FWF GEOINGENIERIA S.A.S
NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y CONSTRUCCION

2021

ESTUDIO GEOTÉCNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ
VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 2

FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Barbosa Santander.

29-1-2021

ESTUDIO GEOTÉNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ

Localización:
VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 2
CHIQUINQUIRÁ BOYACÁ

Elaborado por:
FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Dirigido a:
ALCALDÍA DE CHIQUINQUIRÁ

BARBOSA SANTANDER
2021

CARRERA 7 # 5C-43 AVENIDA DE LAS AMÉRICAS BARBOSA SANTANDER- COLOMBIA
CONTACTOS: 3144615974 – 3112191382 – 3115399142
E-mail: fwfgeoingenieria@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 5

1. OBJETIVOS 6

1.1. GENERAL 6
1.2. ESPECÍFICOS 6

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO 7

2.1. LOCALIZACIÓN GENERAL 7
2.2. EXPLORACIÓN EN CAMPO 8
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO 8
2.4. NIVEL FREÁTICO Y AGUAS SUBTERRÁNEAS 9
2.5. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 9
2.5.1. APIQUE 1 9

3. ANALISIS DE RESULTADOS 11

3.1. HUMEDAD NATURAL 11
3.2. RESISTENCIA 12

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 13

5. PARÁMETROS DE DISEÑO 14

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE 14
5.2. CBR DE DISEÑO A PARTIR DE CRITERIO DEL PERCENTIL 14

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 16

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 *Profundidades máximas de exploración* *8*
Tabla 2 *Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.* *9*
Tabla 3 *Resultados obtenidos de los ensayos de PDC* *12*
Tabla 4 *Clasificación del suelo según el CBR* *12*
Tabla 5 *Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.* *13*
Tabla 6 *Potencial expansivo de los suelos* *13*
Tabla 7 *Resultados obtenidos de los ensayos de PDC* *14*
Tabla 8 *Determinación de CBR de diseño* *15*

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 *Localización del sitio en estudio* _____ *7*
Figura 2 *Perfil estratigráfico para apique No.1* _____ *10*

INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar las condiciones de tránsito en las vías rurales del Municipio de Chiquinquirá Boyacá, se propuso la implementación de una estructura de pavimento que ofrezca mejores condiciones de tránsito, flujo vehicular en esta zona y comodidad para los habitantes, por tal motivo el presente informe contempla el estudio geotécnico que permite determinar las condiciones del terreno donde se va colocar la estructura, mostrando propiedades de resistencia, estratos, y tipo de materiales encontrados, que permitan establecer parámetros geotécnicos para llevar a cabo un correcto diseño de la estructura.

En el presente documento se da a conocer la descripción del estudio y metodología, presentando resultados de laboratorio, caracterización de materiales, y análisis de la capacidad de soporte de la sub-rasante, esto con el fin de establecer recomendaciones de diseño y construcción de la estructura de pavimento.

Se establecerán pequeños modelos topográficos, geológicos y geotécnicos, que permiten realizar el análisis de capacidad de soporte del sitio de estudio, involucrando los parámetros obtenidos y las diversas condiciones climáticas que se pueden presentar en la zona. En el modelo geotécnico de contempla la exploración de subsuelo de acuerdo al objetivo fijado para el sitio, que comprende la ejecución de apiques para vías terciarias, realizando ensayos de campo como el penetrómetro dinámico de cono PDC, recuperación de muestras alteradas, que serán llevadas al laboratorio, donde se hará la caracterización física general que abarca límites de consistencia, granulometría por lavado sobre tamiz 200, humedad natural, y ensayos de resistencia como PDC según el material encontrado, con esta información se podrán clasificar e identificar la estratigrafía del terreno encontrado y así poder dar recomendaciones de diseño.

1. OBJETIVOS

1.1. General

Realizar la exploración y estudio geotécnico del suelo de sub-rasante para él, diseño y construcción de la estructura de pavimento sobre un tramo de vía ubicado en la Vereda Sucre Occidental Tramo 2 del municipio de Chiquinquirá.

1.2. Específicos

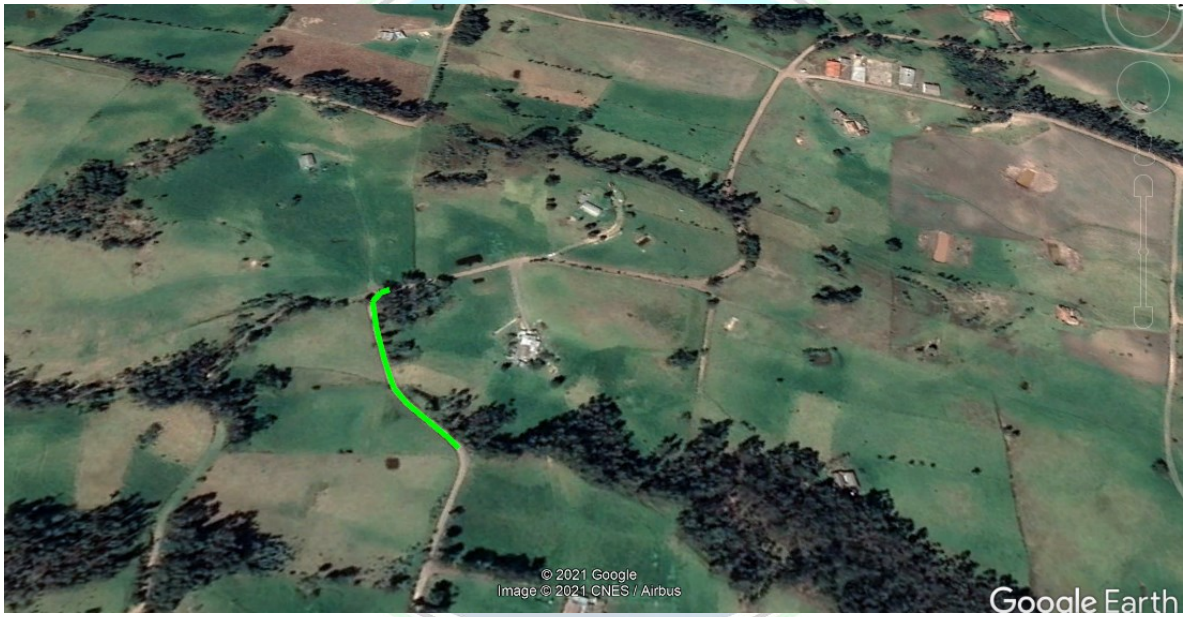
- Ejecutar la investigación del subsuelo mediante la realización de un (01) apique manual a 1.5 m de profundidad.
- Extraer muestras alteradas e inalteradas de los estratos presentes en la zona de estudio, si lo permite los materiales.
- Clasificar los estratos hallados en la zona de estudio, mediante el desarrollo de ensayos de laboratorio.
- Determinar las propiedades mecánicas de los suelos encontrados mediante la ejecución de ensayos de resistencia desarrollados en campo y en laboratorio.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación ante la solicitación de cargas estructurales.
- Formular una serie de recomendaciones que sean de gran utilidad en las fases de diseño y construcción para garantizar la estabilidad de la estructura proyectada.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1. Localización general

El proyecto se llevará a cabo en la vereda Sucre Occidental Tramo 2 del municipio de Chiquinquirá – Boyacá perteneciente a la provincia occidente en el departamento de Boyacá.

Figura 1 Localización del sitio en estudio



Fuente: Google Maps.

2.2. Exploración en campo

El director de la exploración seleccionó el sitio de perforación, para lo cual tuvo en cuenta que los apiques quedaran dentro del área de la vía a intervenir, con el fin detectar zonas con características especiales (existencia de material de relleno, flujos de agua sub superficial, variación del estrato superficial, entre otros).

Las actividades contemplan la exploración del subsuelo por medio de un (01) apique de ejecutado manualmente. De los cuales en su totalidad se extrajeron muestras representativas alteradas para determinar el contenido de humedad y para clasificación de los diferentes estratos encontrados, además se hizo el ensayo de campo mediante el equipo PDC.

Esto se definió basándose en la experiencia del ingeniero, donde se identificó la homogeneidad en los materiales encontrados.

En la siguiente tabla se presentan la profundidad máxima de exploración.

Tabla 1 Profundidades máximas de exploración

Perforación	Prof. máxima
Apique 1	1.5 m

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de exploración se recuperaron muestras inalteradas mediante probetas de CBR.

2.3. Ensayos de Laboratorio

Con el objetivo de realizar una caracterización del suelo de sub-rasante, se tomaron muestras alteradas para la ejecución de ensayos de laboratorio de humedad natural, lavado sobre tamiz No. 200, y límites de Atterberg.
Para determinar la resistencia del sub suelo se extrajeron muestras inalteradas, y se desarrollaron ensayos PDC en campo, en donde por medio de correlaciones geotécnicas de diferentes autores, se determinó la resistencia del material.

2.4. Nivel freático y aguas subterráneas

Durante el proceso de exploración no se evidencio presencia de nivel freático hasta la profundidad explorada.

2.5. Perfil estratigráfico

La exploración del subsuelo permitió establecer un perfil típico en la zona de estudio, el cual se describe a continuación.

2.5.1. Apique 1

Alcanzó una profundidad de 1.50 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes estratos.

- 0.00m – 0.10m: Material compuesto por una capa granular.
- 0.10m - 1.50m (AASTHO -A-4): Arcilla de color gris con visos naranjas.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del ensayo de clasificación practicado a las muestras analizadas.

Tabla 2 Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.

Perf.	*% Gravas*	*% Arenas*	*% Finos*	*LL (%)*	*LP (%)*
Apique 1	2.89	21.91	75.20	38.10	29.92
	18.51	12.51	68.97	38.35	29.52

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Perfil estratigráfico para apique No.1

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		**APIQUE 1**
LOCALIZACION	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 2	**DIRIGIDO A**	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ		

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	AASTHO	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0.0	0,0-0,		Capa granular											
0.1														
0.2	0,10-1,50		Arcilla de color gris con visos naranjas	A-4										
0.3														
0.4														
0.5					26.0	38.1	29.9	8.18	75.2	21.9	2.9			
0.6														
0.7														
0.8														
0.9														
1.0					28.1									3.12%
1.1														
1.2						38.3	29.5	8.83	18.5	12.5	69.0			
1.3														
1.4														
1.5					44.9									

Fuente: Elaboración propia

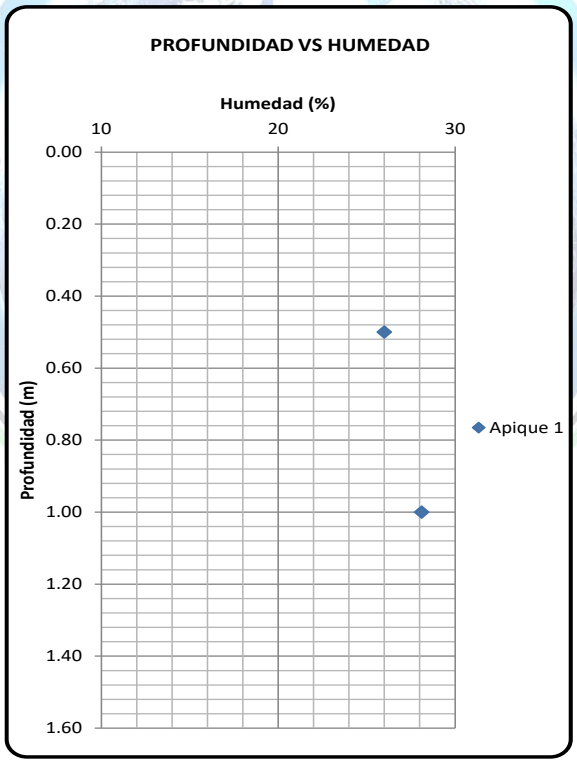
3. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta un análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio y campo desarrollados.

