65456 Diploma No. 54126

REPUBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-3173091

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 88215089, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-72031 desde el 14 de Mayo de 1998, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1216.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintitres (23) días del mes de Noviembre del año dos mil veinticuatro (2024).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateYGoodStanding/CertificateYGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA - COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Telefono 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, declaro que realicé el informe **ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO** para el proyecto cuyo objeto es "***MEJORAMIENTO EN CONCRETO RÍGIDO DE LA CALLE DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LUCES DE ESPERANZA EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA***", así mismo declaro que asumo la responsabilidad del perjuicio que por causa de él pueda deducirse.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente al **ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO**, y exonero al Municipio de Saravena, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente diseño.

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando al Municipio de Saravena de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por el Municipio no constituye una aprobación al estudio y/o diseño, sino una verificación del cumplimiento de las normas aplicables.

Se expide a los veintisiete (27) días del mes de noviembre de 2024.

Atentamente,

Nombre: JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT

Firma:

Profesión: INGENIERO CIVIL

Nº C.c.: 88.215.089

Título de post-grado: ESP. GEOTECNIA AMBIENTAL

Matrícula Profesional No 54202-72031 NTS

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, certifico que realicé el informe **ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO** para el proyecto cuyo objeto es "***MEJORAMIENTO EN CONCRETO RÍGIDO DE LA CALLE DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LUCES DE ESPERANZA EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA***".

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos al Municipio de Saravena.

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Para los fines pertinentes, anexo:

- Copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional
- Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios (profesionales)
- Copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los veintisiete (27) días del mes de noviembre de 2024.

Atentamente,

Nombre:	JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT	Firma:	
Profesión:	INGENIERO CIVIL	Nº C.c.:	88.215.089
Título de post-grado:	ESP. GEOTECNIA AMBIENTAL	Matrícula Profesional No	54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca