ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA- VÍA TEJAR ARRIBA, SECTOR CARBONERA DEL MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, DEPARTAMENTO BOYACÁ.



INFORME ELABORADO PARA:
ALCALDIA DE NUEVO COLON

FIRMA CONSULTORA:
INGEOTEC N&L SAS

DICIEMBRE 2025

Calle 17 # 4 - 65 Tocancipá, Cundinamarca
cel: 3142232920-3208895533
Email: ingeotec.nlsas@gmail.com

TIPO DE DOCUMENTO: INFORME DISEÑO						
ARCHIVO:			ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA- VÍA TEJAR ARRIBA, SECTOR CARBONERA DEL MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, DEPARTAMENTO BOYACÁ.				
APROBACIÓN	Número de Revisión			0	1	2
	Elaboró	NOMBRE	EDWIN SUÁREZ REÁTIGA	X		
		FIRMA				
		FECHA	Diciembre de 2025			
	Presentó	NOMBRE				
		FIRMA				
		FECHA				
	Aprobación	NOMBRE				
		FIRMA				
		FECHA				

INGEOTEC N&L S.A.S.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 7
2 GENERALIDADES 8
3 OBJETIVOS. 9
3.1 OBJETIVO GENERAL 9
3.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9
4 DESCRIPCIÓN GENERAL 10
4.1 GEOGRAFÍA 10
4.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA 10
4.2.1 Límites del municipio: 10
4.2.2 Características generales: 10
4.3 LOCALIZACIÓN GENERAL 11
5 INVESTIGACIÓN DEL SUELO 12
8.1 GEOLOGÍA REGIONAL 12
5.2 ESTRATIGRAFÍA 14
5.3 GEOLOGÍA REGIONAL 17
8.1.1 LITOLOGÍA 17
8.1.2 ESTRATIGRAFIA 18
8.2 PRECIPITACIÓN Y CLIMA 23
8.2.1 CLIMA 23
8.2.2 TEMPERATURA 23
6 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 26
6.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 26
6.1.1 EXPLORACIÓN DIRECTAEXPLORACIÓN DIRECTA 27
7 LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO 29
7.1 METODOLOGÍA DE ESTUDIO: 30
7.2 ENSAYOS REALIZADOS 32
8 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO 33
8.1 Caracterización Geotécnica y comportamientos esperados 33
8.2 PERFIL ESTRATIGRÁFICO 33
8.3 DE RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO 34
9 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES 35
9. ANALISIS DE RESULTADOS 36
9.1 SUBRASANTE 36
9.2 COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE LA SUBRASANTE 38

9.3 CALIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DEL SUELO DE LA SUBRASANTE 38
9.4 NIVEL FREÁTICO 39
9.5 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN 40
9.6 CLASIFICACIÓN DEL SUELO DE ACUERDO CON EL CBR 41
9.6.1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE SOPORTE 42
9.7 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE DE ACUERDO CON EL CBR 42
10. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES 44
10.1 DE LA SUBRASANTE 44
10.2 DEL NIVEL FREATICO 44
10.3 DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL 45
10.4 DEL POTENCIAL EXPANSIVO DE LOS SUELOS 45
10.4.1 DEL CONTROL DE CALIDAD Y PROCESO CONSTRUCTIVO . 46
10.4.2 RECOMENDACIONES GENERALES 46
11. bibliografia 48
11.1 NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSULTADAS 50
11.2 SITIOS WEB CONSULTADOS 51
12. ANEXOS A. ENSAYOS DE LABORATORIO 52

INGEOTEC N&L S.A.S.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del municipio dentro de la geografía nacional. 11
Figura 2. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el INGEOMINAS. 13
Figura 3 Características geológicas encontradas tanto local como regionalmente en el sitio de estudio. 23
Figura 4. Climograma Nuevo Colón 24
Figura 5. Climograma Nuevo Colón 24
Figura 6. Clima vs tiempo Nuevo Col 25
Figura 7 Localización general de la zona de estudio. 29
Figura 8 Localización de apiques en la zona de estudio. 30
Figura 9 Trabajo de campo. 31
Figura 10 Ensayos de Laboratorio. 32
Figura 11. Perfil estratigráfico aproximado encontrado para el Apique 1. 34

INGEOTEC N&L S.A.S.

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Resumen de resultados de ensayos de laboratorio. 34
Tabla 2 correlaciones límites de consistencia vs potencial expansivo..... 38
Tabla 3 Potencial expansivo de la subrasante. 39
Tabla 4. Resultados de ensayo de CBR para el suelo de subrasante..... 40
Tabla 5. Clasificación de suelo de acuerdo con el cbr 41
Tabla 6 calculo del Cbr de diseño. 43
Tabla 7. Características de la subrasante..... 43

INGEOTEC N&L S.A.S.

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento técnico contiene el estudio geotécnico elaborado para fundamentar el diseño de la estructura de pavimento de la vía del proyecto mantenimiento y adecuación vía Carbonera- vía Tejar arriba, sector Carbonera del municipio de Nuevo Colón, departamento Boyacá.

Este informe constituye el análisis de las condiciones geotécnicas del subsuelo y proporciona los parámetros técnicos esenciales para el dimensionamiento óptimo del pavimento, garantizando así la seguridad estructural, durabilidad y funcionalidad de la infraestructura vial proyectada.

El estudio comprende la caracterización del subsuelo mediante la ejecución de exploraciones directas tipo apique, ensayos de laboratorio normalizados conforme a las especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y pruebas de campo in situ. El objetivo primordial es establecer las propiedades físico-mecánicas de los materiales existentes, determinar la capacidad de soporte de la subrasante y definir los perfiles estratigráficos representativos del tramo de intervención. Los resultados obtenidos permiten evaluar de manera objetiva las características geotécnicas de los suelos presentes y establecer los parámetros de diseño requeridos para el dimensionamiento estructural del pavimento.

Es importante precisar que el alcance del presente estudio se circunscribe exclusivamente a la caracterización geotécnica del subsuelo y a la determinación de parámetros de resistencia. EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEFINITIVO DEL PAVIMENTO Y EL ESTUDIO DE TRÁNSITO CONSTITUYEN ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS QUE NO ESTÁN CONTEMPLADAS DENTRO DEL ALCANCE DEL PRESENTE INFORME, por lo cual deberán ser desarrolladas mediante estudios independientes.

2 GENERALIDADES

El proyecto se localiza en el sector Carbonera, en la vía Carbonera- vía Tejar arriba del municipio de Nuevo Colón, departamento Boyacá. La intervención contempla el diseño de infraestructura del tramo vial, para lo cual resulta indispensable conocer las condiciones geotécnicas del subsuelo que soportará la estructura del pavimento y caracterizar los materiales que conformarán cada una de las capas estructurales del sistema multicapa proyectado.

La caracterización geotécnica del proyecto se fundamenta en la ejecución de un (1) exploraciones directas tipo apique, alcanzando una profundidad de 1.5 metros bajo el nivel del terreno existente. Las exploraciones fueron complementadas con la extracción de muestras alteradas e inalteradas, sobre las cuales se ejecutaron ensayos de laboratorio normalizados que incluyen: análisis granulométrico por tamizado, determinación de límites de consistencia (líquido y plástico), clasificación unificada de suelos (SUCS) y clasificación AASHTO, determinación del contenido de humedad natural y ensayos de Relación de Soporte California (CBR) bajo condiciones de humedad natural y saturada. Adicionalmente, se realizaron pruebas de campo mediante ensayos de Penetración Dinámica de Cono (PDC), permitiendo establecer de manera confiable los parámetros geo mecánicos necesarios para el diseño estructural del pavimento.

INGEOTEC N&L S.A.S.

3 OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización geotécnica y evaluar la capacidad de soporte de los materiales del subsuelo del proyecto mantenimiento y adecuación vía Carbonera- vía Tejar arriba, sector Carbonera del municipio de Nuevo Colón, departamento Boyacá, mediante la exploración caracterización y evaluación de las propiedades físico-mecánicas del subsuelo, con el fin de establecer los parámetros técnicos de diseño, definir la capacidad de soporte de la subrasante y formular las recomendaciones geotécnicas necesarias para garantizar la estabilidad estructural, durabilidad y funcionalidad óptima del sistema de pavimento proyectado.

3.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar las propiedades físico-mecánicas de los materiales de subrasante presentes en el área de estudio mediante la ejecución de ensayos de laboratorio normalizados, conforme a las especificaciones técnicas del INVIAS, con el propósito de identificar el tipo, composición y comportamiento esperado de los materiales constitutivos del subsuelo.

- ✓ Evaluar la capacidad de soporte de la subrasante, mediante ensayos de Relación de Soporte California (CBR) en condiciones de humedad natural y saturada, para determinar su aptitud y viabilidad de incorporación en la estructura de pavimento proyectada.

- ✓ Establecer el perfil estratigráfico de la zona de estudio, la interpretación de las exploraciones de campo, identificando la secuencia, espesor y características de cada estrato.

- ✓ Identificar la presencia y nivel de aguas freáticas en el área de estudio, evaluando su posible influencia en el comportamiento geomecánico de los materiales y en el desempeño de la estructura vial.

- ✓ Establecer recomendaciones geotécnicas sobre procedimientos constructivos, sistemas de drenaje vial, control de calidad de materiales, procesos de compactación y demás aspectos técnicos relevantes para la correcta ejecución del proyecto.

4 DESCRIPCIÓN GENERAL.

El proyecto mantenimiento y adecuación vía Carbonera- vía Tejar arriba, sector Carbonera del municipio de Nuevo Colón, departamento Boyacá; Nuevo Colón está localizada en las coordenadas geográficas:

- ✓ Latitud Norte: 5°21′30″ N
- ✓ Longitud Oeste: 73°27′38″ O
- ✓ Altura sobre el nivel del mar: 2500m
- ✓ Temperatura media: 18°C
- ✓ Precipitación media anual: 939 mm

4.1 GEOGRAFÍA

Nuevo Colón es un municipio colombiano del departamento de Boyacá, conocido como la "tierra de las manzanas" y reconocido por su producción de frutas de clima frío (pera, durazno, ciruela). Ubicado en la Provincia de Márquez, a 2.500 msnm y a 34 km de Tunja, ofrece un clima templado-frío, paisajes montañosos, arquitectura colonial y un ambiente tranquilo de casas campestres.

4.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA

4.2.1 Límites del municipio:

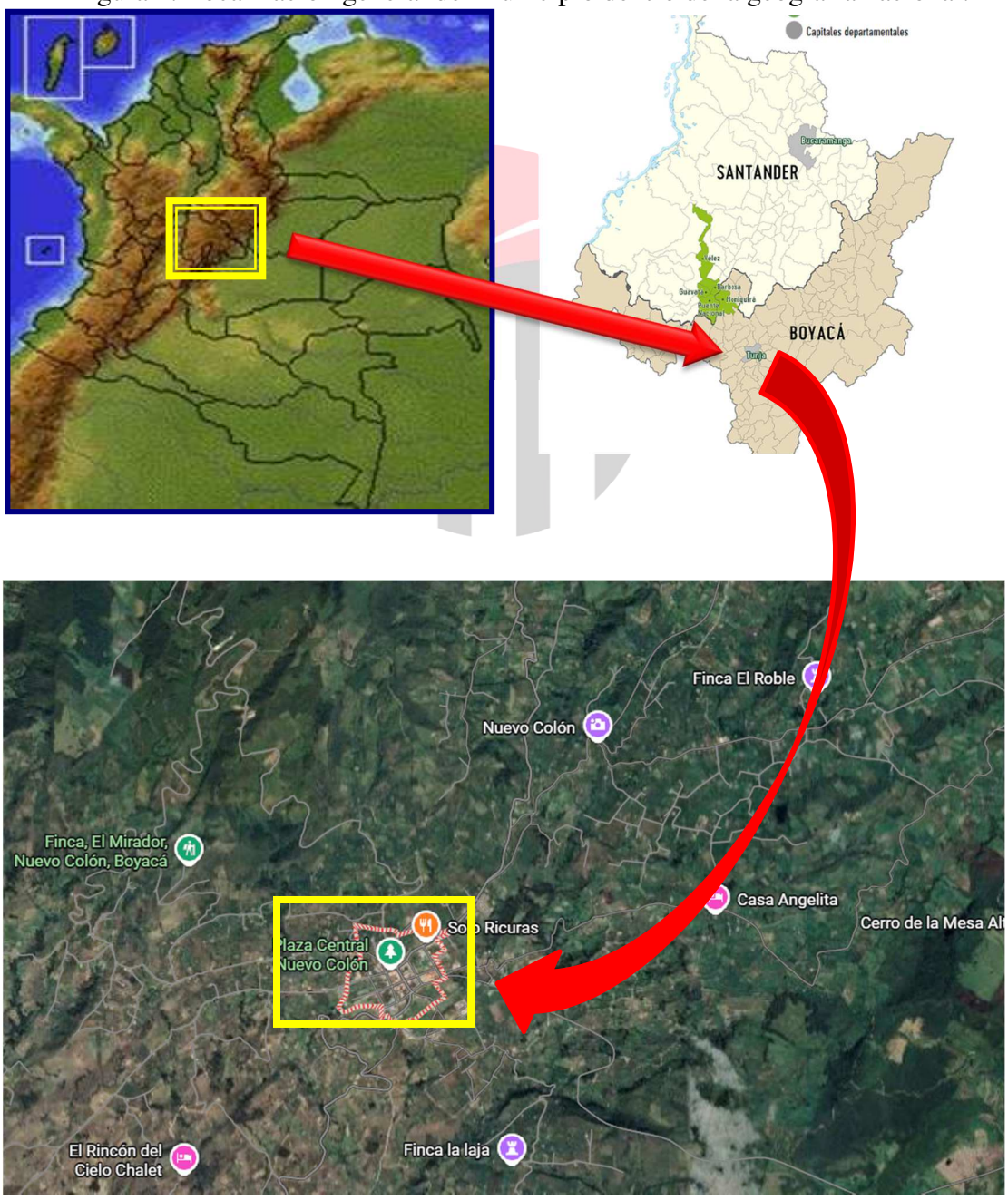
- Norte: Ventaquemada
- **Sur: Turmequé**
- Oriente: Tibaná
- Occidente: Ventaquemada.