3.1. Humedad Natural

La humedad del suelo de fundación es un parámetro muy importante a tener en cuenta durante el desarrollo de un proyecto ingenieril, pues la consistencia y resistencia del suelo están ligados directamente al porcentaje de contenido de agua del mismo, es por esta razón que se generó la gráfica 1, en la cual se muestran los perfiles de humedades de los materiales extraídos durante la labor en campo.

Grafica 1 Perfil de humedad



Fuente: Elaboración propia

En La grafica anterior se puede apreciar que los niveles de humedad fluctúan entre el 25 y el 49 %, donde:

- Se presentan un incremento del contenido de humedad a medida que la profundidad incrementa. Esto significa flujos de agua subterráneos y una menor consistencia del suelo a mayor profundidad.

3.2. Resistencia

Una de las variables más influyentes en el diseño de la estructura de un pavimento es la resistencia del suelo de subrasante, en nuestro medio por factores económicos es habitual el empleo del ensayo del CBR para determinar dicha resistencia, en el presente estudio se adoptó el método del CBR por el ensayo PDC, el tramo vial.:

En la tabla 3, se ilustran el resultado obtenido.

Tabla 3 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*
1	3.1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Clasificación del suelo según el CBR

Clasificaciòn del suelo de acuerdo con el CBR

CBR (%)	Clasificaciòn 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

En términos de relación de soporte de California (CBR) y en condiciones de humedad natural, se adopta el escenario donde el suelo se encuentra en condiciones normales de humedad, siempre y cuando se garantice un correcto drenaje de la vía que se pretende construir donde se evitara al máximo la saturación de materiales de sub-rasante. De acuerdo a lo anterior los suelos que componen la sub-rasante se describen de la siguiente manera:

Apique 1. Se clasifica como un material **Pobre a Regular**, que puede usarse como material de sub rasante.

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

Los estratos conformados principalmente por partículas finas son susceptibles a presentar expansión, en este caso la mayoría son de tipo fino, por tanto, surge la necesidad de realizar un análisis del potencial expansivo a las pequeñas porciones de material fino que pueden llegar a presentar expansión ante la variación del contenido de humedad. Según la metodología propuesta por Holtz y Gibbs2, la cual es recomendada por INVIAS, el potencial expansivo de la sub rasante puede ser estimado con base en las características de plasticidad de los suelos bajo el siguiente criterio:

Tabla 5 Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.

Potencial Expansivo	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)
Alto	>60	>35
Marginal	50–60	25–35
Bajo	<50	<25

Fuente: INVIAS.

Tabla 6 Potencial expansivo de los suelos

Sondeo	*Profundidad (m)*	*SUCS*	*LL (%)*	*IP (%)*	*Potencial de Expansión*
Apique 1	0.50	ML	38.10	8.18	Bajo
	1.15	ML	38.35	8.83	Bajo

Fuente: Elaboración propia, con base en la tabla INVIAS.

Se observan valores bajos de potencial de expansión. Este valor es adecuado al tratarse de un material de contenido principal limoso, donde las arcillas existentes no ejercen gran capacidad de expansión debido a los contenidos presentes.

.

Vale la pena recordar que en el capítulo 10 del presente documento, se darán a conocer una serie de recomendaciones que tienen por objeto controlar la variación del contenido de humedad, evitando así, la ocurrencia de cambios volumétricos del suelo de fundación.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1. Características de la Subrasante

Las condiciones de resistencia de la sub-rasante, se determinan a partir de ensayos realizados en campo como CBR a partir de la prueba PDC. Estos resultados son de gran importancia donde deberá elegirse el valor adecuado para diseño de la estructura de pavimento tipo placa huella.

Con los resultados obtenidos que se muestran a continuación se determina lo siguiente:

Tabla 7 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*	*% CBR Inalterado*
		No Sumergido
1	3.12%	N/A

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que se presentan 1 apique en el tramo, donde a partir del resultado se encontraron materiales homogéneos y de buen comportamiento, por tanto, se determina realizar una sección de estructura de pavimento para toda la longitud en los diferentes tramos.

5.2. CBR de diseño a partir de criterio del percentil

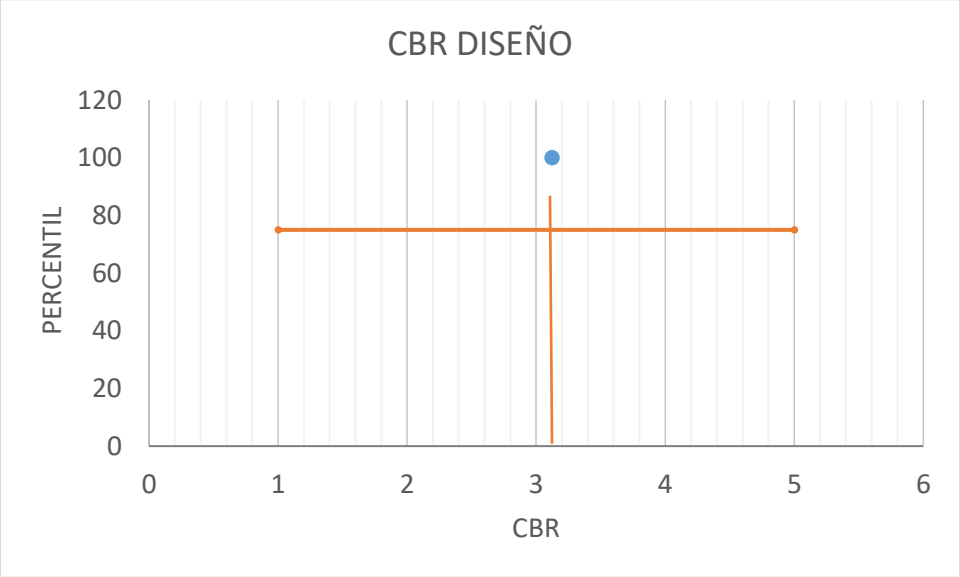
Según el criterio del Instituto del Asfalto los percentiles dependen del nivel de tránsito que presente la vía a ser diseñada. Para este caso de los tramos de vía rural en la vereda Sucre Occidental Tramo 2 del municipio de Chiquinquirá departamento de Boyacá, se cuenta con un tránsito aproximado a 1.0 x 10^6 ejes equivalentes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño de 20 años, lo que significa que se deberá determinar el CBR de diseño con el Percentil 75.

Tabla 8 Determinación de CBR de diseño

No.	CBR %	Valores ≥	%Valores ≥
1	3.12%	1	100

Fuente: Elaboración propia

Grafica 2 Determinación de CBR de diseño



Fuente: Elaboración propia

La determinación del CBR de diseño se realizó al porcentaje de valores ≥ correspondientes al 75%. Cabe aclarar que el valor de CBR de diseño aplica para todo el tramo de vía, debido a que las condiciones del suelo son similares en resistencia y caracterización geotécnica.

$$\boldsymbol{CBR\ DE\ DISEÑO = 3.12\ \%}$$

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a las características encontradas en los suelos y el diseño propuesto, se hacen las siguientes observaciones y recomendaciones.

5.4. Del Estudio Geotécnico

- ✓ La capacidad de soporte del suelo se determinó por medio del ensayo de PDC. De acuerdo a los valores de los límites plásticos, humedades de equilibrio, humedad natural y las condiciones propias de la región se recomienda diseñar la estructura del pavimento con CBR en condiciones normales de humedad a partir del ensayo PDC, siempre y cuando se garantice el drenaje adecuado para evitar saturación de las capas de suelo de subrasante.

- ✓ Se determinó que los materiales encontrados en la subrasante poseen un potencial expansivo bajo, indicando que la vía no es muy vulnerable a cambios de volumen drásticos, sin embargo, es importante evitar la condición de saturación.

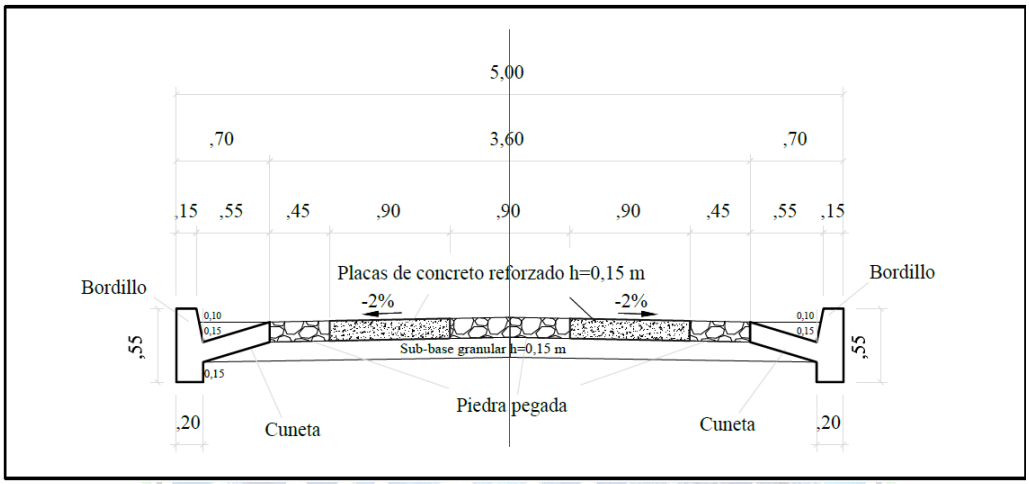
- ✓ El CBR de diseño que aplica para toda la longitud de la vía, por la similitud de condiciones geotécnicas y de resistencia, es de **3.12%,** indicando que no requiere de mejoramiento previo del terreno.

- ✓ La resistencia de los materiales que servirán como soporte de la estructura de pavimento, a partir del CBR de diseño cumplen con el valor mínimo exigido del 3% por lo que no requieran mejoramiento de la sub rasante

5.5. De la Estructura de Pavimento

- ✓ La metodología de diseño que se debe emplear es por medio de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella propuesta por el INVIAS en el año 2015, donde se involucran las variables de diseño como tránsito, capacidad de soporte de la subrasante, resistencia del concreto y de los materiales empleados con agregados y barras de acero.

- ✓ El sistema típico de la estructura, está compuesto por una capa de subbase con materiales adecuados que cumplan las especificaciones del INVIAS, y sobre esta un par de placas de concreto reforzado, intercaladas con una mezcla de concreto ciclópeo con cantos rodados junto con sus bordillos y cunetas. Esto con el fin de garantizar condiciones satisfactorias de circulación durante su periodo de servicio.



- ✓ Para garantizar la estabilidad de la estructura se recomienda primero rectificar el perfil longitudinal de tal manera que sea aceptable con pequeñas correcciones en las curvas verticales, esto puede hacerse con un material de afirmado.

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

5.6. De las Condiciones de Drenaje

- ✓ Para garantizar la recolección y evacuación de las aguas de escorrentía producto de las aguas pluviales se debe contemplar una red eficiente de drenajes como filtros, cunetas y alcantarillas que estén ubicados estratégicamente de acuerdo a los diseños hidráulicos ya que estos no se encuentran dentro del alcance del presente estudio.

- ✓ Deberá garantizarse la compactación de la sub-rasante antes de la aplicación de las capas de la estructura a diseñar, con el fin de impermeabilizar las capas inferiores con el material de sub-rasante.

- ✓ El pavimento garantizara un buen desempeño en su periodo de diseño siempre y cuando se garantice la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales de la vía.

5.7. Generales

- ✓ Para que la estructura se mantenga dentro de las condiciones de durabilidad seguridad y confort para los usuarios, es recomendable hacer un seguimiento al pavimento mediante inspecciones visuales que permitan identificar deterioros que puedan ser corregidos a tiempo y programar mantenimientos preventivos para no incurrir en gastos elevados a futuro.

- ✓ Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.