4.2.2 Características generales:

- **Extensión total: 50** Km2
- **Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar):** 2500msnm
- **Temperatura media:** 18. ºC
- **Distancia de referencia:** 34 Km de distancia a Tunja (Boyacá)

4.3 LOCALIZACIÓN GENERAL

Figura 1. Localización general del municipio dentro de la geografía nacional.



5 INVESTIGACIÓN DEL SUELO

8.1 *GEOLOGÍA REGIONAL*

Para describir la estratigrafía del Departamento de Boyacá INGEOMINAS (2000) ha dividido el área departamental en cuatro cuencas sedimentarias que de occidente a oriente se designan así:

- **Cuenca Valle Medio del Magdalena:**

  - Bloque Valle del Río Magdalena: Puerto Boyacá
  - Bloque Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental: Otanche

- Cuenca Cordillera Oriental

  - Bloque Chiquinquirá – Arcabuco
  - Bloque Tunja – Duitama
  - Bloque Tota – Paz de Río
  - Bloque Macizo de Floresta

-Cuenca Sierra Nevada del Cocuy

  - Bloque Cocuy - Cubará – Margua

- Cuenca Piedemonte Llanero

  - Bloque San Luís de Gaceno

La zona de estudio se encuentra en la Cuenca de la Cordillera Oriental, que corresponde a una serie de bloques diferencialmente levantados constituidos por rocas sedimentarias Mesozoicas. En esta Cuenca se distinguen cuatro bloques estratigráfica y tectónicamente diferentes, los cuales se mencionaban anteriormente: Bloque Chiquinquirá – Arcabuco, Bloque Tunja – Duitama, Bloque Tota – Paz de Río y Bloque Macizo de Floresta.

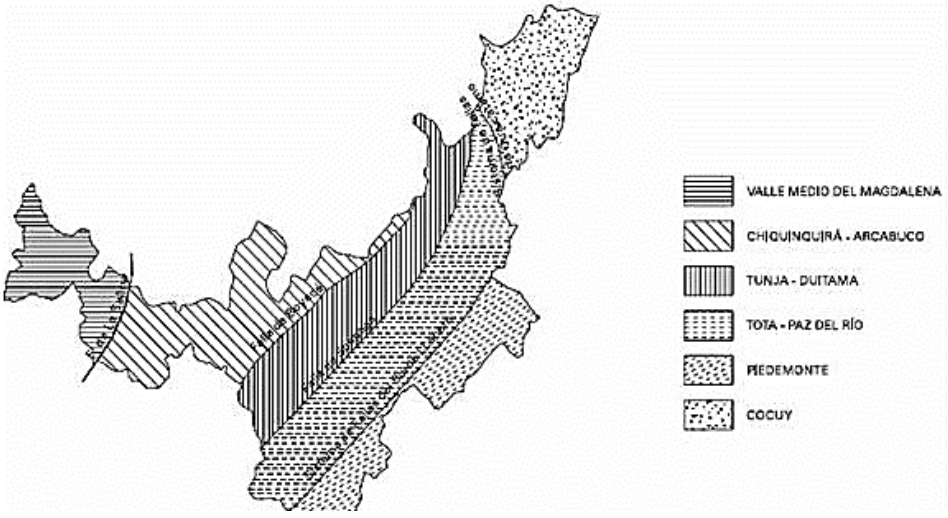
El sitio de estudio se encuentra localizado en el Bloque Chiquinquirá – Arcabuco el cual está localizado inmediatamente al oriente del bloque de Otanche y está limitado por la Falla de cabalgamiento de La Salina al occidente y la Falla inversa de Boyacá al oriente.

Entre los pliegues presentes en este bloque cabe mencionar de occidente a oriente: el Sinclinal de La Palma - Otanche, el Sinclinal de Santa Bárbara, el Anticlinal de La Victoria, el Anticlinal de Coscuez, el Anticlinal de Santa Helena, el Sinclinal de Coscuez, el Sinclinal de Quipama, el Anticlinal del Alto La Chapa, el Sinclinal y Anticlinal de Muzo, el Sinclinal del Almendro y el Anticlinal de Pauna; el Sinclinal de Coper, el Anticlinal del Río Piedras, el Sinclinal y Anticlinal de Caldas, el Sinclinal de Chiquinquirá - San José de Pare, el Anticlinal de Oiba, el Anticlinal de Tinjacá y el Anticlinal de Arcabuco, el cual cabecea o se hunde al nororiente del Municipio de Sáchica, para presentarse como una bifurcación en Relevo al suroccidente de esta población, formando el Sinclinal y Anticlinal de Ráquira, el Sinclinal de La Isla y el Anticlinal del Rabanal.

En general son estructuras simétricas, de gran extensión longitudinal, cuyos ejes se orientan en dirección N30°E a N40°E, algunos de los cuales presentan inversión, generalmente en uno de sus flancos, tales como el Anticlinal de Tinjacá que presenta una inversión en su flanco occidental.

En la siguiente figura se presenta la definición de cada uno de los bloques en los cuales se encuentra dividido el departamento de Boyacá de acuerdo con la información suministrada por el INGEOMINAS.

Figura 2. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el INGEOMINAS.



5.2 ESTRATIGRAFÍA

Se presenta la siguiente secuencia crono estratigráfica, de base a techo.

Cretáceo

Formación Churuvita (Ksch) Etayo

(1964) denominó Formación Churuvita a una sección localizada entre Sáchica – Tunja, la cual está constituida por una arenisca basal de 105 m, con alternancia en la parte media de arcillolitas, areniscas y calizas con exógiras, y una sección superior de arenisca y caliza de 225 m, denominó Formación San Rafael a la secuencia que la subrayase, constituida por 60m de shales grises en la parte inferior y por 15 m de capas limolitico-siliceas en la parte superior.

La edad de la Formación Churuvita se infiere como Cenomaniano-Turoniano, la parte media de la Formación Churuvita, aflora en diferentes sectores del área estudiada, tales como el sector de la planta eléctrica y sobre la vía Ramiriqui - Boyacá. En el primer sector se observa una secuencia de 5 m de arcillolitas grises algo meteorizadas y en el segundo sector se observa un afloramiento de 8 m constituidos por paquetes de arcillolitas alternadas con capas de 10 cm de espesor de areniscas amarillas de grano medio con presencia de óxidos. El espesor aproximado de esta formación es de 150 m.

Formación Conejo

(Kscn) Renzoni G. (1981)2 denominó Formación Conejo a una secuencia que aflora en el carreteable Oicatá – Chivata en la vereda de San Rafael. Dicha secuencia está constituida por una sucesión de areniscas cuarzosas de grano fino a medio en paquetes que alcanzan los 20 m de espesor y shales de color gris oscuro a negro de considerable espesor y esporádicos estratos de caliza en la parte superior.

La formación está datada como Cohiciano Inferior. Sobre la vía Boyacá– Soracá se observa un afloramiento de 20 m perteneciente a esta formación, la cual está constituida por secuencia alternante de areniscas con shales y algunas arcillolitas. La formación yace concordante sobre la Formación Churuvita, como se observa en los cortes geológicos. Una secuencia se observa sobre la vía que conduce a la Escuela Rique. Allí los estratos poseen una dirección N57o E buzando 220 NW. El afloramiento tiene un espesor aproximadamente de 100 m.

Formación Plaeners (Kg2)

Se presenta en las veredas Rupaguatá y Pachaquirá, en límites con los municipios de Ramiriquí y Jenesano; También en las veredas Vanega, Rique y Huertachica. En el municipio se presenta al Norte de Ramiriquí en la salida por la vía a Boyacá (Boyacá), sector urbano del municipio, en las Veredas Caicedos, Naguata, Pantano Largo , El Común, Potreros y El Rosal.

Se caracteriza por presentar la composición litológica más uniforme y por su topografía de escarpes fuertes, además de la omnipresencia de capas síliceas, representada esencialmente por liditas de variados colores: amarilla clara, gris clara, café, azulosa, las cuales se fracturan en planos paralelos; arcillolitas síliceas pardas y cafés muy semejantes a las liditas, limolitas síliceas y esporádicamente areniscas ligeramente fosfáticas, en su parte basal; abundancia de arcillolitas silíceas bastante compactas y areniscas en su sección intermedia.

Mientras que la parte superior se presenta arcillosa, menos dura que las anteriores y con intercalaciones arcillolíticas y limolíticas; es frecuente la laminación paralela en los estratos síliceos y el poco espesor de ellos, al igual que es común el replegamiento y fracturamiento menor, en toda la secuencia, como también la presencia de foraminíferos, vértebras, escamas, dientes, y espinas de peces, pellets y nódulos calcáreos.

Por la composición litológica y los fósiles de la Formación Plaeners se supone que fue depositada en una zona menos somera que para la Formación Conejo y próxima a la margen continental. La edad de esta formación es Campaniano y su ambiente de depositación es marino poco profundo (zona nerítica).

Formación Labor y Tierna (Kg1)

Esta formación está constituida por shales grises oscuros con intercalación de arenisca y esporádicos paquetes de fosforita. Fue estudiada por Renzoni G. En la carretera Bogotá – Choachi y en la parte occidental de Bogotá. La formación pertenece al Maestrichtiano Inferior, y en el área de estudio se puede observar sobre la carretera Ramiriquí – Boyacá, 1 Km al Norte de la cabecera municipal.

En este sector aflora una secuencia de 5 m, constituida por shales oscuros con paquetes de arenisca; también es posible encontrar esta formación en el sector de Mesa de Alta a una altura de 2800 m.s.n.m.; allí se observa una secuencia de 5 m constituida por gruesos paquetes de areniscas algo fracturadas y pequeñas intercalaciones de shales

grises. Estos paquetes poseen una dirección N530E y presentan una inclinación de 29° al SE. La formación infrayace concordante a la Formación Guaduas. Las características de la formación se mantienen en toda el área, pues en la margen derecha de la Quebrada San Pedro se observan las características ya mencionadas pero su disposición cambia un poco, ya que en este sector los paquetes tienen una dirección N15°E y buzan 190 al NW. La formación tiene un espesor aproximado de 300 m, a lo largo del área estudiada.

Formación Guaduas (Tkg)

Definida por Hettner (1892) y estudiada por Reyes Italo3 quien definió dos miembros; el inferior compuesto de arcillolitas fíiles negruzcas con zonas arenosas y el superior constituido por una intercalación de areniscas finas, arcillolitas y bancos de carbón. La edad de la formación es del Maestrichtiano Superior.

En el área de estudio esta formación tiene un espesor de 100 m. La Formación Guaduas solo se encuentra aflorando en el área de estudio cerca a la Escuela de Vanegas, en este sector la formación expone 35 m de espesor constituido por arcillolitas violáceas y grises con esporádicos paquetes de areniscas friables, estos poseen un rumbo N46°E y un buzamiento de 280 al NW. La formación yace concordante sobre las Formaciones Labor y Tierna (Kg1).

Cuaternario

Comprende depósitos recientes caracterizados por no estar estratificados, su composición es heterogénea y ofrecen condiciones desfavorables de estabilidad.

En el área de estudio se tienen dos tipos de depósitos a saber:

Cuaternario Aluvial (Qal)

Estos materiales se encuentran en las márgenes de los ríos y quebradas. Son generados por la acumulación de materiales transportados por corrientes fluviales.

Los materiales observados en los depósitos poseen tamaños variados desde 2 hasta 30 cm de diámetro, redondeados y subredondeados, que denotan diversos grados de transporte; la matriz en la que se encuentra dispuestos estos materiales es de carácter areno- arcilloso. Este tipo de depósito se encuentra sobre las márgenes del río Boyacá y las quebradas San Pedro, El Neme y Honda.

Cuaternario Coluvial (Qcl)

Este tipo de depósitos es común en las laderas adyacentes a escarpes fuertes como los observados en los sectores Rique y Soconsaque.

Los materiales depositados se caracterizan por ser angulosos de tamaño variado desde 20 cm hasta 50 cm, se trata generalmente de bloques de arenisca aislados y depositados en amplios sectores.Muchos de estos materiales reposan sobre formaciones menos resistentes en pendientes como la Formación Conejo y Guaduas. Todos los materiales de depósito coluvial se han desprendido de la Formación Plaeners la cual por efecto tectónico y de meteorización ha permitido que estos materiales se desprendan y depositen posteriormente, en el pie del talud.

5.3 GEOLOGÍA REGIONAL

Los rasgos geológicos del Municipio de Tunja se enmarcan dentro el contexto general que se define a partir de la identificación regional de la Estructura, Litológica y Tectónica.

Los datos sobre la geología del sustrato rocoso están adaptados a partir del estudio adelantado por INGEOMINAS para el cuadrángulo J-12 a escala 1:100.000.

8.1.1 *LITOLOGÍA*

Las distintas Formaciones Geológicas existentes en el área de jurisdicción del Municipio de Cómbita presentan una orientación definida, aparecen como una secuencia litológica continua y un subparalela que se caracteriza por presentar contornos muy irregulares.

La secuencia presente incluye depósitos Cuaternarios, Terciarios, Cretásicos y Jurásicos. Las características litológicas de cada una de las formaciones presentes, van desde depósitos arcillosos, hasta conglomerados. La actividad minera presente en el municipio, es reflejo de la litología existente, en ella se aprecia la presencia de explotaciones de materiales de construcción (arena, arcillas y recebo) y de carbón (como energético).

8.1.2 *ESTRATIGRAFIA*

La secuencia estratigráfica aflorante en el área de estudio hace parte de la serie Jurásico- Cretácico y Terciaria, junto con los depósitos discordantes cuaternarios; en el área municipal se reconocen de base a techo los siguientes depósitos y formaciones:

Cuaternario (Qal):

Los depósitos aluviales se caracterizan por formar valles a lo largo de los lechos de los ríos, principalmente en las partes bajas donde ha perdido su capacidad de arrastre, iniciándose el proceso de sedimentación de los materiales; constituido por arcillas, arenas y gravas sueltas y demás materiales de acarreo. En la zona estos depósitos son frecuentes debido al gran drenaje existente, el principal depósito se encuentra a lo largo del Río Chulo el cual recorre gran parte del sector comprendido entre Tunja y Paipa, Río de Piedras y Quebrada Cómbita.

Formación Tilatá (Tst):

R. Sheibe dio el nombre a una formación que se encuentra en capas horizontales entre Tilatá y la represa del Sisga, formada alternativamente por arcillas, arenas apas arenosas y cascajos alcanzando hasta 100 m de espesor visible. En el Municipio de Cómbita, la sección tipo se puede apreciar en la Vereda San Martín, la cual esta hasta en un 80% asentada en dicha formación. Así mismo, en el área de estudio, los sedimentos correspondientes a la formación cubren una apreciable extensión superficial a lo largo del Sinclinal de Tunja. Esta formación se caracteriza por su posición fuertemente discordante con relación a las formaciones infrayacentes. Está constituida por arenisca de grano fino con algunos niveles de gravas de color blanco-amarillento seguida hacia la base por arcillas abigarradas de poca plasticidad. Presenta geoformas suaves de poca inclinación, moldeando las pendientes de la formación.

Formación Bogotá (Tb):

Está constituida por una sucesión de areniscas friables, arcillas violáceas de grano medio a grueso y ferruginosas. Arcillolitas abigarradas con intercalaciones de areniscas. En el municipio, corresponden a la litología presente en la Vereda San Onofre y a la sección Sur-este de la Vereda La Concepción.

Cretácico:

Formación Guaduas (Ktg):

Alvarado B. y Sarmiento R. (1944), denominaron Formación Guaduas al Conjunto de estratos que contienen los mantos de carbón explotables, por analogía con la Formación homónima definida por Hetner A. en la región de Guaduas Cundinamarca.

Este conjunto reposa en forma concordante sobre grupo Guadalupe y está compuesta en su gran mayoría por arcillas, arcillolitas carboníferas, calidades que son explotables económicamente. Su espesor varía totalmente de un punto a otro de la cuenca, en algunos sectores alcanza fácilmente los 1.200 m mientras en otros difícilmente alcanza los 500 m. En la región carbonífera de Samacá el Guaduas se ha dividido en tres miembros bien definidos que son: Guaduas Inferior, Medio y Superior.

Guaduas Inferior:

Este se encuentra entre el tope de la arenisca Tierna y la arenisca denominada la Guía (Hubach). El Guaduas Inferior se caracteriza por tener las 2/3 partes de arcillas grises bien estratificadas y el resto lo constituyen algunos bancos de arenisca con un espesor aproximado de 250 mts. Los bancos de carbón que presenta son de muy buena calidad utilizados para producir coque metalúrgico.

Guaduas Medio:

Es el principal miembro de la Formación Guaduas. Se encuentra comprendido entre la arenisca la guía y la arenisca la lajosa (Hubach); se distingue por la presencia de varios mantos de carbón explotables. Se compone principalmente de arcillas grises, rojas y violetas; arcillolitas carbonáceas, pequeños bancos de arenisca y mantos de carbón. Las arcillas se presentan bien estratificadas y contienen entre sus planos de estratificación impresiones vegetales dispersas. Las arcillolitas carbonáceas se presentan con frecuencia acompañadas de los mantos de carbón ya sea en los respaldos o en forma de solapas. Las areniscas son bien estratificadas presentan con frecuencia marcas de oleaje y varían en su granulometría de finas a conglomeráticas. Tiene un espesor aproximado de 600 m. El Guaduas Inferior Medio y Superior es de edad Maestrichtiano en su totalidad.

Guaduas Superior:

Está comprendido entre la arenisca la lajosa y arenisca del cacho. Litológicamente consta de areniscas abigarradas, arenisca friable de grano fino a medio, arena moteada y gredas rojas. Las arcillas no presentan una estratificación definida y varían en tonalidades grises ocres predominantemente. Las areniscas se presentan en ocasiones delgadamente estratificadas, varían de color blanco a amarillento, tiene un espesor aproximado de 325 m, la mitad inferior del Guaduas Superior es de edad

Maestrichtiano y la parte superior pertenece al Paleoceno Inferior. Esta Formación se encuentra haciendo parte del Sinclinal de Gachaneque en el sector de Samaca, Sinclinal de Albarracín en el sector de Ventaquemada y Sinclinal de Tunja entre los municipios de Tunja - Paipa. Debido a la diferencia de facies en la depositación de la Formación Guaduas, esta varía su espesor.

En el Municipio de Cómbita, la Formación Guaduas aflora en un franja continua que va de NE, y cruza por las Veredas La Concepción, San Isidro, San Francisco y el Carmen; El miembro medio de la Formación Guaduas aflorante, está constituido por arcillas de color rojo y amarillo con algunos mantos de carbón de 1.50 m de espesor con inclinaciones de 24 a 27 grados y de Rumbo Noroeste donde el eje del pliegue pasa a 500 m aproximadamente de la explotación del manto de carbón existente en la Vereda San Isidro. En el Municipio de Cómbita el Guaduas aflorante varía entre 100 - 200 metros de espesor aproximadamente, el cual se encuentra cubierto casi totalmente por una capa delgada de material reciente y algunas áreas cubiertas por bloques erráticos provenientes de las partes altas de la Formación Plaeners y Arenisca Tierna y que conforman cuaternarios de coluvión.

Grupo Guadalupe:

Formación Labor y Tierna (Kg1) y Formación Plaeners (Kg2): Constitutiva del Grupo Guadalupe, en el Municipio de Cómbita aflora en una franja continua que define marcadamente las geoformas que diferencian las áreas de relativa baja pendiente con las moderadamente escarpadas que alcanzan una altura de 3000 m.s.m.n. El afloramiento, se inicia en la vereda La Concepción, para luego continuar conformando el límite natural existente entre las veredas San Rafael y San Isidro, así como las Veredas San Francisco, Las Mercedes.

En el municipio, gran parte de las explotaciones de materiales de construcción se encuentran ubicada en dicha formación, específicamente aquellas que se encuentran en la franja de los 2800 a los 3000 m.s.n.m. El material explotado hace referencia a las areniscas y lutitas.

Formación Conejo (Kscn):

El nombre fue propuesto por Renzoni en 1981, quien estudió la sucesión ubicada por el carreteable Oicatá - Chivatá bordeando el alto del Conejo; la edad de la secuencia estratigráfica comprende el Cenomaniano Superior, Turoniano y el Coniaciano Inferior; teniendo un ambiente de sedimentación típicamente marino.

La Formación Conejo tiene un espesor de 273 metros formando siete bancos de arenisca intercaladas con niveles de shales gris oscuro a amarillento. Hacia la parte alta se puede constituir por esporádicos estratos de caliza. La Formación Conejo yace sobre la formación churuvita y por debajo de la Formación Plaeners en contacto concordante.

Los sedimentos pertenecientes a la Formación Conejo se encuentran aflorantes en la Quebrada los Arrayanes, Quebrada El salitre y Quebrada La Villa, formando el eje del Sinclinal de El Moral. Donde el afloramiento está constituido principalmente por areniscas dispuestas en bancos de 3 a 5 metros de espesor intercalados con shales gris-amarillentos y cuyo espesor total en el área de estudio es de 250 metros.

Grupo Churuvita (Ksch):

F. Etayo a llamado al Grupo Churuvita a un conjunto conformado por la Formación Churuvita y Formación San Rafael; la Formación Churuvita formada por una arenisca basal de 105 cm, alternada hacia la parte intermedia con arcillolitas, areniscas y calizas repletas de exogiras u ostras de 75 cm y por una superior de areniscas y calizas de 225 cm de espesor. La Formación San Rafael se encuentra formada por 60 m de shales grises en la parte inferior y por 15 m de capitas limolítico - siliceas en la parte superior. El contacto superior es la Formación Conejo y el subyacente concordante con la Formación San Gil. La edad de este grupo se infiere como Cenomaniano. La Formación Churuvita se encuentra formando parte del flanco Occidental del Sinclinal El Moral que aflora por el carreteable que de Cómbita conduce a Arcabuco, donde se observa principalmente el techo de la formación constituida por areniscas de grano medio y arcillolitas de color gris-amarillento.

La formación, geográficamente constituye el límite marcado por las Quebradas de Toledo y Quebrada Pie de Cuesta, afluentes del Río de Piedras, así mismo, define el límite entre las Veredas Las Mercedes y Santa Barbara.

Formación San Gil Superior (Kmsgs):

Compuesta por un conjunto arenoso calcáreo. Existe como respaldo al Geo-Sinclinal de Oiba, Forma parte del Siclinal de Leiva y Ráquira; define la estructura entre Sáchica y Tinjacá. En sus segmentos presentan arcillolitas arenosas moscovítas grises, abigarradas de rojo o amarillo por oxidación. Contiene pequeños nódulos con amonitas y lamelibranquios. Posee calizas arenosas fosilíferas con intercalaciones calcáreas y vetas de yeso.

Formación San Gil Inferior (Kmsgi):

Representada por un conjunto lutítico oscuro. Aflora en el flanco Occidental del Anticlinal de Oiba. Hacia el Sur del Sinclinal Leiva – Ráquira aparece como una franja paralela al Flanco Oriental el Anticlinal de Arcabuco.

Formación Paja (Kimp):

Compuestas de lutitas negras, arcillolitas abigarradas y arcillolitas en nódulos huecos. Se ubica al occidente de las formaciones Arcabuco, Ritoque. Ocupa la posición más destacada del Anticlinal de Oiba. También forma una orla en torno al Anticlinal de arcabuco. El segmento inferior presenta lutitas color negro y rojizo en su parte alta.

En el municipio, aflora junto con la Formación San Gil Inferior, conformando los drenajes denominados Quebrada Honda, Quebrada La Playa y Quebrada el Roble, así como los afluentes de la Quebrada Cortadero denominados Pie de Cuesta, Quebraditas, Los Puentes, Toma de los Garavitos. Lo anterior conformando gran parte de la Vereda Santa Barbara.

Formación Ritoque (Kiri):

Aparece como una orla que circunda el Anticlinal de Arcabuco. Hace parte también del margen Occidental del Anticlinal de Oiba. Sus rocas son limolitas grises, las cuales por intemperismo dan color rojo al paisaje. Alternan con areniscas de grano más fino o arcillolitas y materiales calcáreos, además se encuentran acumulaciones de equinodermos, lamelibranquios y cefalópodos. Su edad es del Hauteriviano.

Jurásico

Formación Arcabuco (Jar):

Integran el Anticlinal de Arcabuco. Forman un conjunto potente de areniscas cuarcíticas blanco-amarillentas con capas de arcillas rojas compactas en su base. Estas capas gruesas se forman durante el Jurásico. En el Municipio, aflora en la Vereda Santa Barbara, geomorfológicamente marca el escarpe abrupto que define la diferencia topográfica existente entre el Valle de la Quebrada El Guache, y la Serrania. Marca diferencias topográficas que van desde los 3200 hasta los 3700 m.s.n.m.

Figura 3 Características geológicas encontradas tanto local como regionalmente en el sitio de estudio.



8.2 *PRECIPITACIÓN Y CLIMA*

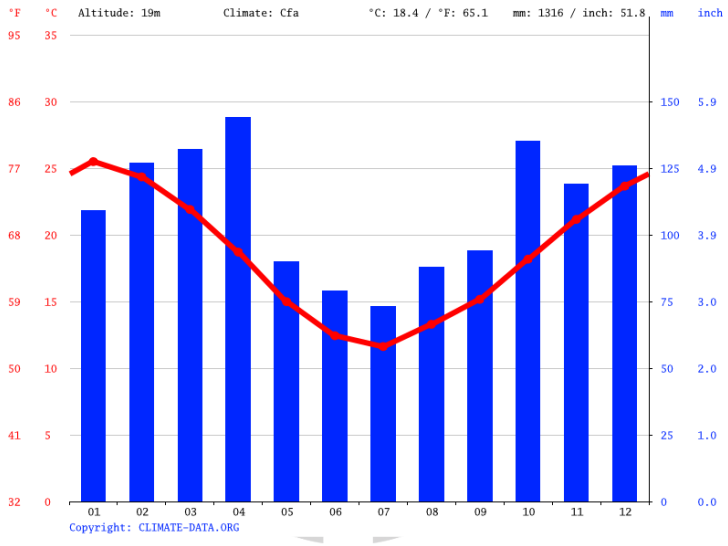
8.2.1 *CLIMA*

Las condiciones climáticas en Colón se caracterizan por un clima cálido y templado. En Colón hay precipitaciones significativas durante todo el año. Incluso el mes más seco sigue registrando abundantes precipitaciones. Este clima se considera Cfa según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media aquí es de 18.4 °C. Aproximadamente 1316 mm de la precipitación se produce cada año.

8.2.2 *TEMPERATURA*

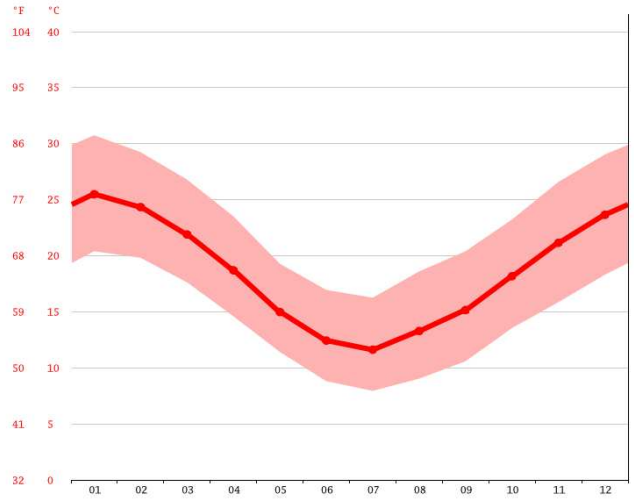
Colón se encuentran en el hemisferio sur. El comienzo del verano se observa al final de diciembre y su culminación tiene lugar en marzo. Los meses que conforman esta estación se conocen como diciembre, enero, febrero, marzo. Los meses más propicios para visitar son enero, febrero, marzo, diciembre.

Figura 4. Climograma Nuevo Colón



De media, el mes de enero registra la temperatura más alta, con un valor medio de 25.5 °C. En julio, la temperatura media es 11.6 °C. Es la temperatura media más baja de todo el año

Figura 5. Diagrama de temperatura Nuevo Colón



Se observa una fluctuación notable en las precipitaciones, con una variación de 71 mm entre el mes de menor precipitación y el de mayores precipitaciones. Las temperaturas medias varían a lo largo del año en 13.9 °C a los 18.0 °C.