Fecha de Realización	Descripción	Realizó
29 / 01 / 2021	Informe Geotécnico	**Ing. Luis Fernando Rangel V.** MP. 25202-322135 CND

ANEXO

ENSAYOS DE LABORATORIO

HOJA Nº 1
DE: 4

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 2	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD**	INDICADA
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	29/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO		

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

APIQUE	**1**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0.50	H16	4.50	96.60	77.60	25.99
1.00	206	6.30	111.60	88.50	28.10
1.50	21B	5.70	118.70	83.70	44.87

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

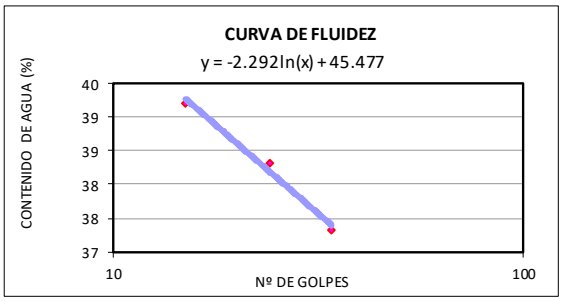
HOJA Nº 2
DE: 4

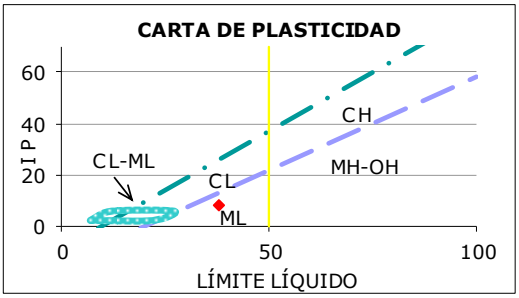
PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 2	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	0.50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	29/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	34	24	15
RECIPIENTE Nº	14L	11AB	129L
PESO RECIPIENTE (g)	15.66	12.98	15.73
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	35.42	35.14	37.67
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	30.05	29.00	31.49
CONTENIDO DE AGUA (%)	37.32	38.33	39.21

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	29P	17A
PESO RECIPIENTE (g)	8.36	6.94
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	16.56	13.80
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14.66	12.23
CONTENIDO DE AGUA (%)	30.16	29.68





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	13
W PLATÓN (g)	37.56
W PLATÓN + M.S.L (g)	231.56
W PLATÓN + M.D.L (g)	85.67
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	5.60

LÍMITE LÍQUIDO:	**38.10**
LÍMITE PLÁSTICO:	**29.92**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**8.18**
% GRAVAS	**2.89**
% ARENAS	**21.91**
% PASA No. 200	**75.20**

AASTHO	
A-4	Suelos limosos

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

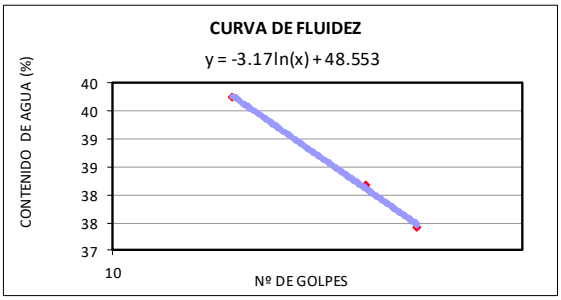
HOJA Nº 3
DE: 4

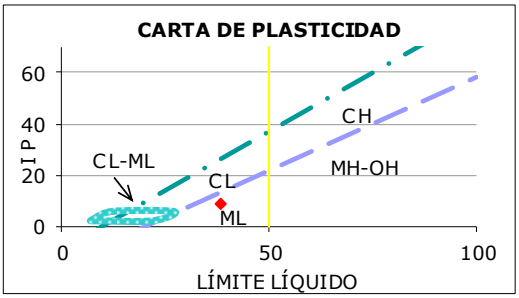
PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 2	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.15
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	29/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	33	27	16
RECIPIENTE Nº	35L	H53	08A
PESO RECIPIENTE (g)	14.87	16.32	17.54
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	37.68	38.43	39.13
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	31.47	32.32	32.99
CONTENIDO DE AGUA (%)	37.41	38.19	39.74

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	21A	20
PESO RECIPIENTE (g)	8.10	7.48
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	15.73	15.12
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	13.99	13.38
CONTENIDO DE AGUA (%)	29.54	29.49





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	23
W PLATÓN (g)	45.10
W PLATÓN + M.S.L (g)	218.50
W PLATÓN + M.D.L (g)	98.90
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	32.10

LÍMITE LÍQUIDO:	**38.35**
LÍMITE PLÁSTICO:	**29.52**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**8.83**
% GRAVAS	**18.51**
% ARENAS	**12.51**
% PASA No. 200	**68.97**

AASTHO	
A-4	Suelos limosos

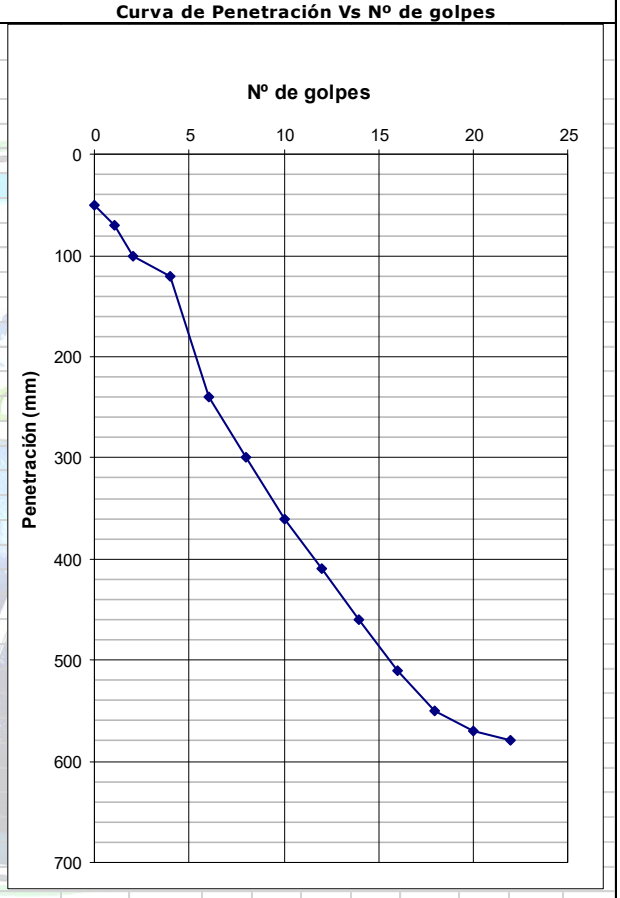
ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 2		
APIQUE :	1	**Prof. (m):**	0.90
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	29/01/2021

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	50	20.0	3.1
1	1	70	20.0	3.1
1	2	100	30.0	2.4
2	4	120	10.0	4.8
2	6	240	60.0	1.6
2	8	300	30.0	2.4
2	10	360	30.0	2.4
2	12	410	25.0	2.7
2	14	460	25.0	2.7
2	16	510	25.0	2.7
2	18	550	20.0	3.1
2	20	570	10.0	4.8
2	22	580	5.0	7.4
2	24	590	5.0	7.4
2	26	630	20.0	3.1
2	28	660	15.0	3.7
2	30	690	15.0	3.7
2	32	710	10.0	4.8
2	34	740	15.0	3.7
2	36	760	10.0	4.8

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-445	P1	20.0	3.1%

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

FWF GEOINGENIERIA S.A.S
NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y CONSTRUCCION

2021

ESTUDIO GEOTÉCNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ
VEREDA VARELA 2



FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Barbosa Santander.

29-1-2021

ESTUDIO GEOTÉNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ

Localización:
VEREDA VARELA 2
CHIQUINQUIRÁ BOYACÁ

Elaborado por:
FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Dirigido a:
ALCALDÍA DE CHIQUINQUIRÁ

BARBOSA SANTANDER
2021

CARRERA 7 # 5C-43 AVENIDA DE LAS AMÉRICAS BARBOSA SANTANDER- COLOMBIA
CONTACTOS: 3144615974 – 3112191382 – 3115399142
E-mail: fwfgeoingenieria@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 6

1. OBJETIVOS 7

1.1. GENERAL 7
1.2. ESPECÍFICOS 7

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO 8

2.1. LOCALIZACIÓN GENERAL 8
2.2. EXPLORACIÓN EN CAMPO 9
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO 9
2.4. NIVEL FREÁTICO Y AGUAS SUBTERRÁNEAS 10
2.5. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 10
2.5.1. APIQUE 1 10
2.5.2. APIQUE 2 10

3. ANALISIS DE RESULTADOS 13

3.1. HUMEDAD NATURAL 13
3.2. RESISTENCIA 14

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 16

5. PARÁMETROS DE DISEÑO 18

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE 18
5.2. CBR DE DISEÑO A PARTIR DE CRITERIO DEL PERCENTIL 18

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 20

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Profundidades máximas de exploración 9
Tabla 2 Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación....11
Tabla 3 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC 14
Tabla 4 Resultados obtenidos de los ensayos de CBR con clasificación SUCS .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 5 Clasificación del suelo según el CBR 14
Tabla 6 Clasificación de potencial de expansión según INVIAS. 16
Tabla 7 Potencial expansivo de los suelos 16
Tabla 8 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC 18
Tabla 9 Determinación de CBR de diseño.....19

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 *Localización del sitio en estudio _____8*
Figura 2 *Perfil estratigráfico para apique No.1_____11*
Figura 3 *Perfil estratigráfico para apique No.2 _____12*

INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar las condiciones de tránsito en las vías rurales del Municipio de Chiquinquirá Boyacá, se propuso la implementación de una estructura de pavimento que ofrezca mejores condiciones de tránsito, flujo vehicular en esta zona y comodidad para los habitantes, por tal motivo el presente informe contempla el estudio geotécnico que permite determinar las condiciones del terreno donde se va colocar la estructura, mostrando propiedades de resistencia, estratos, y tipo de materiales encontrados, que permitan establecer parámetros geotécnicos para llevar a cabo un correcto diseño de la estructura.

En el presente documento se da a conocer la descripción del estudio y metodología, presentando resultados de laboratorio, caracterización de materiales, y análisis de la capacidad de soporte de la sub-rasante, esto con el fin de establecer recomendaciones de diseño y construcción de la estructura de pavimento.

Se establecerán pequeños modelos topográficos, geológicos y geotécnicos, que permiten realizar el análisis de capacidad de soporte del sitio de estudio, involucrando los parámetros obtenidos y las diversas condiciones climáticas que se pueden presentar en la zona. En el modelo geotécnico de contempla la exploración de subsuelo de acuerdo al objetivo fijado para el sitio, que comprende la ejecución de apiques para vías terciarias, realizando ensayos de campo como el penetrómetro dinámico de cono PDC, recuperación de muestras alteradas, que serán llevadas al laboratorio, donde se hará la caracterización física general que abarca límites de consistencia, granulometría por lavado sobre tamiz 200, humedad natural, y ensayos de resistencia como CBR inalterado y CBR de laboratorio según el material encontrado, con esta información se podrán clasificar e identificar la estratigrafía del terreno encontrado y así poder dar recomendaciones de diseño.

1. OBJETIVOS

1.1. General

Realizar la exploración y estudio geotécnico del suelo de sub-rasante para él, diseño y construcción de la estructura de pavimento sobre un tramo de vía ubicado en la Vereda Varela 2 Sector vuelta Larga del municipio de Chiquinquirá.

1.2. Específicos

- Ejecutar la investigación del subsuelo mediante la realización de dos (02) apiques manuales a 1.5 m de profundidad.
- Extraer muestras alteradas e inalteradas de los estratos presentes en la zona de estudio, si lo permite los materiales.
- Clasificar los estratos hallados en la zona de estudio, mediante el desarrollo de ensayos de laboratorio.
- Determinar las propiedades mecánicas de los suelos encontrados mediante la ejecución de ensayos de resistencia desarrollados en campo y en laboratorio.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación ante la solicitación de cargas estructurales.
- Formular una serie de recomendaciones que sean de gran utilidad en las fases de diseño y construcción para garantizar la estabilidad de la estructura proyectada.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1. Localización general

El proyecto se llevará a cabo en la vereda Varela 2 – Sector Vuelta larga del municipio de Chiquinquirá – Boyacá perteneciente a la provincia occidente en el departamento de Boyacá.