El mes de mayor humedad relativa es junio (79.29). El mes de menor humedad relativa es enero (59.42). El mes con el mayor número de días de lluvia es octubre (9.27 días). El mes con el menor número de días de lluvia es julio (6.23 días).

Figura 6. Clima vs tiempo Nuevo Colon

	enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Temperatura media °C	25.5	24.3	21.9	18.7	15	12.4	11.6	13.3	15.2	18.2	21.2	23.7
Temperatura mínima °C	20.4	19.8	17.6	14.6	11.4	8.8	7.9	9	10.6	13.5	15.9	18.3
Temperatura máxima °C	30.8	29.2	26.8	23.5	19.3	17	16.3	18.6	20.4	23.2	26.6	29
Precipitación / Lluvia mm	109	127	132	144	90	79	73	88	94	135	119	126
Humedad(%)	59%	66%	72%	72%	76%	79%	77%	74%	71%	71%	63%	60%
Días de lluvia (d)	6	7	6	6	5	5	5	5	5	7	5	6
Horas medias de sol (horas)	10.9	9.6	8.5	7.4	6.0	5.9	6.5	7.5	7.8	8.3	10.3	10.9

El mes de mayor humedad relativa es junio (79.29). El mes de menor humedad relativa es enero (59.42). El mes con el mayor número de días de lluvia es octubre (9.27 días). El mes con el menor número de días de lluvia es julio (6.23 días).

6 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

6.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

La caracterización geotécnica para el diseño de la estructura de pavimento de la vía interna del proyecto mantenimiento y adecuación vía Carbonera- vía Tejar arriba, sector Carbonera del municipio de Nuevo Colón, departamento Boyacá , se desarrolló mediante un programa de exploración del subsuelo que comprende investigaciones de campo e investigaciones de laboratorio, realizadas el día 16 de diciembre de 2025 bajo condiciones climatológicas predominantemente secas con temperatura promedio de 18.5°C, condiciones favorables para la ejecución de las actividades de exploración y muestreo.

El objetivo fundamental de la caracterización geotécnica es establecer las propiedades físico-mecánicas de los materiales que conforman el subsuelo del área destinada para mantenimiento y adecuación vía Carbonera- vía Tejar arriba, sector Carbonera del municipio de Nuevo Colón, departamento Boyacá, y determinar la secuencia estratigráfica local, evaluar la capacidad de soporte de la subrasante natural y definir los parámetros de diseño necesarios para el dimensionamiento estructural del pavimento articulado. Esta información constituye la base técnica para verificar si los suelos presentes en el sitio poseen la capacidad adecuada para soportar las cargas del tránsito vehicular proyectado, o si por el contrario, requieren intervenciones de mejoramiento o estabilización.

La metodología implementada contempló la ejecución de exploraciones directas tipo apiques distribuidas estratégicamente en el corredor vial, complementadas con la extracción de muestras alteradas e inalteradas para su posterior análisis en laboratorio, y la realización de ensayos de campo in situ. Los resultados obtenidos permiten establecer el perfil estratigráfico del área de intervención, caracterizar las propiedades índice y mecánicas de cada estrato identificado, evaluar la capacidad de soporte de la subrasante mediante ensayos de CBR y PDC, y determinar la necesidad de implementar mejoramientos en la estructura del pavimento para garantizar su adecuado desempeño estructural.

El programa de caracterización geotécnica se estructuró en dos componentes principales: exploración directa de campo mediante apiques con extracción de muestras, y caracterización en laboratorio mediante ensayos normalizados según especificaciones INVIAS. Los resultados de ambos componentes se integraron para desarrollar un modelo geotécnico representativo del subsuelo que sustenta el diseño de la estructura de pavimento propuesta.

6.1.1 EXPLORACIÓN DIRECTAEXPLORACIÓN DIRECTA

El programa de exploración directa se ejecutó mediante la excavación de un (1) apique localizado estratégicamente a lo largo del tramo destinado para el proyecto mantenimiento y adecuación vía Carbonera- vía Tejar arriba, sector Carbonera del municipio de Nuevo Colón, departamento Boyacá. La ubicación de las exploraciones se definió considerando la extensión del corredor vial, las condiciones topográficas del terreno y la necesidad de obtener una caracterización geotécnica representativa de las condiciones del subsuelo en toda el área de intervención.

Características de las exploraciones:

Las exploraciones tipo apique se proyectaron inicialmente a una profundidad de 1.50metros, alcanzándose esta profundidad con satisfacción. Esta profundidad de exploración resulta adecuada para caracterizar la zona de influencia de las cargas transmitidas por el pavimento articulado y permite identificar los materiales que conformarán la subrasante de la estructura vial.

Actividades desarrolladas en cada exploración:

Durante la ejecución de cada apique se realizaron las siguientes actividades:

Excavación y registro estratigráfico: Excavación manual del apique con identificación visual y descripción detallada de cada estrato encontrado, registrando espesores, contactos entre estratos, coloración, composición granulométrica aproximada, grado de humedad, consistencia y demás características distintivas relevantes para la caracterización geotécnica.

Extracción de muestras alteradas: Se obtuvieron muestras alteradas representativas de cada estrato identificado, preservadas en bolsas plásticas selladas con su correspondiente identificación, para la realización de ensayos de clasificación en laboratorio (granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad natural y clasificación según sistemas SUCS y AASHTO).

Extracción de muestras inalteradas: Se extrajeron muestras inalteradas mediante moldes cilíndricos de CBR, procurando minimizar la alteración de la estructura natural del suelo. Estas muestras se emplearon para la determinación de la capacidad de soporte mediante ensayos de CBR en condiciones de humedad natural y saturada, evaluando el comportamiento del material tanto en su estado actual como en condiciones críticas de saturación.

Ensayos de campo PDC: En cada punto de exploración se realizaron ensayos de Penetración Dinámica de Cono (PDC), prueba in situ que permite evaluar la resistencia del suelo a diferentes profundidades mediante la medición del número de golpes necesarios para lograr una penetración determinada. Los resultados de estos ensayos se correlacionan con valores de CBR mediante relaciones empíricas validadas, proporcionando información adicional sobre la capacidad de soporte del subsuelo.

Resultados de la exploración directa:

Las exploracion permitio identificar una secuencia estratigráfica a lo largo del corredor vial, encontrándose sectores donde afloran principalmente suelos finos cohesivos naturales desde superficie. Esta variabilidad en las condiciones del subsuelo determina comportamientos geotécnicos diferenciados que deben considerarse en el diseño de la estructura de pavimento.

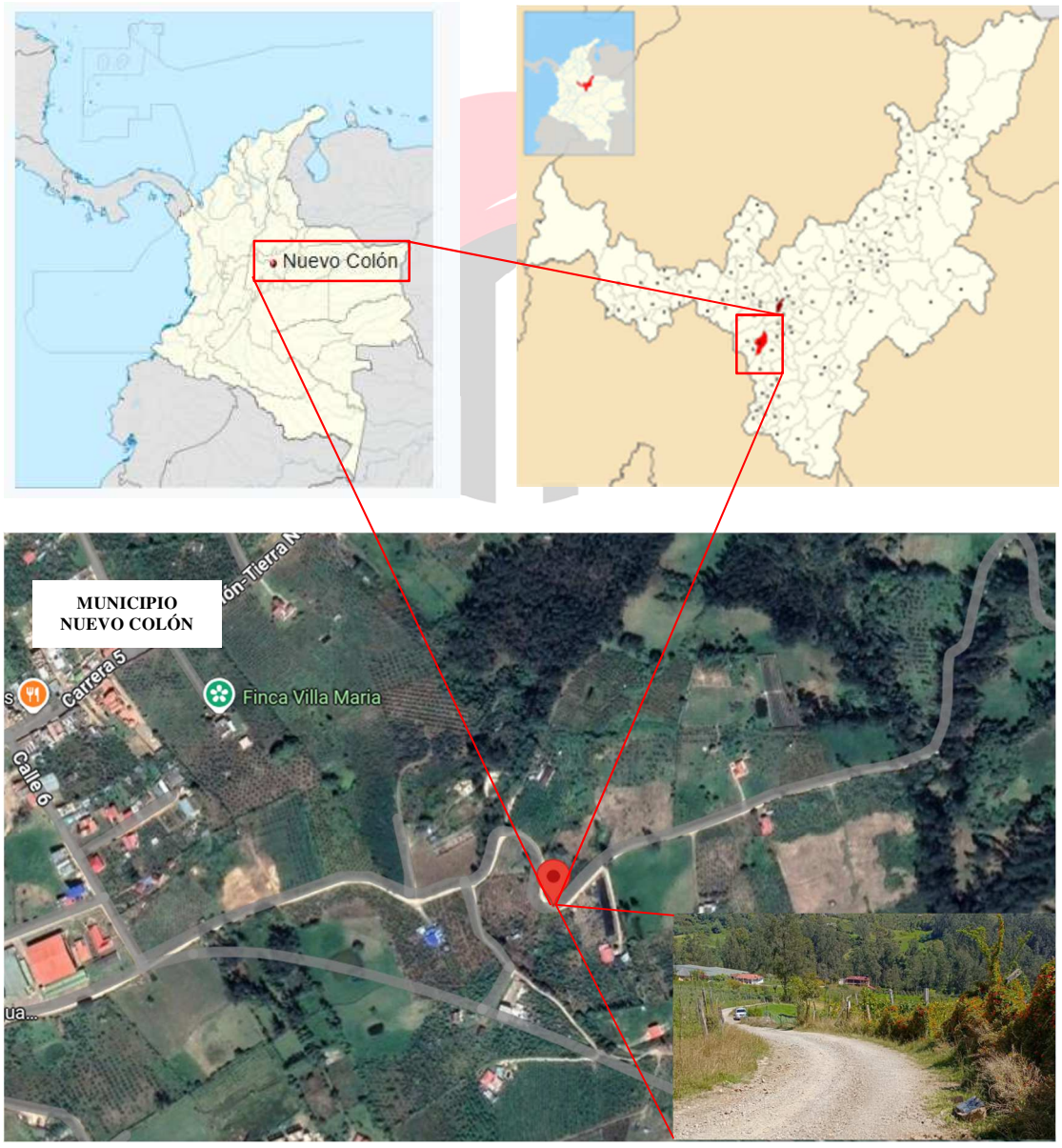
En ninguno de los estratos se evidenció nivel freático hasta las profundidades exploradas 1.5 m aproximadamente, lo que constituye una condición favorable para el desarrollo del proyecto. No obstante, se recomienda la implementación de un sistema eficiente de drenaje superficial y subsuperficial que garantice el control adecuado de las aguas pluviales y evite la saturación de la subrasante y capas granulares, preservando así la capacidad de soporte de diseño durante toda la vida útil de la infraestructura vial.

Los perfiles estratigráficos detallados identificados en cada punto de exploración se presentan en próximas figuras del informe, donde se ilustra gráficamente la secuencia de estratos, espesores, clasificación de suelos y principales características de cada material encontrado.

El resumen consolidado de los resultados de todos los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras extraídas se presenta en la Tabla 1, constituyendo la base de información para el análisis geotécnico y el diseño estructural del pavimento.

7 LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO

Figura 7 Localización general de la zona de estudio.



Fuente: google Maps

Figura 8 Localización de apiques en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia

7.1 METODOLOGÍA DE ESTUDIO:

La caracterización geotécnica del proyecto mantenimiento y adecuación vía Carbonera- vía Tejar arriba, sector Carbonera del municipio de Nuevo Colón, departamento Boyacá, se desarrolló mediante la exploración del subsuelo con un (1) apiques de 1.5 metros de profundidad, distribuidos estratégicamente en el área destinada para las vías internas del urbanismo. De estas exploraciones se extrajeron muestras alteradas para ensayos de clasificación y muestras inalteradas en moldes de CBR para evaluación de la capacidad de soporte, complementadas con pruebas de Penetración Dinámica de Cono (PDC) realizadas in situ. Los ensayos de laboratorio se ejecutaron según las normas de ensayo INVIAS vigentes para determinar las propiedades índice (granulometría, límites de consistencia, humedad natural) y las propiedades mecánicas (CBR) de los materiales del subsuelo.

En las siguientes fotografías se puede observar el proceso de exploración.

Figura 9 Trabajo de campo.



Fuente: Elaboración propia

7.2 ENSAYOS REALIZADOS

La determinación de las características del subsuelo incluye los siguientes ensayos:

- ✓ Contenido de agua (Humedad) INV – E 122.
- ✓ Lavado por el tamiz 200 INV – E 214
- ✓ Determinación del Límite Líquido INV – E 125.
- ✓ Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad INV – E 126.
- ✓ Relación de soporte del suelo mediante la prueba de CBR inalterado y/o laboratorio.
- ✓ Relación de soporte del suelo mediante la prueba PDC.

Figura 10 Ensayos de Laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

8 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

8.1 Caracterización Geotécnica y comportamientos esperados

La caracterización geotécnica del subsuelo para el proyecto de mantenimiento vial se fundamenta en la evaluación sistemática de ensayos de campo y laboratorio sobre el tramo en estudio. La metodología comprende la identificación estratigráfica detallada, incluyendo la definición de capas, espesores y la determinación de propiedades índice, así como la caracterización de parámetros mecánicos de cada estrato.

Esta evaluación geotécnica integral permite establecer los parámetros críticos necesarios para el diseño estructural de la infraestructura vial proyectada, proporcionando un análisis de la capacidad de soporte de la subrasante natural, el comportamiento deformacional esperado de los materiales ante las solicitaciones de tránsito vehicular, y las condiciones de estabilidad general del subsuelo bajo las cargas de diseño. La caracterización desarrollada identifica tanto las fortalezas como las limitaciones de los materiales presentes, permitiendo definir los requerimientos de mejoramiento o estabilización necesarios para garantizar el adecuado desempeño de la estructura de pavimento durante su vida útil proyectada.