Figura 1 Localización del sitio en estudio



Fuente: Google Maps.

2.2. Exploración en campo

El director de la exploración seleccionó cada uno de los sitios de perforación, para lo cual tuvo en cuenta que los apiques quedaran dentro del área de la vía a intervenir, con el fin detectar zonas con características especiales (existencia de material de relleno, flujos de agua sub superficial, variación del estrato superficial, entre otros).

Las actividades contemplan la exploración del subsuelo por medio de dos (02) apiques de ejecutados manualmente. De los cuales en su totalidad se extrajeron muestras representativas alteradas para determinar el contenido de humedad y para clasificación de los diferentes estratos encontrados, además se hizo el ensayo de campo mediante el equipo PDC.

Esto se definió basándose en la experiencia del ingeniero, donde se identificó la homogeneidad en los materiales encontrados.

En la siguiente tabla se presentan las profundidades máximas de cada exploración.

Tabla 1 Profundidades máximas de exploración

Perforación	Prof. máxima
Apique 1	1.5 m
Apique 2	1.5 m

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de exploración se recuperaron muestras inalteradas mediante probetas de CBR.

2.3. Ensayos de Laboratorio

Con el objetivo de realizar una caracterización del suelo de sub-rasante, se tomaron muestras alteradas para la ejecución de ensayos de laboratorio de humedad natural, lavado sobre tamiz No. 200, y límites de Atterberg.

Para determinar la resistencia del sub suelo se extrajeron muestras inalteradas, y se desarrollaron ensayos PDC en campo, en donde por medio de correlaciones geotécnicas de diferentes autores, se determinó la resistencia del material.

2.4. Nivel freático y aguas subterráneas

Durante el proceso de exploración no se evidencio presencia de nivel freático hasta la profundidad explorada.

2.5. Perfil estratigráfico

La exploración del subsuelo permitió establecer un perfil típico en la zona de estudio, el cual se describe a continuación.

2.5.1. Apique 1

Alcanzó una profundidad de 1.50 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes estratos.

- 0.00m – 0,20m (SUCS –): Material de relleno antrópico.
- 0.20m – 0,60m (SUCS – CL): Limo de color café con presencia de grava, consistencia firme y bajo contenido de humedad.
- 0.60m – 1.50m (SUCS – SM): Arena limosa de color café con betas amarillas con contenido de humedad medio.

2.5.2. Apique 2

Alcanzó una profundidad de 1.5 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes materiales.

- 0.00m – 0.20m: Material conformado por una capa granular.

- 0.20m – 0,70m (SUCS – CL): Arcilla de color café con presencia de grava, de baja plasticidad con bajo contenido de humedad.

- 0.70m – 1,50m (SUCS – CL): Arcilla de baja plasticidad con contenido de humedad medio.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación practicados a cada una de las muestras analizadas.

Tabla 2 Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.

Perf.	*% Gravas*	*% Arenas*	*% Finos*	*LL (%)*	*LP (%)*
Apique 1	2,36	12,32	85,32	45,96	23,75
	0,96	66,51	32,53	47,32	29,43
Apique 2	0,16	28,49	71,34	38,31	17,92
	0,61	24,82	74,57	40,21	19,35

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Perfil estratigráfico para apique No.1

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL,			**APIQUE 1**
LOCALIZACION	VEREDA VARELA 2	**DIRIGIDO A**	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ			

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	SUCS	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0,0			Material granular tipo recebo con arena limosa color café de consistencia firme con bajo											
0,1														
0,2														
0,3														
0,4														
0,5	1,5		Material compuesto por arena limosa color café de consistencia firme con bajo contenido de humedad.	SM	33,2	45,96	23,75	22,21	85,3	12,3	2,4			
0,6														
0,7														
0,8														
0,9														
1,0					30,7	47,32	29,43	17,89	32,5	66,5	1,0			
1,1													-	3,2%
1,2														
1,3														
1,4														
1,5														

Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Perfil estratigráfico para apique No.2

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCION DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL			**APIQUE 2**
LOCALIZACION	VEREDA VARELA 2	**DIRIGIDO A**	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ			

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	SUCS	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0,0														
0,1	0,3		Material granular tipo recebo											
0,2														
0,3														
0,4					29,3	38,3	17,9	20,4	71,3	28,5	0,2			
0,5														
0,6														
0,7														
0,8			Arcilla de baja plasticidad con arena color café de consistencia firme con bajo contenido de humedad.	CL									-	
0,9	1,2				22,1	40,2	19,3	20,9	74,6	24,8	0,6			5,0%
1,0														
1,1														
1,2														
1,3														
1,4														

Fuente: Elaboración propia

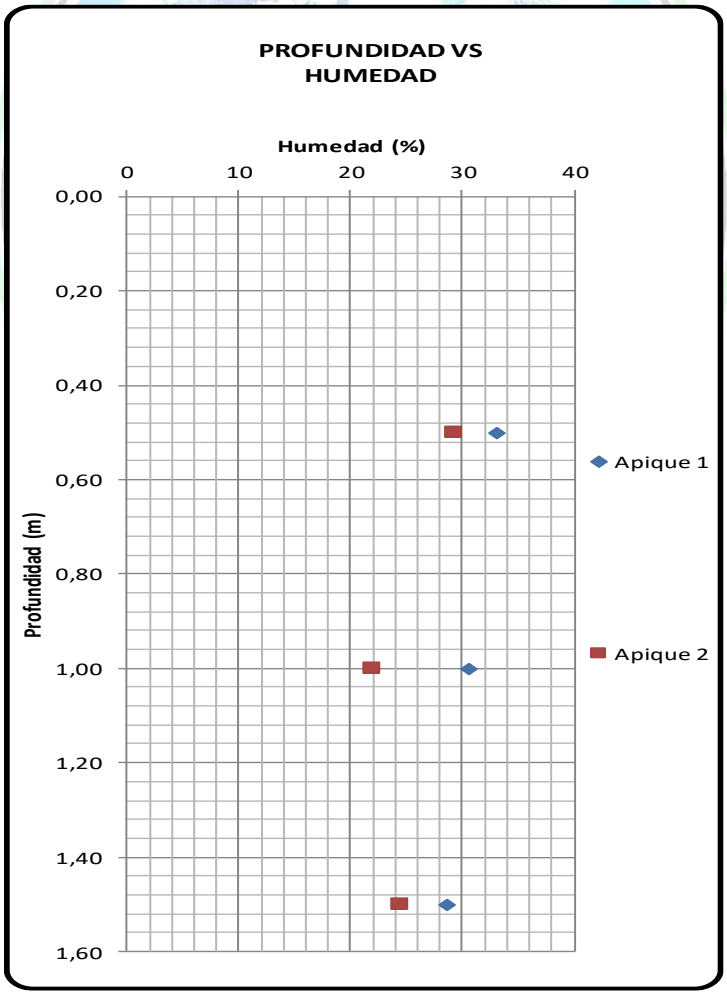
3. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta un análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio y campo desarrollados.

3.1. Humedad Natural

La humedad del suelo de fundación es un parámetro muy importante a tener en cuenta durante el desarrollo de un proyecto ingenieril, pues la consistencia y resistencia del suelo están ligados directamente al porcentaje de contenido de agua del mismo, es por esta razón que se generó la gráfica 1, en la cual se muestran los perfiles de humedades de los materiales extraídos durante la labor en campo.

Grafica 1 Perfil de humedad



Fuente: Elaboración propia

En La grafica anterior se puede apreciar que los niveles de humedad fluctúan entre el 22 y el 34 %, donde:

- Se presentan valores bajos a profundidades de 0,50 m, a medida que se aumenta la profundidad se observa un incremento del contenido de humedad, debido al flujo de agua subterránea que viene de la zona de la ladera. Las condiciones de humedad son favorables para las condiciones de resistencia del suelo.

3.2. Resistencia

Una de las variables más influyentes en el diseño de la estructura de un pavimento es la resistencia del suelo de subrasante, en nuestro medio por factores económicos es habitual el empleo del ensayo del CBR para determinar dicha resistencia, en el presente estudio se adoptó el método del CBR por el ensayo PDC, el tramo vial.:

En la tabla 3, se ilustran los resultados obtenidos.

Tabla 3 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promed*
1	3,2%
2	5,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Clasificación del suelo según el CBR

Clasificaciòn del suelo de acuerdo con el CBR

CBR (%)	Clasificaciòn 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

En términos de relación de soporte de California (CBR) y en condiciones de humedad natural, se adopta el escenario donde el suelo se encuentra en condiciones normales de humedad, siempre y cuando se garantice un correcto drenaje de la vía que se pretende construir donde se evitara al máximo la saturación de materiales de sub-rasante. De acuerdo a lo anterior los suelos que componen la sub-rasante se describen de la siguiente manera:

Apique 1. Se clasifica como un material **Pobre a Regular**, que puede usarse como material de sub rasante.

Apique 2. Se clasifica como un material **Muy Pobre**, que puede usarse como material de sub rasante.

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

Los estratos conformados principalmente por partículas finas son susceptibles a presentar expansión, en este caso la mayoría son de tipo fino, por tanto, surge la necesidad de realizar un análisis del potencial expansivo a las pequeñas porciones de material fino que pueden llegar a presentar expansión ante la variación del contenido de humedad.

Según la metodología propuesta por Holtz y Gibbs2, la cual es recomendada por INVIAS, el potencial expansivo de la sub rasante puede ser estimado con base en las características de plasticidad de los suelos bajo el siguiente criterio:

Tabla 5 Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.

Potencial Expansivo	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)
Alto	>60	>35
Marginal	50–60	25–35
Bajo	<50	<25

Fuente: INVIAS.

Tabla 6 Potencial expansivo de los suelos

Sondeo	*Profundidad (m)*	*SUCS*	*LL (%)*	*IP (%)*	*Potencial de Expansión*
Apique 1	0,40	CL	45,96	22,21	Bajo
	1,00	SM	47,32	17,89	Marginal
Apique 2	0,50	CL	38,31	20,39	Bajo
	1,00	CL	40,21	20,86	Bajo

Fuente: Elaboración propia, con base en la tabla INVIAS.

La expansividad es un problema asociado al comportamiento de los suelos conformados principalmente por partículas finas. En la tabla anterior se puede encontrar que los materiales hallados en la zona de ejecución presentan condiciones de expansión de Alto a Bajo que corresponden a una arcilla de alta

plasticidad, indicando que es probable que se vea afectado por la infiltración de aguas subterráneas o incrementos de nivel freático.

Vale la pena recordar que en el capítulo 10 del presente documento, se darán a conocer una serie de recomendaciones que tienen por objeto controlar la variación del contenido de humedad, evitando así, la ocurrencia de cambios volumétricos del suelo de fundación.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1. Características de la Subrasante

Las condiciones de resistencia de la sub-rasante, se determinan a partir de ensayos realizados en campo como CBR a partir de la prueba PDC. Estos resultados son de gran importancia donde deberá elegirse el valor adecuado para diseño de la estructura de pavimento tipo placa huella.

Con los resultados obtenidos que se muestran a continuación se determina lo siguiente:

Tabla 7 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*	*% CBR Inalterado*
		No Sumergido
1	3,19%	N/A
2	4,95%	N/A

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que se presentan 2 apiques dentro del mismo tramo, donde a partir de los resultados se encontraron materiales homogéneos con características similares en comportamiento, por lo tanto, se determina realizar una sección de estructura de pavimento para toda la longitud en los diferentes tramos.