El proceso de caracterización se complementa con una modelación geotécnica que incluye la configuración de perfiles estratigráficos representativos para cada punto de exploración, correlacionando las propiedades físico-mecánicas determinadas en laboratorio con las condiciones identificadas en campo. Esta caracterización constituye la base fundamental para el desarrollo del modelo geotécnico del subsuelo, elemento esencial para el dimensionamiento de los espesores de las capas estructurales del pavimento articulado y para la definición de las especificaciones técnicas de los materiales que conformarán la estructura vial.

8.2 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

A continuación, se hace una descripción de los perfiles estratigráficos aproximados para cada uno de los apiques realizados, los cuales se trazaron con base en las condiciones geológicas encontradas y los resultados a los ensayos realizados tanto en el campo como en el laboratorio.

APIQUE 1

Figura 11. Perfil estratigráfico aproximado encontrado para el Apique 1.

PERFIL TÍPICO

SONDEO N° 1

DESCRIPCION DEL SUELO	PERFIL		Perfil de Resistencia / Clasificación									
	SUCS	Prof (m)	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	PASA N° 200 (%)	Densidad (g/cm³)	Expansión (%)	PDC CBR (%)	CBR NO SUMERGIDO (%)	CBR SUMERGIDO (%)
(0m-0.2m) Material compuesto por Arena arcillosa con grava de baja plasticidad de color café claro con vetas grises , contenido de humedad bajo, potencial de expansión bajo compacidad compacta.	SC A-2-4(0)	0.10		31.24	21.36	9.88	29.54					
		0.20										
(0.2m-0.4m) Material compuesto por Arcilla gruesa de moderada plasticidad de color café con vetas gris oscuro , contenido de humedad bajo, potencial de expansión alto consistencia firme.	CH A-7-6(29)	0.30	5.78	52.34	27.08	25.25	96.47					
		0.35										
		0.40										
(0.4m-1.5m) Material compuesto por Arcilla de moderada plasticidad de color gris oscuro con vetas café, contenido de humedad bajo, potencial de expansión medio consistencia firme.	CL A-7-6(26)	0.50	8.99	47.66	23.49	24.17	95.48	2.01	0.16	21.10	14.70	6.50
		0.60										
		0.70										
		0.80										
		0.90	10.73									
		1.00										
		1.10										
		1.20	10.85									
		1.30										
		1.40										
		1.50	10.78									
Observaciones :	No presenta nivel freático											
	Fin de apique a N-1.5m											

8.3 DE RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Tabla 1 Resumen de resultados de ensayos de laboratorio.

N° APIQUE	prof inicio	prof fin	SUCS	LL (%)	LP (%)	IP (%)	% PASA 200	Wn (%)	CBR PDC	CBR NO SUMERGIDO	CBR SUMERGIDO
1	0.0	0.2	SC	31.2	21.4	9.9	29.5	5.78			
	0.2	0.4	CH	52.3	27.1	25.3	96.5	7.4			
	0.4	1.5	CL	47.7	23.5	24.2	95.5	10.8	21.1	14.7	6.5

9 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Para el dimensionamiento adecuado de los espesores de la estructura del pavimento, se realiza la caracterización de los materiales que la conformará, siguiendo los criterios y requisitos técnicos establecidos en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Los materiales considerados el diseño son:

Subrasante:

- Material de fundación que servirá como soporte de la estructura del pavimento
- Su caracterización define las condiciones de capacidad de soporte del terreno natural.

Subbase Granular:

- Compuesta por materiales granulares, como gravas y arenas, que se pueden encontrar en depósitos naturales.
- Proporciona soporte estructural a la base, distribuye cargas hacia la subrasante y actúa como capa de drenaje, evitando la intrusión de finos de la subrasante.
- Se encuentra debajo de la capa de base y encima de la subrasante (el suelo natural).

Placa huellas:

- Consiste en dos franjas de concreto hidráulico reforzado (donde van las ruedas) separadas por un material de relleno como piedra pegada (concreto ciclópeo), diseñado para mejorar la transitabilidad en terrenos difíciles y pendientes pronunciadas, utilizando materiales locales y mano de obra de la región.

La caracterización detallada de cada uno de estos materiales permitirá establecer los espesores óptimos que garanticen el adecuado comportamiento estructural del pavimento durante su vida útil.

9. ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y las pruebas de campo realizadas sobre las muestras extraídas del apique permitieron establecer las características geotécnicas de los materiales que conforman la subrasante del proyecto. El análisis obtenido de los datos geotécnicos proporciona información fundamental para evaluar la aptitud de los materiales existentes, identificar limitaciones estructurales y establecer los parámetros de diseño requeridos para la estructura de pavimento.

El análisis estratigráfico evidencia que el tramo destinado para la vía en estudio presenta condiciones geotécnicas variables a lo largo del área del estudio. Donde se identificaron sectores donde afloran materiales cohesivos de baja alta plasticidad, con presencia de materiales granulares. Esta condición geotécnica requiere principal una adecuada consideración de diseño y construcción para garantizar un desempeño uniforme para la estructura del pavimento.

La caracterización se realizó mediante ensayos de clasificación (límites de Atterberg, granulometría, contenido de humedad), ensayos de resistencia (CBR en condición natural y saturada) y pruebas de campo (PDC) los cual permitió establecer el perfil geotécnico representativo del proyecto y cuantificar la capacidad de soporte de la subrasante bajo diferentes escenarios de saturación, información esencial para el dimensionamiento estructural del pavimento

9.1 *SUBRASANTE*

Los suelos naturales de subrasante fueron identificados en la exploración realizada, localizándose a profundidad de 1.0m bajo el nivel del terreno actual. Estos materiales corresponden al suelo natural del sitio, sin intervención antrópica significativa, y representan la capa de fundación sobre la cual se soportará la estructura del pavimento a proyectar.

Clasificación y características:

Los suelos de subrasante están constituidos predominantemente por materiales finos cohesivos con presencia de fracciones granulares (arenas y gravas en menor proporción) 0.20m de espesor a nivel superficial. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los materiales en los estratos más profundos se clasifican como:

- ✓ **CL** Arcillas de baja a moderada plasticidad, con límites líquidos de 47.7% y características de compresibilidad baja a media. Este grupo predomina en estratos inferiores.

- ✓ **CH** Arcillas de alta plasticidad, con límites líquidos de 52.3% y características de compresibilidad alta. Este grupo posee un espesor de aproximadamente 20 cm y debido a su alta plasticidad es recomendada la sustitución por un material de mejores competencias geotécnicas.

Propiedades índices:

Contenido de humedad natural (Wn): Los valores de humedad natural registrados varían entre 5.78% y 10.85%, con un promedio representativo de 7.98% hasta la profundidad máxima explorada de 1.5 m. Estos valores, ligeramente superiores a los típicamente observados en materiales granulares, reflejan la naturaleza predominantemente fina de los suelos y su mayor capacidad de retención de agua, característica inherente a los materiales cohesivos principalmente presentes en los estratos profundos. El contenido de humedad natural constituye un parámetro de referencia importante para evaluar el estado de saturación del material y su relación con los valores de compactación óptimos de laboratorio.

Índice de plasticidad (IP): El índice de plasticidad desde 9.9% hasta valores de 25.3%, clasificándose en su mayoría como materiales de plasticidad media-alta según la Carta de Plasticidad de Casagrande, principalmente en estratos profundos. Los estudios realizados evidencian la presencia predominante de materiales cohesivos con comportamiento plástico definido medio-alto, lo que implica baja susceptibilidad a cambios volumétricos ante variaciones en el contenido de humedad. Los materiales con índices de plasticidad superiores a 15% requieren control riguroso de compactación y protección contra infiltración de agua para mantener su capacidad de soporte.

Límite líquido (LL): Los valores de límite líquido oscilan31.2% y 52.3%, con un promedio representativo del proyecto de 43.74%. Esta característica confirma la clasificación de arcillas de moderada-alta plasticidad. El límite líquido constituye un indicador del contenido de humedad al cual el suelo transita del estado semisólido al estado plástico, parámetro fundamental para evaluar el potencial de expansión y la susceptibilidad a pérdida de resistencia por saturación.

Granulometría: El análisis granulométrico indica que los materiales presentan porcentajes considerables de material fino (partículas menores a 0.075 mm que pasan el tamiz No. 200), con valores entre 29.5% y 96.5%. Esta característica evidencia la naturaleza predominantemente cohesiva de los suelos de subrasante en estratos

profundos. Los materiales con alto contenido de finos requieren especial atención en los procesos de compactación y protección mediante sistemas de drenaje eficientes.

9.2 *COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE LA SUBRASANTE*

Los suelos finos cohesivos identificados en el proyecto presentan un comportamiento geotécnico caracterizado por su alta susceptibilidad a cambios volumétricos (expansión) asociados a variaciones en el contenido de humedad. Esta característica representa una condición crítica para el desempeño óptimo en la estructura del pavimento, ya que los ciclos de humedecimiento y secado pueden generar deformaciones diferenciales que comprometan la integridad de la superficie de rodadura. Por esta razón, resulta necesario implementar sistemas de drenaje superficial y subsuperficial eficientes que mantengan el contenido de humedad de la subrasante en niveles controlados, cercanos a su humedad óptima de compactación.

9.3 *CALIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DEL SUELO DE LA SUBRASANTE*

Para la calificación del potencial expansivo de los materiales de subrasante y capas granulares existentes, se aplicó la metodología propuesta por **Holtz y Gibbs (1956)**, adoptada y recomendada por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en sus especificaciones técnicas. Este método correlaciona el potencial de expansión con los límites de consistencia del suelo (límite líquido e índice de plasticidad), permitiendo una estimación confiable del comportamiento expansivo esperado. Los criterios de clasificación según esta metodología se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2 correlaciones límites de consistencia vs potencial expansivo

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

Fuente: Holtz y Gibbs (1956) - Método adoptado por INVIAS

Tabla 3 Potencial expansivo de la subrasante.

N° APIQUE	prof inicio	prof fin	SUCS	LL (%)	LP (%)	IP (%)	% PASA 200	Wn (%)	POTENCIAL DE EXPANSION
1	0.0	0.2	SC	31.2	21.4	9.9	29.5	5.78	BAJO
	0.2	0.4	CH	52.3	27.1	25.3	96.5	7.4	ALTO
	0.4	1.5	CL	47.7	23.5	24.2	95.5	10.8	MEDIO

Nota: NL = No presenta límite líquido; NIP = No presenta plasticidad.

La clasificación del potencial expansivo resulta predominantemente medio en los estratos desde -0.2m hasta -1.5m. Esta condición se fundamenta en la identificación de materiales cohesivos con límites líquidos inferiores a 52.3% (con un promedio representativo del 43.74% (para el proyecto, ubicándose dentro del rango característico de suelos con comportamiento expansivo medio a alto).

9.4 *NIVEL FREÁTICO*

Durante la exploración, **no se detectó presencia de nivel freático** hasta las profundidades exploradas, lo que sugiere que el nivel de aguas subterráneas se encuentra a mayor profundidad; no obstante, es necesario el diseño de un adecuado sistema de drenaje que proteja la subrasante del proyecto de fenómenos de arrastre y saturación para contrarrestar el comportamiento expansivo medio a alto de los suelos de la subrasante

Un sistema de drenaje eficiente, complementado con un adecuado drenaje longitudinal, en ambos costados de la vía permitiría controlar las aguas superficiales y subsuperficiales, manteniendo condiciones óptimas de humedad en la estructura del pavimento. Bajo este escenario, sería técnicamente factible considerar los valores de CBR en condición no sumergida para el dimensionamiento de la estructura, lo que resultaría optimizar y reducir los espesores de las capas. No obstante, esta decisión deberá ser evaluada y adoptada por el **ingeniero diseñador de pavimentos**, quien determinará, con base en el nivel de confiabilidad del proyecto, las características del sistema de drenaje proyectado y las condiciones del sito, si corresponde utilizar los valores de CBR en condición natural o en condición saturada.

La utilización de CBR no sumergido estará condicionada a la implementación efectiva del sistema de drenaje y a la garantía de su funcionamiento permanente durante toda la vida útil del proyecto, mediante un programa riguroso de mantenimiento preventivo y correctivo de todas las estructuras hidráulicas. En caso de que el diseñador considere

que no es posible garantizar estas condiciones, deberá adoptar los valores de CBR en condición saturada como parámetro de diseño conservador.

9.5 *RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN*

La evaluación de la capacidad de soporte de los materiales que conforman el suelo de fundación constituye un parámetro fundamental para el diseño estructural del pavimento. La resistencia de estos materiales determina su aptitud para soportar las cargas transmitidas por el tránsito vehicular sin experimentar deformaciones excesivas que comprometan el desempeño y vida útil de la estructura vial.

En el presente estudio, la caracterización de la resistencia del suelo de fundación (subrasante) se realizó mediante el ensayo de **Relación de Soporte California (CBR)** sobre muestras inalteradas, metodología normalizada que permite obtener valores representativos de la capacidad de soporte del suelo bajo condiciones controladas de densidad y humedad.

Los ensayos se ejecutaron siguiendo la norma **INV E-148** (Relación de soporte del suelo en el laboratorio), considerando dos condiciones de saturación:

Condición de humedad natural: Representa el estado del suelo al momento del muestreo, sin inmersión previa.

Condición saturada: Muestras sometidas a 4 días de inmersión en agua, simulando la condición más crítica de saturación que podría experimentar el material durante su vida útil.

Resultados de CBR para suelo de subrasante:

Los valores de CBR obtenidos para los materiales de subrasante natural (identificados en todos los apiques, correspondientes a suelos finos cohesivos CL, ML yMH) se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resultados de ensayo de CBR para el suelo de subrasante

N° APIQUE	prof inicio	prof fin	SUCS	CBR PDC	CBR NO SUMERGIDO	CBR SUMERGIDO
1	0.0	0.2	SC			
	0.2	0.4	CH			
	0.4	1.5	CL	21.1	14.7	6.5

Nota: Los ensayos se realizaron sobre muestras inalteradas con densidades cercanas a las encontradas in situ.

El suelo se puede clasificar de acuerdo con el CBR, tal como se indica en la tabla.

Tabla 5. Clasificación de suelo de acuerdo con el cbr

CBR %	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS
0 - 3	Muy Pobre	Subrasante
3 - 7	Pobre a Regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Subbase
20 - 50	Bueno	Subbase y Base
>50	Excelente	Base

Fuente: Norma Invias

9.6 *CLASIFICACIÓN DEL SUELO DE ACUERDO CON EL CBR*

Según la clasificación de suelos en función del CBR establecida por el sistema AASHTO y adoptada por INVIAS, los materiales de subrasante se clasifican de la siguiente manera:

Subarasnte Condición no sumergida (humedad natural):

Los valores de CBR en condición natural se encuentran en un rango de regular. Según los rangos de clasificación INVIAS, estos valores corresponden a:

- Apique 1 (ML): CBR = 14.7% → Clasificación**: regular** (rango 7-20%)

Subarsante Condición saturada (4 días de inmersión):

Los valores de CBR en condición saturada se reducen significativamente a un rango entre **6.5%**, evidenciando la susceptibilidad en los materiales coshesivos ante incrementos en el contenido de humedad. Bajo esta condición crítica, los suelos se clasifican como:

- Apique 1 (ML): CBR = 6.5% → Clasificación**: Pobre a regular** (rango 3-7%)

9.6.1 *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE SOPORTE*

El análisis de los valores obtenidos evidencia una reducción significativa en la capacidad de soporte cuando los materiales pasan de condición natural a condición saturada:

- Apique 1: Reducción del 55.78% (de 14.7% a 6.5%)

Esta variabilidad en la pérdida de capacidad refleja diferencias en la composición granulométrica, el contenido y tipo de finos, así como en la expansión del material. Los suelos evaluados presentan un comportamiento altamente desfavorable ante saturación, alcanzando clasificaciones de **Pobre a regular** en condición saturada. Este comportamiento representa un factor crítico para el diseño estructural, No obstante, esta decisión deberá ser evaluada y adoptada por el **ingeniero diseñador de pavimentos**, quien determinará, con base en el nivel de confiabilidad del proyecto, las características del sistema de drenaje proyectado y las condiciones del sito, si corresponde utilizar los valores de CBR en condición natural o en condición saturada; no obstante dadas ala las características de expansión media a alta en los suelos cohesivos , se deberá implementar sistemas de drenaje eficientes que garanticen el control permanente de las condiciones de humedad en la subrasante.

9.7 *CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE DE ACUERDO CON EL CBR*

Considerando la precipitación media anual de 939 mm y la temperatura media de 18.0°C en la zona del proyecto, y teniendo en cuenta el incremento de eventos pluviométricos registrados en los últimos períodos anuales, se adopta como criterio de diseño el CBR en condición saturada. Este criterio se establece siguiendo los lineamientos del Manual de Diseño de Pavimentos de INVIAS y aplicando un enfoque conservador que garantice el desempeño estructural de la infraestructura vial incluso bajo las condiciones más críticas de saturación que pudieran presentarse durante la vida útil del proyecto.

El CBR de diseño adoptado para el proyecto corresponde al valor de CBR en condición saturada obtenidos en las exploración realizada resultando en un valor de 6.5%.

Tabla 6 calculo del Cbr de diseño.

CBR%			
	APIQUE N°	SUBRASANTE	CONDICIÓN
ENSAYO CBR%	1	6.5	SUMERGIDO

Fuente: propia

Las características de la subrasante natural se presentan en la Tabla 7, donde se evidencia que el material NO requiere mejoramiento

Tabla 7. Características de la subrasante

EQUIVALENCIAS CBR	UD 1
CBR (%)	**6,5**
Mr (kg/cm²)	650
Mr (lb/pulg²)	9750
Mr (N/m²)	6,50E+07
Mr (Mpa)	65
K (kg/cm³)	4,44
K (lb/pulg³)	159,94
K (Mpa/m)	44,4

Fuente. Propia

10. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

Con base en las características geotécnicas identificadas en los materiales del subsuelo y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y campo realizados, se establecen las siguientes observaciones y recomendaciones técnicas para el adecuado desarrollo del proyecto.

10.1 *DE LA SUBRASANTE*

- ✓ Los suelos de subrasante se localizan predominantemente a nivel de superficie. El a la profundidad de 0.2n con la condición más crítica con presencia de materiales arcillosos con potencial expansivo medio a alto, aspecto de gran relevancia para el diseño de estructuras de pavimento, por lo anterior se requiere de un adecuado sistema de drenaje que proteja la subrasante.

- ✓ La capacidad de soporte evaluada mediante ensayos de CBR en muestras inalteradas, tanto en condición de humedad natural como saturada (tras 4 días de inmersión), muestra valores que varían significativamente: clasificaciones de POBRE/REGULAR en condición saturada (CBR: 6.5%) según los criterios INVIAS.

- ✓ En caso de que se considere utilizar el valor de CBR en condición no saturada para el diseño del pavimento, lo cual permitirá optimizar los espesores de la estructura, se recomienda que el ingeniero diseñador evalúe cuidadosamente la utilización del CBR en condición saturada o no saturada, considerando el nivel de confiabilidad del proyecto, la categoría de la vía, el volumen de tránsito proyectado y la garantía de funcionamiento permanente del sistema de drenaje. La adopción del CBR no saturado estará condicionada a la implementación efectiva de nuevos sistemas de drenaje si se requieren y/o mantenimiento riguroso de todas las obras de drenaje, de manera que la subrasante conserve su capacidad de soporte de diseño durante la vida útil del proyecto.

10.2 *DEL NIVEL FREATICO*

- ✓ Aunque en la exploración realizada no se detectó nivel freático hasta la profundidad explorada (1.5m), es imperativo diseñar e implementar un sistema integral de drenaje subsuperficial que incluya filtros longitudinales profundos, geotextiles de

separación y drenaje, y subdrenajes transversales estratégicamente ubicados en los sectores de mayor vulnerabilidad.

✓ Estas obras hidráulicas deberán diseñarse y construirse conforme a los estudios y diseños hidráulicos específicos del proyecto, garantizando el control efectivo de las aguas subsuperficiales.

10.3 *DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL*

✓ La durabilidad y el desempeño óptimo de la estructura de pavimento dependen fundamentalmente de un sistema de drenaje superficial eficiente que evite la infiltración de aguas pluviales hacia las capas estructurales y la subrasante. Se deberá implementar un sistema integral con los siguientes componentes:

- **Cunetas revestidas en concreto:** Construir cunetas en concreto a ambos lados de las vías internas, con las dimensiones y pendientes especificadas en los diseños hidráulicos. El revestimiento en concreto garantizará la durabilidad y evitará la erosión del material de soporte.

- **Obras de arte complementarias:** Se deberán construir alcantarillas, descoles, disipadores de energía y demás obras hidráulicas necesarias para el manejo integral de las aguas superficiales, según lo establecido en los estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto.

- **Mantenimiento:** El sistema de drenaje superficial requiere mantenimiento preventivo y correctivo permanente, garantizando la limpieza periódica de cunetas, sumideros y demás estructuras para evitar obstrucciones que comprometan su funcionamiento.

10.4 *DEL POTENCIAL EXPANSIVO DE LOS SUELOS*

✓ Los estratos comprendidos entre -0.2m y -1.5m presentan la condición más crítica con presencia de materiales con potencial expansivo medio-alto, del mismo modo, aspecto de gran relevancia para el diseño de estructuras de pavimento, por lo anterior se requiere de un adecuado sistema de drenaje que proteja la subrasante.

✓ Para minimizar los riesgos asociados, se recomienda mantener condiciones de humedad relativamente constantes en la subrasante mediante la implementación y

mantenimiento efectivo del sistema integral de drenaje. Durante el proceso constructivo, se deberá evitar la compactación de materiales cohesivos con contenidos de humedad superiores a la humedad óptima más 2%.

10.4.1 *DEL CONTROL DE CALIDAD Y PROCESO CONSTRUCTIVO*

- ✓ Durante la etapa constructiva, los materiales deberán someterse a controles de calidad rigurosos en cuanto a plasticidad, durabilidad, gradación, estabilidad, resistencia y compactación, conforme a las normas INVIAS vigentes, garantizando así el buen desempeño de la estructura del pavimento.

- ✓ Para mantener la estructura dentro de las condiciones de durabilidad, seguridad y confort para los usuarios, se recomienda implementar un programa de seguimiento mediante inspecciones visuales que permitan identificar deterioros oportunamente y programar mantenimientos preventivos, evitando gastos elevados futuros.

- ✓ Se recomienda ejecutar las labores de construcción preferiblemente en época de verano para evitar infiltraciones en la subrasante que alteren las consideraciones de diseño.

- ✓ Si durante la construcción se detectan suelos blandos o "acolchonamientos", se deberá reemplazar y/o estabilizar el suelo por material tipo rajón, complementado con material granular de sello en un espesor de 0.15 m, incorporando un geotextil de separación NT 2500, NT 4000 o equivalente (GT 2x2 HF o similar).

10.4.2 *RECOMENDACIONES GENERALES*

- ✓ La estructura de pavimento deberá realizarse con la normatividad vigente del INVIAS 2022, los materiales que se empleen deberán cumplir con las especificaciones que sean acordes el nivel de tránsito.

- ✓ Durante la etapa constructiva los materiales deberán someterse a controles de calidad en cuanto a plasticidad. durabilidad, gradación, estabilidad, resistencia compactación y demás que estipulen las normas vigentes. para así garantizar el buen desempeño en conjunto con la estructura del pavimento.

- ✓ **Del diseño estructural**: El diseño definitivo de la estructura de pavimento deberá desarrollarse por un ingeniero especialista en pavimentos, quien determinará los

espesores óptimos de cada capa con base en los parámetros geotécnicos reportados en el presente estudio, el estudio de tránsito (ESAL's de diseño), el nivel de confiabilidad requerido según la categoría de la vía, y las metodologías de diseño vigentes (AASHTO 93, Guía de Diseño de Pavimentos INVIAS, o método racional adoptado).

- ✓ **De cambios en las condiciones del subsuelo**: Los análisis, conclusiones y recomendaciones contenidos en este informe están fundamentados en las observaciones de campo, exploraciones puntuales y resultados de laboratorio de las muestras ensayadas. Cualquier variación en las condiciones del subsuelo no prevista en el presente documento deberá ser comunicada inmediatamente al ingeniero geotecnista para que evalúe y recomiende los ajustes técnicos necesarios.

- ✓ **Del seguimiento técnico**: Se recomienda mantener supervisión geotécnica permanente durante la etapa constructiva, que permita verificar que las condiciones del subsuelo corresponden a las descritas en el estudio, validar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y autorizar modificaciones cuando las condiciones de campo así lo requieran.

- ✓ **De la gestión ambiental**: Los materiales excavados que no sean reutilizables deberán ser dispuestos en sitios autorizados por la autoridad ambiental competente. Los materiales granulares de aporte deberán provenir de fuentes legalmente constituidas que cuenten con los permisos ambientales vigentes.

_____

ING. EDWIN SUÁREZ REÁTIGA
M.P. 15202-348360 BYC
ESP. EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

11. BIBLIOGRAFIA

- ✓ Agudelo, A., & Castro, M. (1999). Caracterización geológica de depósitos aluviales en Cundinamarca. INGEOMINAS.
- ✓ American Association of State Highway and Transportation Officials. (2022). AASHTO guide for design of pavement structures. AASHTO.
- ✓ Cáceres, C., & Etayo, F. (1969). Lodolitas grises indenominadas del Cretácico Superior en Cundinamarca. Boletín Geológico INGEOMINAS, 17(2), 45-68.
- ✓ Casagrande, A. (1948). Classification and identification of soils. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 113(1), 901-930.
- ✓ Departamento Nacional de Planeación. (2020). Proyectos Tipo: Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito. DNP.
- ✓ Hettner, A. (1892). Die Kordillere von Bogotá. Petermanns Geographische Mitteilungen Ergänzungsheft, 22(104), 1-131.
- ✓ Holtz, W. G., & Gibbs, H. J. (1956). Engineering properties of expansive clays. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 121(1), 641-663.
- ✓ Hubach, E. (1931). Geología petrolífera del Departamento de Cundinamarca. Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, 2, 117-206.
- ✓ Hubach, E. (1957). Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Boletín Geológico, 5(2), 93-112.
- ✓ Instituto Colombiano de Productores de Cemento - ICPC. (2018). Pavimentos en adoquín de concreto: Guía de diseño, construcción y mantenimiento. ICPC.
- ✓ Instituto de Desarrollo Urbano. (2018). Especificación IDU 101-18: Categoría del tránsito según el tipo de tránsito. IDU Bogotá.
- ✓ Instituto de Desarrollo Urbano. (2020). Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C. (GU-IC-019). IDU Bogotá.
- ✓ Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2020). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca. IGAC.

✓ Instituto Nacional de Vías. (2013). Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito. INVIAS.

✓ Instituto Nacional de Vías. (2015). Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. INVIAS.

✓ Instituto Nacional de Vías. (2022). Especificaciones generales de construcción de carreteras. Artículos 100, 300, 330, 350, 400, 450, 510, 511. INVIAS.

✓ Instituto Nacional de Vías. (2022). Normas de ensayo para materiales de carreteras. Volumen I: Ensayos para suelos (INV E-122, E-125, E-126, E-148, E-213, E-214). INVIAS.

✓ Instituto Nacional de Vías. (2022). Normas de ensayo para materiales de carreteras. Volumen II: Ensayos para pavimentos. INVIAS.

✓ INGEOMINAS. (2000). Geología del Departamento de Cundinamarca. Memoria Explicativa del Mapa Geológico. INGEOMINAS.

✓ INGEOMINAS. (2002). Plancha Geológica 208 - Villeta. Escala 1:100.000. INGEOMINAS.

✓ Ivanov, N. N. (1975). Teoría de módulos equivalentes para el diseño de pavimentos. Universidad Estatal de Leningrado.

✓ Knapton, J. (2009). The structural design of heavy duty pavements for ports and other industries. En Proceedings of the 9th International Conference on Concrete Block Paving (pp. 17-36). Buenos Aires, Argentina.

✓ Köppen, W., & Geiger, R. (1936). Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Borntraeger.

✓

✓ Martínez, J. I. (1990). Foraminíferos del Maastrichtiano de Colombia. Geología Colombiana, 17, 85-134.