5.2. CBR de diseño a partir de criterio del percentil

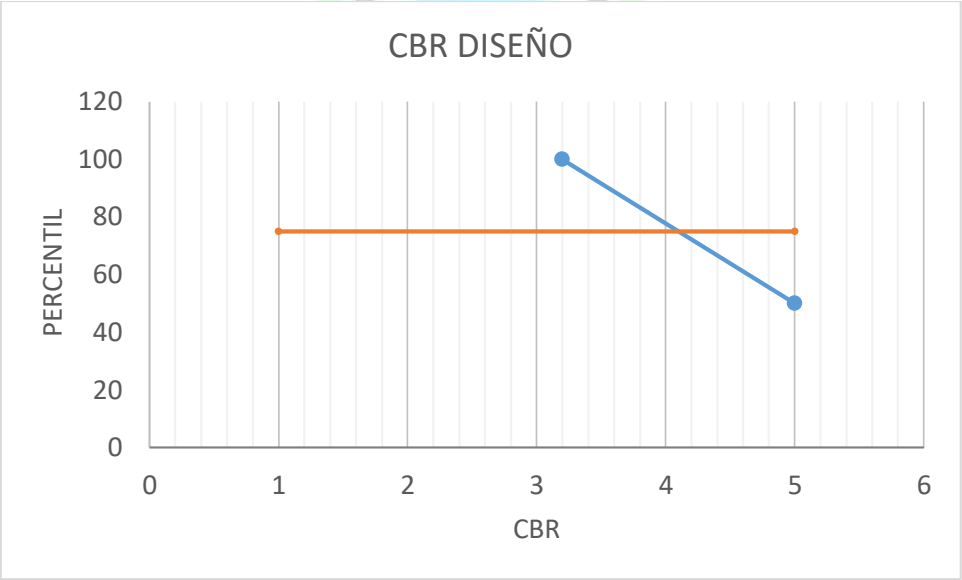
Según el criterio del Instituto del Asfalto los percentiles dependen del nivel de tránsito que presente la vía a ser diseñada. Para este caso de los tramos de vía rural en la vereda Córdoba sector Cofre del municipio de Chiquinquirá departamento de Boyacá, se cuenta con un tránsito aproximado a 1.0×10^6 ejes equivalentes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño de 20 años, lo que significa que se deberá determinar el CBR de diseño con el Percentil 75.

Tabla 8 Determinación de CBR de diseño

N° (1)	N° (2) CBR	N° (3) CBR ORDENADO	N° (4) > 0 =	N° (5) > 0 =
1	3,19	3,19	50	1
2	4,95	4,95	100	2

Fuente: Elaboración propia

Grafica 2 Determinación de CBR de diseño



Fuente: Elaboración propia

La determinación del CBR de diseño se realizó al porcentaje de valores ≥ correspondientes al 75%. Cabe aclarar que el valor de CBR de diseño aplica para todo el tramo de vía, debido a que las condiciones del suelo son similares en resistencia y caracterización geotécnica.

$$\boldsymbol{CBR\ DE\ DISEÑO = 4.05\ \%}$$

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a las características encontradas en los suelos y el diseño propuesto, se hacen las siguientes observaciones y recomendaciones.

5.4. Del Estudio Geotécnico

- ✓ La capacidad de soporte del suelo se determinó por medio del ensayo de PDC. De acuerdo a los valores de los límites plásticos, humedades de equilibrio, humedad natural y las condiciones propias de la región se recomienda diseñar la estructura del pavimento con CBR en condiciones normales de humedad a partir del ensayo PDC, siempre y cuando se garantice el drenaje adecuado para evitar saturación de las capas de suelo de subrasante.

- ✓ Se determinó que los materiales encontrados en la subrasante poseen un potencial expansivo bajo, indicando que la vía no es muy vulnerable a cambios de volumen drásticos, sin embargo, es importante evitar la condición de saturación.

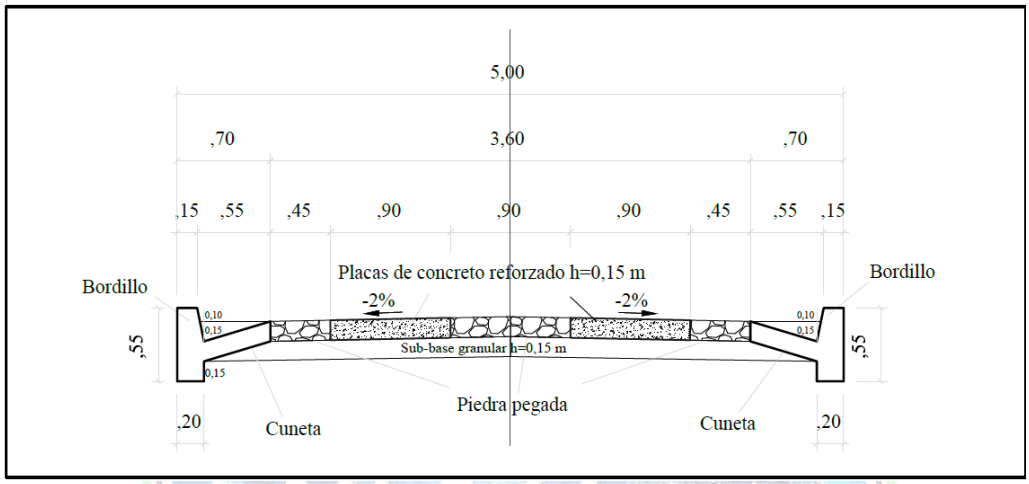
- ✓ El CBR de diseño que aplica para toda la longitud de la vía, por la similitud de condiciones geotécnicas y de resistencia, es de **4.05%,** indicando que no requiere de mejoramiento previo del terreno.

- ✓ La resistencia de los materiales que servirán como soporte de la estructura de pavimento, a partir del CBR de diseño cumplen con el valor mínimo exigido del 3% para que no requieran mejoramiento de la sub rasante

5.5. De la Estructura de Pavimento

- ✓ La metodología de diseño que se debe emplear es por medio de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella propuesta por el INVIAS en el año 2015, donde se involucran las variables de diseño como tránsito, capacidad de soporte de la subrasante, resistencia del concreto y de los materiales empleados con agregados y barras de acero.

- ✓ El sistema típico de la estructura, está compuesto por una capa de subbase con materiales adecuados que cumplan las especificaciones del INVIAS, y sobre esta un par de placas de concreto reforzado, intercaladas con una mezcla de concreto ciclópeo con cantos rodados junto con sus bordillos y cunetas. Esto con el fin de garantizar condiciones satisfactorias de circulación durante su periodo de servicio.



- ✓ Para garantizar la estabilidad de la estructura se recomienda primero rectificar el perfil longitudinal de tal manera que sea aceptable con pequeñas correcciones en las curvas verticales, esto puede hacerse con un material de afirmado.

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

5.6. De las Condiciones de Drenaje

- ✓ Para garantizar la recolección y evacuación de las aguas de escorrentía producto de las aguas pluviales se debe contemplar una red eficiente de drenajes como filtros, cunetas y alcantarillas que estén ubicados estratégicamente de acuerdo a los diseños hidráulicos ya que estos no se encuentran dentro del alcance del presente estudio.

- ✓ Deberá garantizarse la compactación de la sub-rasante antes de la aplicación de las capas de la estructura a diseñar, con el fin de impermeabilizar las capas inferiores con el material de sub-rasante.

- ✓ El pavimento garantizara un buen desempeño en su periodo de diseño siempre y cuando se garantice la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales de la vía.

5.7. Generales

- ✓ Para que la estructura se mantenga dentro de las condiciones de durabilidad seguridad y confort para los usuarios, es recomendable hacer un seguimiento al pavimento mediante inspecciones visuales que permitan identificar deterioros que puedan ser corregidos a tiempo y programar mantenimientos preventivos para no incurrir en gastos elevados a futuro.

- ✓ Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.

Fecha de Realización	Descripción	Realizó
29 / 01 / 2021	Informe Geotécnico	**Ing. Luis Fernando Rangel V.** MP. 25202-322135 CND

ANEXO

ENSAYOS DE LABORATORIO

HOJA Nº 1
DE: 9

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTECNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL,		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2	**APIQUE**	1 AL 2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD**	INDICADA
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	20/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO		

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

APIQUE	**1**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0,50	2A	5,70	127,40	97,10	33,15
1,00	9A	5,60	150,30	116,30	30,71
1,50	H7	5,80	119,30	94,00	28,68

APIQUE	**2**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0,50	14B	5,90	106,90	84,00	29,32
1,00	13A	5,30	128,30	106,00	22,14
1,50	21A	6,00	122,50	99,50	24,60

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

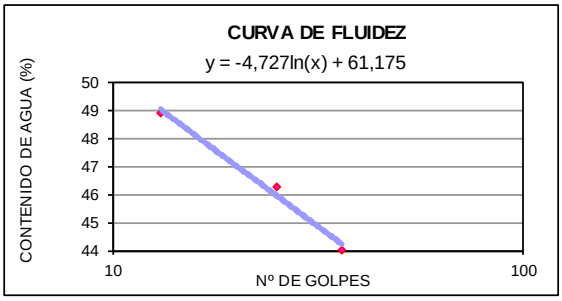
HOJA Nº 2
DE: 9

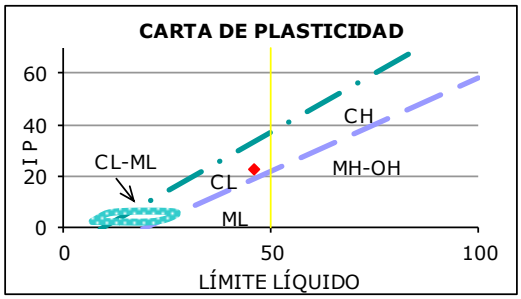
PROYECTO:	RURAL,		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	0,40
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	21/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NUMERO DE GOLPES	36	25	13
RECIPIENTE Nº	1A	H58	15A
PESO RECIPIENTE (g)	15,45	15,73	17,54
PESO RECIPIENTE +SUELO HUMEDO (g)	36,26	38,89	41,13
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	29,90	31,56	33,38
CONTENIDO DE AGUA (%)	44,01	46,30	48,93

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	10A	6A
PESO RECIPIENTE (g)	7,07	6,86
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,12	13,88
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,78	12,52
CONTENIDO DE AGUA (%)	23,47	24,03





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	F10
W PLATÓN (g)	32,10
W PLATÓN + M.S.L (g)	201,70
W PLATÓN + M.D.L (g)	57,00
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	4,00

LÍMITE LÍQUIDO:	**45,96**
LÍMITE PLÁSTICO:	**23,75**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**22,21**
% GRAVAS	**2,36**
% ARENAS	**12,32**
% PASA No. 200	**85,32**

SUCS	
CL	Arcilla de baja plasticidad con arena

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

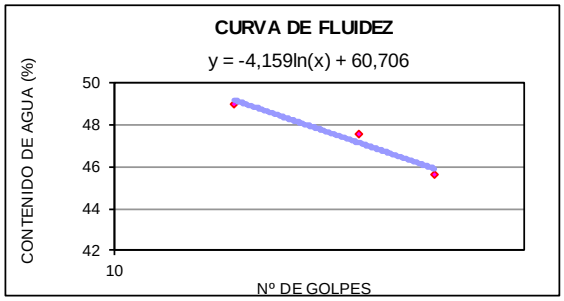
HOJA Nº 3
DE: 9

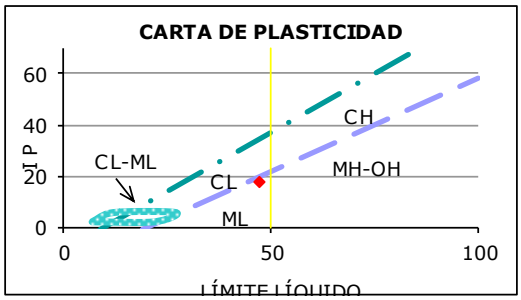
PROYECTO:	RURAL,		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1,00
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	21/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NUMERO DE GOLPES	35	26	16
RECIPIENTE Nº	12GL	30L	11L
PESO RECIPIENTE (g)	15,63	15,26	15,05
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	36,97	35,89	37,09
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	30,28	29,24	29,84
CONTENIDO DE AGUA (%)	45,67	47,57	49,02

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	8A	7A
PESO RECIPIENTE (g)	7,07	7,02
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,31	14,47
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,65	12,79
CONTENIDO DE AGUA (%)	29,75	29,12