✓ Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica. (2004). Manual de especificaciones técnicas MOPT-DE 5-04: Diseño estructural de pavimentos de adoquines de concreto. MOPT Costa Rica.

- ✓ Portland Cement Association - PCA. (1984). Thickness design for concrete highway and street pavements. PCA Engineering Bulletin EB109.01P.
- ✓ Renzoni, G. (1962). Geología de la región de Choachí-Ubaque [Tesis de grado no publicada]. Universidad Nacional de Colombia.
- ✓ Renzoni, G. (1968). Geología del macizo de Quetame. Geología Colombiana, 5, 75-127.
- ✓ Sarmiento, R. (1992). Interpretación paleoambiental de la Formación Guaduas. Geología Colombiana, 17, 81-128.
- ✓ The Asphalt Institute. (1991). Thickness design – Asphalt pavements for highways and streets (Manual Series No. 1, MS-1). The Asphalt Institute.
- ✓ Ulloa, C., & Rodríguez, E. (1991). Geología de la región Chiquinquirá-Ubaté. En Memorias V Congreso Colombiano de Geología (pp. 156-187). Sociedad Colombiana de Geología.
- ✓ Van der Hammen, T. (1957). Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos. Boletín Geológico, 6(1-3), 67-128.

11.1 *NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSULTADAS*

American Society for Testing and Materials. (2020). ASTM D2487-17e1: Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2021). ASTM D1883-21: Standard test method for California Bearing Ratio (CBR) of laboratory-compacted soils. ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2021). ASTM D4318-17e1: Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. ASTM International. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2017). NTC 3829: Adoquines de concreto para pavimentos. ICONTEC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2018). NTC 4109: Arena para la capa de soporte de pavimentos de adoquines. ICONTEC.
Ministerio de Transporte de Colombia. (2022). Manual de drenaje para carreteras. Ministerio de Transporte.

11.2 *SITIOS WEB CONSULTADOS*

Climate-Data.org. (2025). Clima Barbosa (Colombia). Recuperado de https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/cundinamarca/bbararbosa-4088/

Instituto de Desarrollo Urbano. (2025). Especificaciones técnicas de construcción. Recuperado de https://www.idu.gov.co

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2025). Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial. Recuperado de https://www.igac.gov.co
Instituto Nacional de Vías. (2025). Documentos técnicos y manuales de diseño. Recuperado de https://www.invias.gov.co

Servicio Geológico Colombiano. (2025). Mapas geológicos de Colombia. Recuperado de https://www2.sgc.gov.co/MGC/Paginas/agc_datos_abiertos.aspx

INGEOTEC N&L S.A.S.

12. ANEXOS A. ENSAYOS DE LABORATORIO

INGEOTEC N&L S.A.S.

PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA		
LOCALIZACIÓN	SECTOR CARBONERAA	APIQUE	1 AL 2
MUNICIPIO	NUEVO COLÓN	PROFUNDIDAD	INDICADA
DIRIGIDO A:	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	FECHA DE ENSAYO	20/12/2025
LABORATORISTA:	ENDER SILVA		

ENSAYO CONTENIDO DE AGUA EN LOS SUELOS (HUMEDAD) INV E-122

SONDEO **1**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0.30	313	5.53	114.31	108.02	5.78
0.60	332	8.80	94.04	86.38	8.99
0.90	511	8.54	102.17	92.12	10.73
1.20	512	8.60	84.21	76.01	10.85
1.50	506	8.64	96.09	86.66	10.78

W Cáp. = Peso de Cápsula (g)
W Cáp. + Mh = Peso de Cápsula + Muestra Húmeda (g)
W Cáp. + Ms = Peso de Cápsula + Muestra Seca (g)

ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA
MP. 15202-348360 BYC

INGEOTEC N&L S.A.S.

PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA		
LOCALIZACIÓN	SECTOR CARBONERA A	APIQUE	1 AL 3
MUNICIPIO	NUEVO COLÓN	PROFUNDIDAD	INDICADA
DIRIGIDO A:	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	FECHA DE ENSAYO	20/12/2025
LABORATORISTA:	ENDER SILVA		

SONDEO **1**

		ANTES DE LAVADO		DESPUÉS DE LAVADO	
PROF.(m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L.(g)	% Pasa #200
0.20	O36	110.8	402.4	317.2	29.22
0.40	OO4	116.7	380.5	126.0	96.47
1.50	O35	110.1	370.4	121.4	95.66

Wplatón + M.S.L = Peso del platón más la muestra sin lavar (g)
W Platón + M.D.L. = Peso del platón más muestra después de lavar (g)
% Pasa #200 = Porcentaje que pasa el tamiz No 200.

$$\%Pasa\#200 = 100 - \frac{(WPlatón + M.D.L. - WPlatón)}{(WPlatón + M.S.L. - WPlatón)} x100$$

ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA
M.P. 15202-348360 BYC

PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA		
DIRIGIDO A:	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	**APIQUE**	1
LOCALIZACIÓN	SECTOR CARBONERAA	**PROF (m)**	0.20
LABORATORISTA:	ENDER SILVA	**FECHA ENSAYO**	20/12/2025
DESCRIPCIÓN:	Material compuesto por Arena arcillosa con grava de baja plasticidad de color café claro con vetas grises		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO INV E-123.

ANTES DE LAVADO

No. PLATÓN	O36
PESO PLATÓN (g)	111
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	402
PESO MUESTRA (g)	292

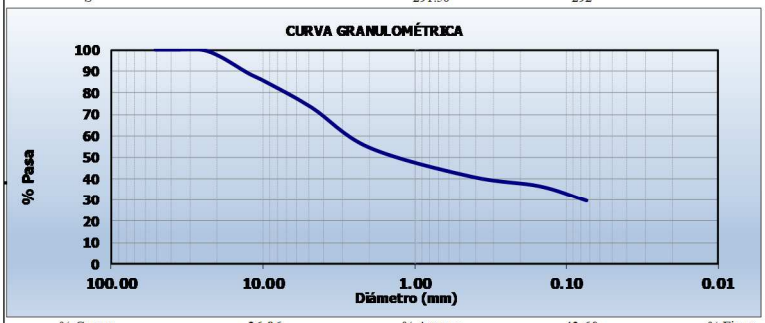
DESPUÉS DE LAVADO

PESO PLATÓN (g)	111
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	317
PESO MUESTRA SECA (g)	206
PASA TAMIZ Nº 200 (%)	29.22

CORRECCIÓN

PESO TT DE LA MUESTRA (g)	292
S PESOS RETENIDOS (g)	292
ERROR (g)	0.1
ERROR (%)	0.03

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO CORR (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.8	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
11/2"	38.1	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	**9.50**	9.50	3.26	3.26	96.74
1/2"	12.50	**22.20**	22.21	7.62	10.87	89.13
3/8"	9.51	**12.10**	12.10	4.15	15.03	84.97
4	4.76	34.50	34.51	11.84	26.86	73.14
10	2.00	**54.10**	54.12	18.56	45.42	54.58
40	0.425	39.60	39.61	13.58	59.01	40.99
100	0.150	**13.20**	13.20	4.53	63.53	36.47
200	0.074	20.20	20.21	6.93	70.46	29.54
FONDO		**86.10**	86.13	29.54	100.00	0.00
S		291.50	292			



D60	5.281
D30	0.1
D10	-

Cc	no identificado
Cu	no identificado

% Gravas ***26.86*** % Arenas ***43.60*** % Finos ***29.54***

REVISO ***ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA***
M.P. 15202-348360 BYC

PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA		
DIRIGIDO A:	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	**APIQUE**	1
LOCALIZACIÓN	SECTOR CARBONERAA	**PROF (m)**	0.40
LABORATORISTA:	ENDER SILVA	**FECHA ENSAYO**	20/12/2025
DESCRIPCIÓN:	Material compuesto por Arcilla gruesa de moderada plasticidad de color café con vetas gris oscuro		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO INV E-123.

ANTES DE LAVADO

No. PLATÓN	OO4
PESO PLATÓN (g)	116.70
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	381
PESO MUESTRA (g)	264

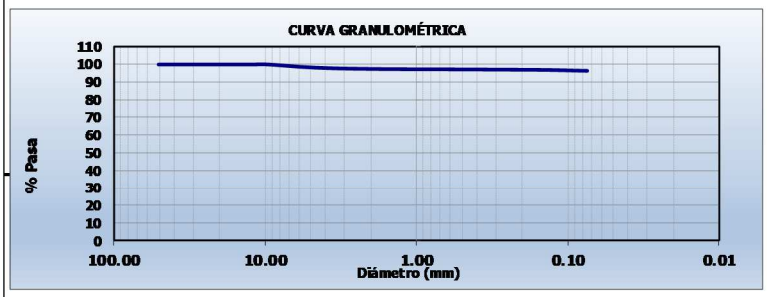
DESPUÉS DE LAVADO

PESO PLATÓN (g)	117
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	126
PESO MUESTRA SECA (g)	9
PASA TAMIZ Nº 200 (%)	96.47

CORRECCIÓN

PESO TT DE LA MUESTRA (g)	264
S PESOS RETENIDOS (g)	264
ERROR (g)	0.0
ERROR (%)	0.00

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO CORR (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.8	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
11/2"	38.1	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.51	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	4.50	4.50	1.71	1.71	98.29
10	2.00	**2.00**	2.00	0.76	2.46	97.54
40	0.425	0.80	0.80	0.30	2.77	97.23
100	0.150	**0.60**	0.60	0.23	2.99	97.01
200	0.074	1.40	1.40	0.53	3.53	96.47
FONDO		**254.50**	254.50	96.47	100.00	0.00
S		263.80	264			



D60	
D30	
D10	

Cc	no identificado
Cu	no identificado

% Gravas ***1.71*** % Arenas ***1.82*** % Finos ***96.47***

REVISO ***ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA***
M.P. 15202-348360 BYC

PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA		
DIRIGIDO A:	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	**APIQUE**	1
LOCALIZACIÓN	SECTOR CARBONERAA	**PROF (m)**	1.50
LABORATORISTA:	ENDER SILVA	**FECHA ENSAYO**	20/12/2025
DESCRIPCIÓN:	Material compuesto por Arcilla de moderada plasticidad de color gris oscuro con vetas café		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO INV E-123.

ANTES DE LAVADO

No. PLATÓN	O35
PESO PLATÓN (g)	110
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	370
PESO MUESTRA (g)	260

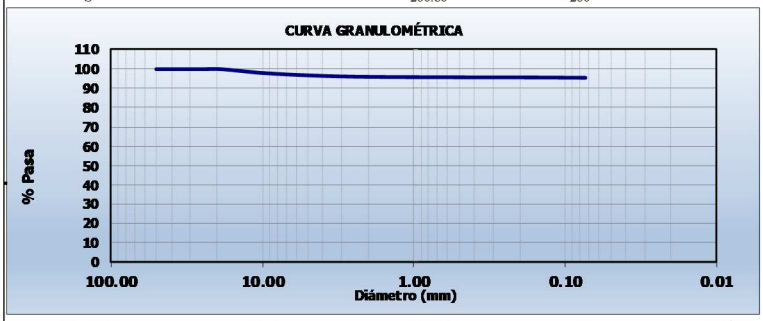
DESPUÉS DE LAVADO

PESO PLATÓN (g)	110
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	121
PESO MUESTRA SECA (g)	11
PASA TAMIZ Nº 200 (%)	95.66

CORRECCIÓN

PESO TT DE LA MUESTRA (g)	260
S PESOS RETENIDOS (g)	261
ERROR (g)	-0.5
ERROR (%)	-0.19

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO CORR (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.8	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
11/2"	38.1	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	**0.00**	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	**3.50**	3.49	1.34	1.34	98.66
3/8"	9.51	**2.10**	2.10	0.81	2.15	97.85
4	4.76	3.10	3.09	1.19	3.34	96.66
10	2.00	**1.80**	1.80	0.69	4.03	95.97
40	0.425	0.70	0.70	0.27	4.29	95.71
100	0.150	**0.20**	0.20	0.08	4.37	95.63
200	0.074	0.40	0.40	0.15	4.52	95.48
FONDO		**249.00**	248.52	95.48	100.00	0.00
S		260.80	260			



D60	
D30	
D10	

Cc	no identificado
Cu	no identificado

% Gravas ***3.34*** % Arenas ***1.19*** % Finos ***95.48***

REVISO ***ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA***
M.P. 15202-348360 BYC

FECHA:	**24/12/2025**		
PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA		
LOCALIZACIÓN	SECTOR CARBONERA A	**APIQUE**	1
MUNICIPIO	NUEVO COLÓN	PROFUNDIDAD	0.20
DIRIGIDO A:	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	MUESTRA	
LABORATORISTA:	ENDER SILVA		

LÍMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD INV E-125-126

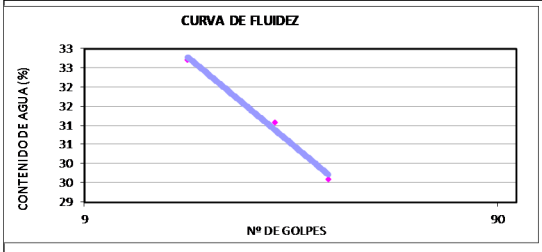
DESCRIPCIÓN: **Material compuesto por Arena arcillosa con grava de baja plasticidad de color café claro con vetas grises**

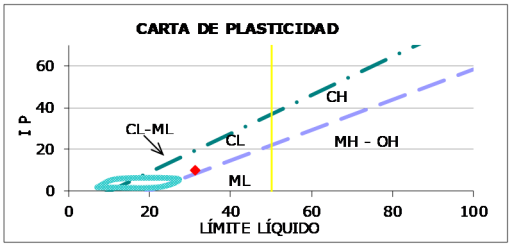
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	**16**	**26**	**35**
RECIPIENTE Nº	**325**	**360**	**96**
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	**40.52**	**40.21**	**40.31**
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	**33.92**	**34.05**	**33.81**
PESO RECIPIENTE (g)	**13.74**	**14.23**	**11.85**
CONTENIDO DE AGUA (%)	32.71	31.08	29.60

LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	**261**	**35**
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	**19.05**	**17.68**
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	**16.81**	**15.57**
PESO RECIPIENTE (g)	**6.42**	**5.6**
CONTENIDO DE AGUA (%)	21.56	21.16





LÍMITE LÍQUIDO:	***31.24***	% PASA 200	***29.54***	% GRAVA	***26.86***
LÍMITE PLÁSTICO:	***21.36***	% PASA 40	***40.99***	%ARENA	***43.60***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***9.88***	% PASA 10	***54.58***	% FINOS	***29.54***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:		% PASA 4	***73.14***		

CLASIFICACIÓN

SUCS		AASHTO	
SC	Arena arcillosa con grava de baja plasticidad	***A-2-4***	A-1 Fragmentos de Roca, Grava y Arena A-3 Arena Fina A-2 Grava y arena limosa y arcillosa A-4 y A-5 Principalmente suelos limosos A-6 y A-7 Principalmente suelos arcillosos
		ÍNDICE DE GRUPO	**0**

ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA
M.P. 15202-348360 BYC

FECHA:	24/12/2025		
PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA		
LOCALIZACIÓN	SECTOR CARBONERAA	APIQUE	1
MUNICIPIO	NUEVO COLÓN	PROFUNDIDAD	0.40
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	MUESTRA	
LABORATORISTA:	ENDER SILVA		

LÍMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD INV E-125-126

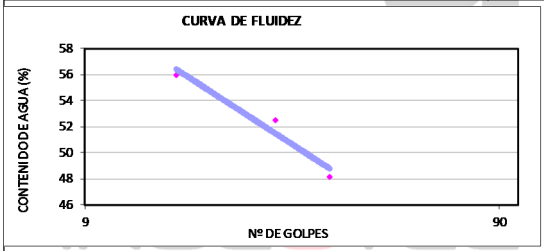
DESCRIPCIÓN: Material compuesto por Arcilla gruesa de moderada plasticidad de color café con vetas gris oscuro

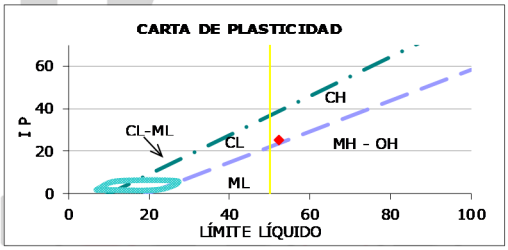
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	15	26	35
RECIPIENTE Nº	130	229	54
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	40.20	40.28	40.97
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	29.85	31.68	32.32
PESO RECIPIENTE (g)	11.37	15.30	14.34
CONTENIDO DE AGUA (%)	56.01	52.50	48.11

LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	318	207
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	16.83	18.00
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14.45	15.95
PESO RECIPIENTE (g)	5.71	8.34
CONTENIDO DE AGUA (%)	27.23	26.94





LÍMITE LÍQUIDO:	***52.34***	% PASA 200	***96.47***	% GRAVA	***1.71***
LÍMITE PLÁSTICO:	***27.08***	% PASA 40	***97.23***	%ARENA	***1.82***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***25.25***	% PASA 10	***97.54***	% FINOS	***96.47***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:		% PASA 4	***98.29***		

CLASIFICACIÓN

SUCS		AASHTO	
CH	Arcilla gruesa de moderada plasticidad	***A-7-6***	A-1 Fragmentos de Roca, Grava y Arena A-3 Arena Fina A-2 Grava y arena limosa y arcillosa A-4 y A-5 Principalmente suelos limosos A-6 y A-7 Principalmente suelos arcillosos
		ÍNDICE DE GRUPO	***29***

ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA
M.P. 15202-348360 BYC

FECHA:	**24/12/2025**		
PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA		
LOCALIZACIÓN	SECTOR CARBONERAA	APIQUE	1
MUNICIPIO	NUEVO COLÓN	PROFUNDIDAD	1.50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	MUESTRA	
LABORATORISTA:	ENDER SILVA		

LÍMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD INV E-125-126

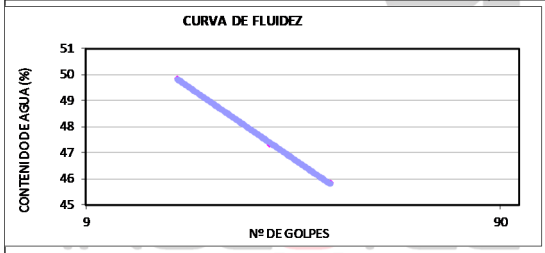
DESCRIPCIÓN: Material compuesto por Arcilla de moderada plasticidad de color gris oscuro con vetas café

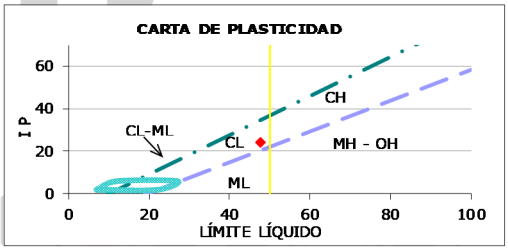
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	15	25	35
RECIPIENTE Nº	305	333	353
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	40.03	40.94	40.92
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	31.28	32.27	32.47
PESO RECIPIENTE (g)	13.72	13.95	14.03
CONTENIDO DE AGUA (%)	49.83	47.33	45.82

LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	352	245
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	20.9	18.74
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	18.53	16.3
PESO RECIPIENTE (g)	8.36	5.99
CONTENIDO DE AGUA (%)	23.30	23.67





LÍMITE LÍQUIDO:	***47.66***	% PASA 200	***95.48***	% GRAVA	***3.34***
LÍMITE PLÁSTICO:	***23.49***	% PASA 40	***95.71***	%ARENA	***1.19***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***24.17***	% PASA 10	***95.97***	% FINOS	***95.48***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:		% PASA 4	***96.66***		

CLASIFICACIÓN

SUCS		AASHTO	
CL	Arcilla de moderada plasticidad	***A-7-6***	A-1 Fragmentos de Roca, Grava y Arena A-3 Arena Fina A-2 Grava y arena limosa y arcillosa A-4 y A-5 Principalmente suelos limosos A-6 y A-7 Principalmente suelos arcillosos
		ÍNDICE DE GRUPO	26

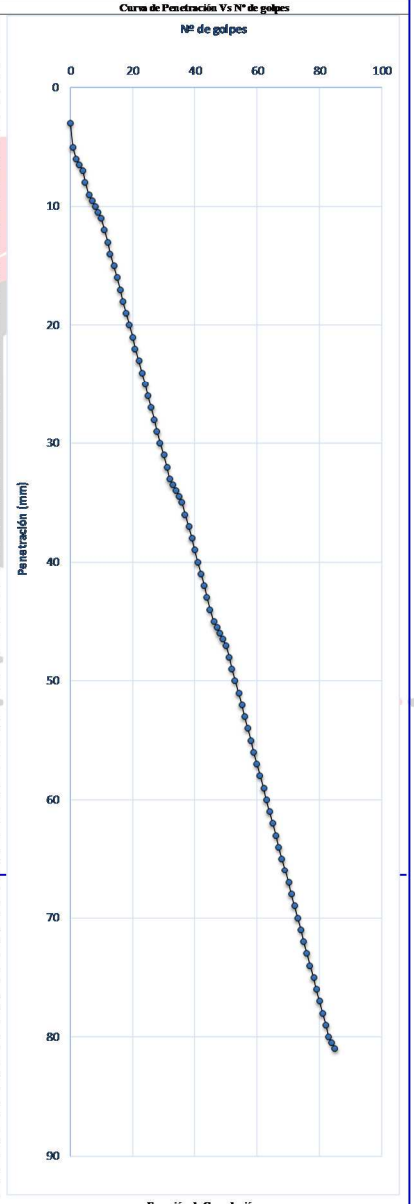
ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA
M.P. 15202-348360 BYC

PROYECTO:	PLACA HUELLA						
LOCALIZACIÓN:	SECTOR CARBONERA NUEVO COLÓN, CUNDINAMARCA						
Apique:	1	**Abscisa:**		**Margen:**	-	**Prof. (m):**	0.3-1.5
Laboratorista:	ENDER SILVA					**Fecha:**	16/12/2025

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Penetración (mm)	I.P.D. (mm/golpe)	CBR (%)
0	3.0	2.0	13.0
1	5.0	1.0	20.0
2	6.0	0.5	30.7
3	6.5	0.5	30.7
4	7.0	1.0	20.0
5	8.0	1.0	20.0
6	9.0	0.5	30.7
7	9.5	0.5	30.7
8	10.0	0.5	30.7
9	10.5	0.5	30.7
10	11.0	1.0	20.0
11	12.0	1.0	20.0
12	13.0	1.0	20.0
13	14.0	1.0	20.0
14	15.0	1.0	20.0
15	16.0	1.0	20.0
16	17.0	1.0	20.0
17	18.0	1.0	20.0
18	19.0	1.0	20.0
19	20.0	1.0	20.0
20	21.0	1.0	20.0
21	22.0	1.0	20.0
22	23.0	1.0	20.0
23	24.0	1.0	20.0
24	25.0	1.0	20.0
25	26.0	1.0	20.0
26	27.0	1.0	20.0
27	28.0	1.0	20.0
28	29.0	1.0	20.0
29	30.0	1.0	20.0
30	31.0	1.0	20.0
31	32.0	1.0	20.0
32	33.0	0.5	30.7
33	33.5	0.5	30.7
34	34.0	0.5	30.7
35	34.5	0.5	30.7
36	35.0	1.0	20.0
37	36.0	1.0	20.0
38	37.0	1.0	20.0
39	38.0	1.0	20.0
40	39.0	1.0	20.0
41	40.0	1.0	20.0
42	41.0	1.0	20.0
43	42.0	1.0	20.0
44	43.0	1.0	20.0
45	44.0	1.0	20.0
46	45.0	0.5	30.7
47	45.5	0.5	30.7
48	46.0	0.5	30.7
49	46.5	0.5	30.7
50	47.0	1.0	20.0
51	48.0	1.0	20.0
52	49.0	1.0	20.0
53	50.0	1.0	20.0
54	51.0	1.0	20.0
55	52.0	1.0	20.0
56	53.0	1.0	20.0
57	54.0	1.0	20.0
58	55.0	1.0	20.0
59	56.0	1.0	20.0
60	57.0	1.0	20.0
61	58.0	1.0	20.0
62	59.0	1.0	20.0
63	60.0	1.0	20.0
64	61.0	1.0	20.0
65	62.0	1.0	20.0
66	63.0	1.0	20.0
67	64.0	1.0	20.0
68	65.0	1.0	20.0
69	66.0	1.0	20.0
70	67.0	1.0	20.0
71	68.0	1.0	20.0
72	69.0	1.0	20.0
73	70.0	1.0	20.0
74	71.0	1.0	20.0
75	72.0	1.0	20.0
76	73.0	1.0	20.0
77	74.0	1.0	20.0
78	75.0	1.0	20.0
79	76.0	1.0	20.0
80	77.0	1.0	20.0
81	78.0	1.0	20.0
82	79.0	1.0	20.0
83	80.0	0.5	30.7
84	80.5	0.5	30.7
85	81.0	1.0	20.0

Curva de Penetración Vs Nº de golpes

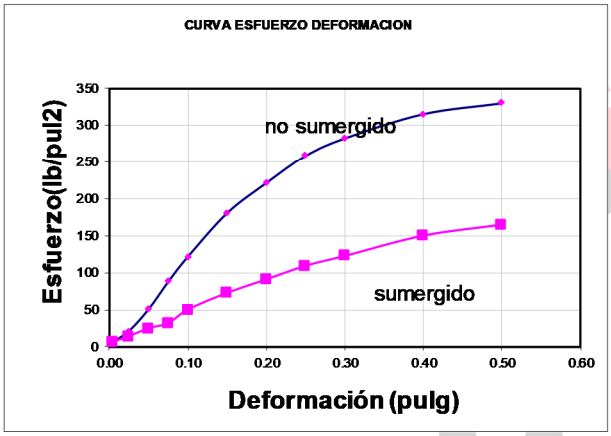


Ecuación de Correlación:

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	I.P.D(mm/golpe)	CBR%	Ecuación de Correlación:CBR
0-165	P1	0.9	21.1%	=20.0*(I.P.D)^0,62

ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA
M.P. 15202-348360 BYC

PROYECTO:	PLACA HUELLA		
LOCALIZACIÓN:	SECTOR CARBONERA	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	NUEVO COLÓN, CUNDINAMARCA	**PROFUNDIDAD**	0.3-1.5
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE NUEVO COLÓN	**FECHA DE ENSAYO**	17/12/25
LABORATORISTA:	ENDER SILVA	**MUESTRA**	M4
DESCRIPCIÓN:	Material compuesto por Arcilla de moderada plasticidad de color gris oscuro con vetas café, contenido de humedad bajo, potencial de expansión medio consistencia firme.		



DENSIDAD DE LA MUESTRA	
Volumen(cm^3) =	3905.92
Peso(g) =	7866
Densidad(g/cm^3)	2.01
Densidad(lb/pie^3)	125.67
EXPANSION	
Lect. inicial (mm)	0.10
Lect.final (mm)	0.39
EXPANSION(%)	0.16

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO (CBR INALTERADO)

MOLDE Nº	10			10		
Muestra Nº	3			3		
	NO SUMERGIDO			SUMERGIDO		
Penetración (pg)	Lect dial (Kgf)	carga (lbf)	Esfuerzo (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	carga (lbf)	Esfuerzo (lb/pulg2)
0.005	9.0	20	6	9.0	20	6
0.025	30.0	66	21	20.0	44	14
0.050	72.0	159	51	35.0	77	25
0.075	125.0	276	88	45.0	99	32
0.100	173.0	381	121	71.0	157	50
0.150	257.0	567	180	103.0	227	72
0.200	315.0	694	221	129.0	284	91
0.250	368.0	811	258	155.0	342	109
0.300	402.0	886	282	174.0	384	122
0.400	449.0	990	315	213.0	470	149
0.500	470.0	1036	330	234.0	516	164
HUMEDAD DE PENETRACION(%)	13.1			30.4		
CBR corr 0.1	12.1			5.0		
CBR corr 0.2	14.7			6.0		

OBSERVACIONES:

ING. EDWIN SUÁREZ REÁTICA
M.P. 15202-348360 BYC