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	9
W PLATÓN (g)	36,80
W PLATÓN + M.S.L (g)	286,40
W PLATÓN + M.D.L (g)	205,20
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	2,40

LÍMITE LÍQUIDO:	**47,32**
LÍMITE PLÁSTICO:	**29,43**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**17,89**
% GRAVAS	**0,96**
% ARENAS	**66,51**
% PASA No. 200	**32,53**

SUCS	
SM	Arena limosa

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

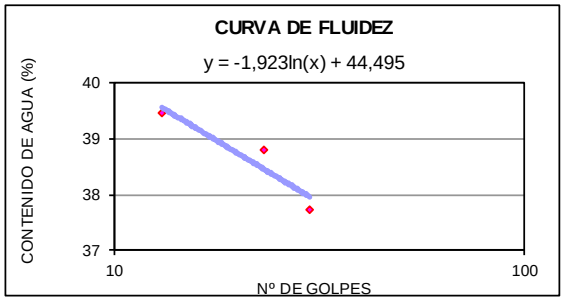
HOJA Nº 4
DE: 9

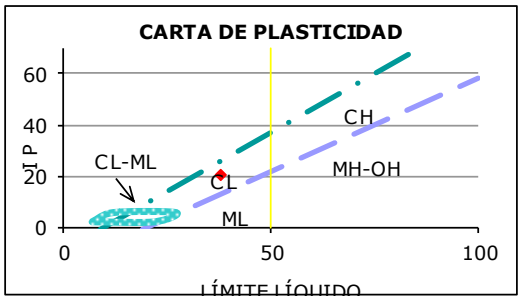
PROYECTO:	RURAL,		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2	**APIQUE**	2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	0,50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	21/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	23	13
RECIPIENTE Nº	16l	26A	H56
PESO RECIPIENTE (g)	15,25	14,57	17,34
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	40,40	39,65	41,09
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	33,51	32,64	34,37
CONTENIDO DE AGUA (%)	37,73	38,79	39,46

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	H66	18
PESO RECIPIENTE (g)	7,95	7,62
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	15,95	15,41
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14,69	14,27
CONTENIDO DE AGUA (%)	18,69	17,14





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	29
W PLATÓN (g)	43,20
W PLATÓN + M.S.L (g)	226,40
W PLATÓN + M.D.L (g)	95,70
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	0,30

LÍMITE LÍQUIDO:	**38,31**
LÍMITE PLÁSTICO:	**17,92**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**20,39**
% GRAVAS	**0,16**
% ARENAS	**28,49**
% PASA No. 200	**71,34**

SUCS	
CL	Arcilla de baja plasticidad con arena

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

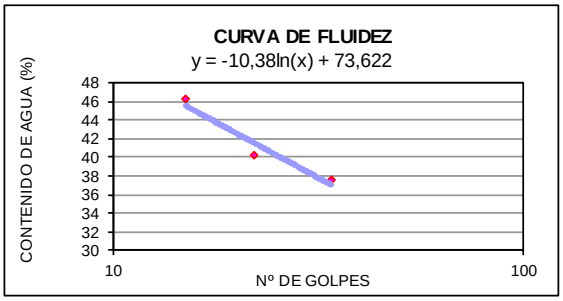
HOJA Nº 5
DE: 9

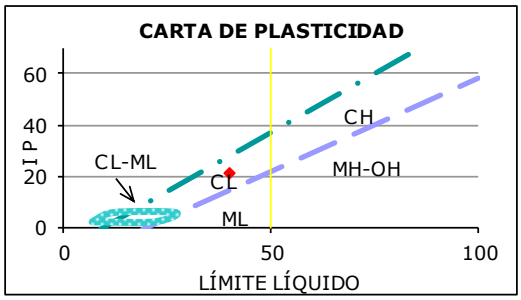
PROYECTO:	RURAL,		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2	**APIQUE**	2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1,00
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	21/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	34	22	15
RECIPIENTE Nº	D	31L	39L
PESO RECIPIENTE (g)	16,15	16,13	14,84
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	40,53	39,95	39,73
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	33,86	33,12	31,86
CONTENIDO DE AGUA (%)	37,66	40,20	46,24

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	H67	19P
PESO RECIPIENTE (g)	7,57	8,34
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	15,29	16,72
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14,04	15,36
CONTENIDO DE AGUA (%)	19,32	19,37





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	201
W PLATÓN (g)	48,20
W PLATÓN + M.S.L (g)	246,40
W PLATÓN + M.D.L (g)	98,60
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	1,20

LÍMITE LÍQUIDO:	**40,21**
LÍMITE PLÁSTICO:	**19,35**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**20,86**
% GRAVAS	**0,61**
% ARENAS	**24,82**
% PASA No. 200	**74,57**

CLASIFICACION AASHTO	
CL	Arcilla de baja plasticidad con arena

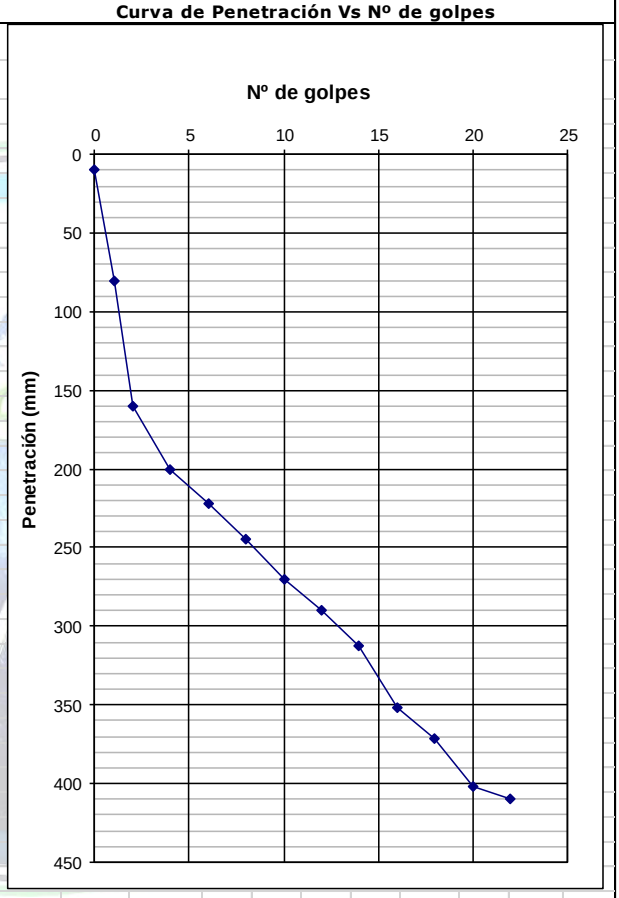
ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL,		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2		
APIQUE :	1	**Prof. (m):**	0,90
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	20/01/2021

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	10	70,0	1,4
1	1	80	70,0	1,4
1	2	160	80,0	1,3
2	4	200	20,0	3,1
2	6	222	11,0	4,5
2	8	245	11,5	4,4
2	10	270	12,5	4,2
2	12	290	10,0	4,8
2	14	312	11,0	4,5
2	16	352	20,0	3,1
2	18	371	9,5	5,0
2	20	402	15,5	3,7
2	22	410	4,0	8,5
2	24	430	10,0	4,8
2	26	444	7,0	6,0
2	28	450	3,0	10,1
2	30	461	5,7	6,8
2	32	471	5,0	7,4
2	34	481	5,0	7,4
2	36	491	5,0	7,4

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-445	P1	19,3	3,2%

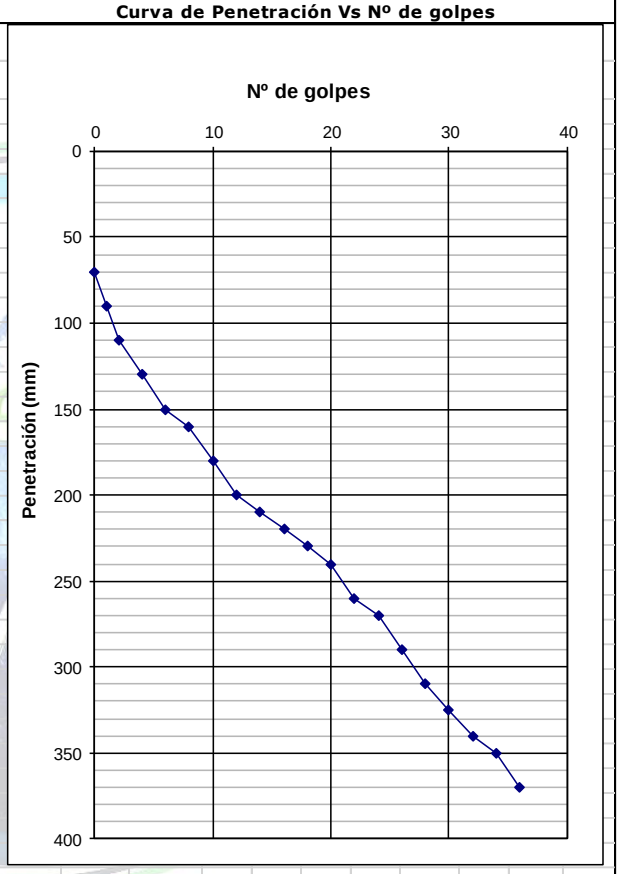
ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL,		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2		
APIQUE :	2	**Prof. (m):**	0,80
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	20/01/2021

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	70	20,0	3,1
1	1	90	20,0	3,1
1	2	110	20,0	3,1
2	4	130	10,0	4,8
2	6	150	10,0	4,8
2	8	160	5,0	7,4
2	10	180	10,0	4,8
2	12	200	10,0	4,8
2	14	210	5,0	7,4
2	16	220	5,0	7,4
2	18	230	5,0	7,4
2	20	240	5,0	7,4
2	22	260	10,0	4,8
2	24	270	5,0	7,4
2	26	290	10,0	4,8
2	28	310	10,0	4,8
2	30	325	7,5	5,7
2	32	340	7,5	5,7
2	34	350	5,0	7,4
2	36	370	10,0	4,8

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-515	P1	9,5	5,0%

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL,		
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**APIQUE**	2
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2	**PROF (m)**	1,00
LABORATORISTA	FAVER GUERRERO	**FECHA ENSAYO**	29/01/2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO INV E-123.

ANTES DE LAVADO

No. PLATÓN	M1
PESO PLATÓN (g)	1047
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	3163
PESO MUESTRA (g)	2116

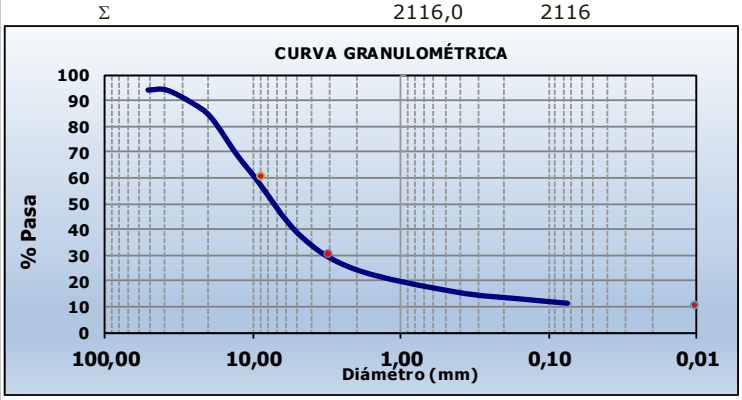
DESPUÉS DE LAVADO

PESO PLATÓN (g)	1047
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	2920
PESO MUESTRA SECA (g)	1873
PASA TAMIZ Nº 200 (%)	11,48

CORRECCIÓN

PESO TT DE LA MUESTRA (g)	2116
Σ PESOS RETENIDOS (g)	2116
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	119,0	119,0	5,6	5,6	94,4
1 1/2"	38,1	0,0	0,0	0,0	5,6	94,4
1	25,4	109,0	109,0	5,2	10,8	89,2
3/4"	19,00	119,0	119,0	5,6	16,4	83,6
1/2"	12,70	307,0	307,0	14,5	30,9	69,1
3/8"	9,51	192,0	192,0	9,1	40,0	60,0
4	4,76	470,0	470,0	22,2	62,2	37,8
10	2,00	280,0	280,0	13,2	75,4	24,6
40	0,425	184,0	184,0	8,7	84,1	15,9
100	0,150	59,0	59,0	2,8	86,9	13,1
200	0,074	34,0	34,0	1,6	88,5	11,5
FONDO		243,0	243,0	11,5	100,0	0,0
Σ		2116,0	2116			



D60	8,70
D30	3,00
D10	0,0

Cc	no identificado
Cu	no identificado

% Gravas ***62,19*** % Arenas ***26,32*** % Finos ***11,48***

ING. LUIS FERNANDO RANGEL
MP. 25202-322135 CND

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL,		
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**APIQUE**	3
LOCALIZACIÓN:	VEREDA VARELA 2	**PROF (m)**	1,00
LABORATORISTA	FAVER GUERRERO	**FECHA ENSAYO**	29/01/2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO INV E-123.

ANTES DE LAVADO

No. PLATÓN	J1
PESO PLATÓN (g)	1043
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	2970
PESO MUESTRA (g)	1927

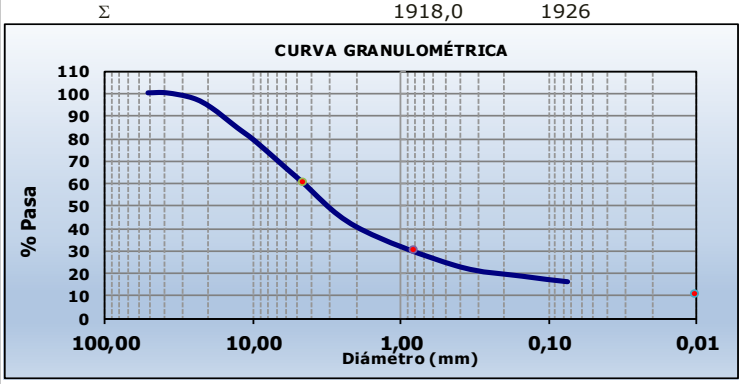
DESPUÉS DE LAVADO

PESO PLATÓN (g)	1043
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	2660
PESO MUESTRA SECA (g)	1617
PASA TAMIZ Nº 200 (%)	16,09

CORRECCIÓN

PESO TT DE LA MUESTRA (g)	1927
Σ PESOS RETENIDOS (g)	1918
ERROR (g)	9,0
ERROR (%)	0,47

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO CORR (g)	%RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,1	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1	25,4	44,0	44,2	2,3	2,3	97,7
3/4"	19,00	82,0	82,4	4,3	6,6	93,4
1/2"	12,70	170,0	170,8	8,9	15,4	84,6
3/8"	9,51	119,0	119,6	6,2	21,7	78,3
4	4,76	329,0	330,5	17,2	38,8	61,2
10	2,00	394,0	395,8	20,6	59,4	40,6
40	0,425	332,0	333,6	17,3	76,7	23,3
100	0,150	91,0	91,4	4,7	81,4	18,6
200	0,074	47,0	47,2	2,5	83,9	16,1
FONDO		310,0	310,0	16,1	100,0	0,0
Σ		1918,0	1926			



D60	4,50
D30	0,80
D10	0,01

Cc	14,22
Cu	450,0

% Gravas ***38,82*** % Arenas ***45,08*** % Finos ***16,10***

ING. LUIS FERNANDO RANGEL
MP. 25202-322135 CND

FWF GEOINGENIERIA S.A.S
NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y CONSTRUCCION

2021

ESTUDIO GEOTÉCNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ
VEREDA SUCRE ORIENTAL



FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Barbosa Santander.

29-1-2021

ESTUDIO GEOTÉNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ

Localización:
VEREDA SUCRE ORIENTAL
CHIQUINQUIRÁ BOYACÁ

Elaborado por:
FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Dirigido a:
ALCALDÍA DE CHIQUINQUIRÁ

BARBOSA SANTANDER
2021

CARRERA 7 # 5C-43 AVENIDA DE LAS AMÉRICAS BARBOSA SANTANDER- COLOMBIA
CONTACTOS: 3144615974 – 3112191382 – 3115399142
E-mail: fwfgeoingenieria@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 5

1. OBJETIVOS 6

1.1. GENERAL 6
1.2. ESPECÍFICOS 6

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO 7

2.1. LOCALIZACIÓN GENERAL 7
2.2. EXPLORACIÓN EN CAMPO 8
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO 8
2.4. NIVEL FREÁTICO Y AGUAS SUBTERRÁNEAS 9
2.5. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 9
2.5.1. APIQUE 1 9
2.5.2. APIQUE 2 9

3. ANALISIS DE RESULTADOS 12

3.1. HUMEDAD NATURAL 12
3.2. RESISTENCIA 13

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 15

5. PARÁMETROS DE DISEÑO 17

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE 17
5.2. CBR DE DISEÑO A PARTIR DE CRITERIO DEL PERCENTIL 17

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 19

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 *Profundidades máximas de exploración* *8*
Tabla 2 *Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.* *10*
Tabla 3 *Resultados obtenidos de los ensayos de PDC* *13*
Tabla 4 *Clasificación del suelo según el CBR* *13*
Tabla 5 *Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.* *15*
Tabla 6 *Potencial expansivo de los suelos* *15*
Tabla 7 *Resultados obtenidos de los ensayos de PDC* *17*
Tabla 8 *Determinación de CBR de diseño* *18*

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 *Localización del sitio en estudio* _____ *7*
Figura 2 *Perfil estratigráfico para apique No.1* _____ *10*
Figura 3 *Perfil estratigráfico para apique No.2* _____ *11*

INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar las condiciones de tránsito en las vías rurales del Municipio de Chiquinquirá Boyacá, se propuso la implementación de una estructura de pavimento que ofrezca mejores condiciones de tránsito, flujo vehicular en esta zona y comodidad para los habitantes, por tal motivo el presente informe contempla el estudio geotécnico que permite determinar las condiciones del terreno donde se va colocar la estructura, mostrando propiedades de resistencia, estratos, y tipo de materiales encontrados, que permitan establecer parámetros geotécnicos para llevar a cabo un correcto diseño de la estructura.

En el presente documento se da a conocer la descripción del estudio y metodología, presentando resultados de laboratorio, caracterización de materiales, y análisis de la capacidad de soporte de la sub-rasante, esto con el fin de establecer recomendaciones de diseño y construcción de la estructura de pavimento.

Se establecerán pequeños modelos topográficos, geológicos y geotécnicos, que permiten realizar el análisis de capacidad de soporte del sitio de estudio, involucrando los parámetros obtenidos y las diversas condiciones climáticas que se pueden presentar en la zona. En el modelo geotécnico de contempla la exploración de subsuelo de acuerdo al objetivo fijado para el sitio, que comprende la ejecución de apiques para vías terciarias, realizando ensayos de campo como el penetrómetro dinámico de cono PDC, recuperación de muestras alteradas, que serán llevadas al laboratorio, donde se hará la caracterización física general que abarca límites de consistencia, granulometría por lavado sobre tamiz 200, humedad natural, y ensayos de resistencia como CBR inalterado y CBR de laboratorio según el material encontrado, con esta información se podrán clasificar e identificar la estratigrafía del terreno encontrado y así poder dar recomendaciones de diseño.

1. OBJETIVOS

1.1. General

Realizar la exploración y estudio geotécnico del suelo de sub-rasante para él, diseño y construcción de la estructura de pavimento sobre un tramo de vía ubicado en la vereda Sucre Oriental del municipio de Chiquinquirá.

1.2. Específicos

- Ejecutar la investigación del subsuelo mediante la realización de dos (02) apiques manuales a 1.5 m de profundidad.
- Extraer muestras alteradas e inalteradas de los estratos presentes en la zona de estudio, si lo permite los materiales.
- Clasificar los estratos hallados en la zona de estudio, mediante el desarrollo de ensayos de laboratorio.
- Determinar las propiedades mecánicas de los suelos encontrados mediante la ejecución de ensayos de resistencia desarrollados en campo y en laboratorio.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación ante la solicitación de cargas estructurales.
- Formular una serie de recomendaciones que sean de gran utilidad en las fases de diseño y construcción para garantizar la estabilidad de la estructura proyectada.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1. Localización general

El proyecto se llevará a cabo en la vereda Sucre Oriental del municipio de Chiquinquirá – Boyacá perteneciente a la provincia occidente en el departamento de Boyacá.

Figura 1 Localización del sitio en estudio



Fuente: Google Maps.

2.2. Exploración en campo

El director de la exploración seleccionó cada uno de los sitios de perforación, para lo cual tuvo en cuenta que los apiques quedaran dentro del área de la vía a intervenir, con el fin detectar zonas con características especiales (existencia de material de relleno, flujos de agua sub superficial, variación del estrato superficial, entre otros).

Las actividades contemplan la exploración del subsuelo por medio de dos (02) apiques de ejecutados manualmente. De los cuales en su totalidad se extrajeron muestras representativas alteradas para determinar el contenido de humedad y para clasificación de los diferentes estratos encontrados, además se hizo el ensayo de campo mediante el equipo PDC.

Esto se definió basándose en la experiencia del ingeniero, donde se identificó la homogeneidad en los materiales encontrados.

En la siguiente tabla se presentan las profundidades máximas de cada exploración.

Tabla 1 Profundidades máximas de exploración

Perforación	Prof. máxima
Apique 1	1.5 m
Apique 2	1.5 m

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de exploración se recuperaron muestras inalteradas mediante probetas de CBR.

2.3. Ensayos de Laboratorio

Con el objetivo de realizar una caracterización del suelo de sub-rasante, se tomaron muestras alteradas para la ejecución de ensayos de laboratorio de humedad natural, lavado sobre tamiz No. 200, y límites de Atterberg.

Para determinar la resistencia del sub suelo se extrajeron muestras inalteradas, y se desarrollaron ensayos PDC en campo, en donde por medio de correlaciones geotécnicas de diferentes autores, se determinó la resistencia del material.

2.4. Nivel freático y aguas subterráneas

Durante el proceso de exploración no se evidencio presencia de nivel freático hasta la profundidad explorada.

2.5. Perfil estratigráfico

La exploración del subsuelo permitió establecer un perfil típico en la zona de estudio, el cual se describe a continuación.

2.5.1. Apique 1

Alcanzó una profundidad de 1.50 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes estratos.

- 0.00m – 0.50m (SUCS – MH-OH): Limo de color café con presencia de grava.
- 0.50m – 1,50m (SUCS – MH-OH): Limo de color gris con bisos amarillos de consistencia muy firme.

2.5.2. Apique 2

Alcanzó una profundidad de 1.5 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes materiales.

- 0.00m – 0.20m (SUCS –): Capa granular.
- 0.20m – 0.70m (SUCS – ML): Arcilla color amarillo con y gris con bisos naranja, con presencia de shale y grava.
- 0.70m – 1,50m (SUCS – MH-OH): Arcilla amarilla con gris y bisos rojizos, presencia de shale y grava.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación practicados a cada una de las muestras analizadas.

Tabla 2 Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.

Perf.	*Prof. (m)*	*SUCS*	*LL (%)*	*LP (%)*	*% Finos*	*% Arenas*	*% Gravas*
Apique 1	0.90	MH-OH	58.59	34.92	87.23	12.71	0.06
	1.50	MH-OH	66.48	36.19	91.89	7.51	0.60
Apique 2	0.50	ML	46.35	33.11	67.45	25.21	7.34
	1.00	MH-OH	61.42	33.50	72.92	21.54	5.54

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Perfil estratigráfico para apique No.1

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		**APIQUE 1**
LOCALIZACION	VEREDA SUCRE ORIENTAL	**DIRIGIDO A**	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ		

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	SUCS	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0.0	0.00-0.50		Limo de color café con presencia de grava	MH-OH										
0.1														
0.2														
0.3														
0.4														
0.5					41.8									
0.6	0.50 - 1.50		Limo de color gris con bisos amarillos de consistencia muy firme	MH-OH										
0.7														
0.8														6.42%
0.9						58.59	34.92	0.00	87.23	12.71	0.06			
1.0					17.7									
1.1														
1.2														
1.3														
1.4														
1.5					18.4	66.48	36.19	0.00	91.89	7.51	0.60			

Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Perfil estratigráfico para apique No.2

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ			**APIQUE 2**
LOCALIZACION	VEREDA SUCRE ORIENTAL	**DIRIGIDO A**	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ			

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	SUCS	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0.0	0- 0.2		Capa granular											
0.1														
0.2														
0.3	0.20-0.70		Arcilla color amarillo con y gris con bisos naranja, con presencia de shale y grava.	ML										
0.4														
0.5					28.6	46.4	33.1	0.0	67.5	25.2	7.3			
0.6														
0.7														
0.8	0.70-1.50		Arcilla amarilla con gris y bisos rojizos, presencia de shale y grava.	MH-OH										3.3%
0.9														
1.0					27.7	61.4	33.5	0.0	72.9	21.5	5.5			
1.1														
1.2														
1.3														
1.4														
1.5					28.0									

Fuente: Elaboración propia

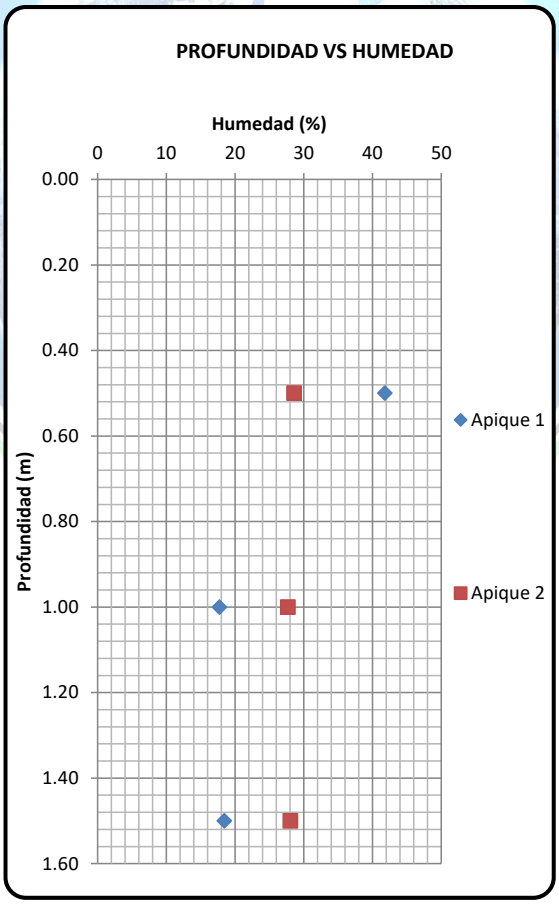
3. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta un análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio y campo desarrollados.

3.1. Humedad Natural

La humedad del suelo de fundación es un parámetro muy importante a tener en cuenta durante el desarrollo de un proyecto ingenieril, pues la consistencia y resistencia del suelo están ligados directamente al porcentaje de contenido de agua del mismo, es por esta razón que se generó la gráfica 1, en la cual se muestran los perfiles de humedades de los materiales extraídos durante la labor en campo.

Grafica 1 Perfil de humedad



Fuente: Elaboración propia

En La grafica anterior se puede apreciar que los niveles de humedad fluctúan entre el 17.72 y el 41.78 % donde:

- Se presentan valores bajos en el perfil uno bajo una profunidad de 1.00 m. En la parte superior se encuentra un material con alto contenido de humedad, debido a la exposición a ambientas naturales. La presencia de materiales finos de alta plasticidad genera una condición no drenada debido a la baja permeabilidad del material, este comportamiento también evidencia que el suelo presenta una relación de vacíos alta y una consistencia no óptima del material. Para el apique dos se presenta un contenido de humedad similar a lo largo del estrato con valores que rondan el 30%. El alto contenido de humedad, relacionado con una variación del perfil de suelo ahora compuesto por limos de baja plasticidad y limos o arcillas orgánicas de alta plasticidad, con el incremento de la humedad se incrementa la relación de vacíos y disminuye la consistencia del suelo.

3.2. Resistencia

Una de las variables más influyentes en el diseño de la estructura de un pavimento es la resistencia del suelo de subrasante, en nuestro medio por factores económicos es habitual el empleo del ensayo del CBR para determinar dicha resistencia, en el presente estudio se adoptó el método del CBR por el ensayo PDC, el tramo vial.:

En la tabla 3, se ilustran los resultados obtenidos.

Tabla 3 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*
1	6.4%
2	3.3%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Clasificación del suelo según el CBR

Clasificaciòn del suelo de acuerdo con el CBR

CBR (%)	Clasificaciòn 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

En términos de relación de soporte de California (CBR) y en condiciones de humedad natural, se adopta el escenario donde el suelo se encuentra en condiciones normales de humedad, siempre y cuando se garantice un correcto drenaje de la vía que se pretende construir donde se evitara al máximo la saturación de materiales de sub-rasante. De acuerdo a lo anterior los suelos que componen la sub-rasante se describen de la siguiente manera:

Apique 1. Se clasifica como un material **Pobre a Regular**, que puede usarse como material de sub rasante.

Apique 2. Se clasifica como un material **Pobre a regular**, que puede usarse como material de sub rasante.

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

Los estratos conformados principalmente por partículas finas son susceptibles a presentar expansión, en este caso la mayoría son de tipo fino, por tanto, surge la necesidad de realizar un análisis del potencial expansivo a las pequeñas porciones de material fino que pueden llegar a presentar expansión ante la variación del contenido de humedad.

Según la metodología propuesta por Holtz y Gibbs2, la cual es recomendada por INVIAS, el potencial expansivo de la sub rasante puede ser estimado con base en las características de plasticidad de los suelos bajo el siguiente criterio:

Tabla 5 Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.

Potencial Expansivo	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)
Alto	>60	>35
Marginal	50–60	25–35
Bajo	<50	<25

Fuente: INVIAS.

Tabla 6 Potencial expansivo de los suelos

Sondeo	*Profundidad (m)*	*SUCS*	*LL (%)*	*IP (%)*	*Potencial de Expansión*
Apique 1	0.90	MH-OH	58.59	34.92	Marginal
	1.50	MH-OH	66.48	36.19	Alto
Apique 2	0.50	ML	46.35	33.11	Bajo
	1.00	MH-OH	61.42	33.50	Alto

Fuente: Elaboración propia, con base en la tabla INVIAS.

La expansividad es un problema asociado al comportamiento de los suelos conformados principalmente por partículas finas. En la tabla anterior se puede encontrar que los materiales hallados en la zona de ejecución presentan

condiciones de expansión que varían de bajo a alto de acuerdo a la composición del suelo, para ambos apiques se presenta una zona de alta expansión en la parte inferior del estrato debido al contenido de material de alta plasticidad y la presencia de aguas que incrementan la humedad. Lo anterior indica que el suelo puede sufrir problemas de expansión si se ve afectado por la infiltración de aguas subterráneas o incrementos de nivel freático.

Vale la pena recordar que en el capítulo 10 del presente documento, se darán a conocer una serie de recomendaciones que tienen por objeto controlar la variación del contenido de humedad, evitando así, la ocurrencia de cambios volumétricos del suelo de fundación.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1. Características de la Subrasante

Las condiciones de resistencia de la sub-rasante, se determinan a partir de ensayos realizados en campo como CBR a partir de la prueba PDC. Estos resultados son de gran importancia donde deberá elegirse el valor adecuado para diseño de la estructura de pavimento tipo placa huella.

Con los resultados obtenidos que se muestran a continuación se determina lo siguiente:

Tabla 7 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*	*% CBR Inalterado*
		No Sumergido
1	6.42%	N/A
2	3.30%	N/A

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que se presentan 2 apiques dentro del mismo tramo, donde a partir de los resultados se encontraron materiales homogéneos con características similares en comportamiento, por lo tanto, se determina realizar una sección de estructura de pavimento para toda la longitud en los diferentes tramos.

5.2. CBR de diseño a partir de criterio del percentil

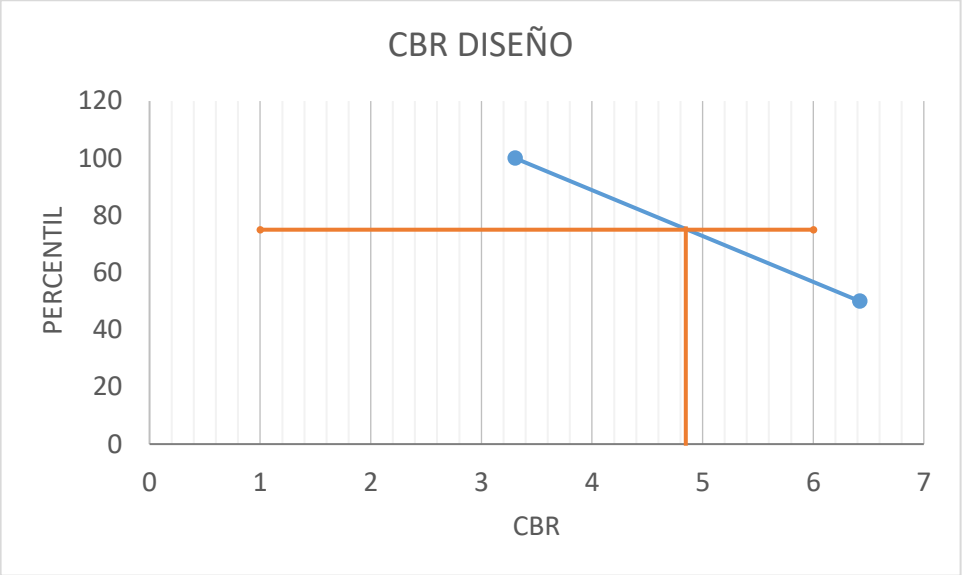
Según el criterio del Instituto del Asfalto los percentiles dependen del nivel de tránsito que presente la vía a ser diseñada. Para este caso de los tramos de vía rural en la vereda Córdoba sector Cofre del municipio de Chiquinquirá departamento de Boyacá, se cuenta con un tránsito aproximado a 1.0×10^6 ejes equivalentes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño de 20 años, lo que significa que se deberá determinar el CBR de diseño con el Percentil 75.

Tabla 8 Determinación de CBR de diseño

CBR %	Valores ≥	%Valores ≥
6.42	1	50
3.30	2	100

Fuente: Elaboración propia

Grafica 2 Determinación de CBR de diseño



Fuente: Elaboración propia

La determinación del CBR de diseño se realizó al porcentaje de valores ≥ correspondientes al 75%. Cabe aclarar que el valor de CBR de diseño aplica para todo el tramo de vía, debido a que las condiciones del suelo son similares en resistencia y caracterización geotécnica.

$$\boldsymbol{CBR\ DE\ DISEÑO = 4,84\ \%}$$

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a las características encontradas en los suelos y el diseño propuesto, se hacen las siguientes observaciones y recomendaciones.

5.4. Del Estudio Geotécnico

- ✓ La capacidad de soporte del suelo se determinó por medio del ensayo de PDC. De acuerdo a los valores de los límites plásticos, humedades de equilibrio, humedad natural y las condiciones propias de la región se recomienda diseñar la estructura del pavimento con CBR en condiciones normales de humedad a partir del ensayo PDC, siempre y cuando se garantice el drenaje adecuado para evitar saturación de las capas de suelo de subrasante.

- ✓ Se determinó que los materiales encontrados en la subrasante poseen un potencial expansivo de bajo a alto, indicando que la vía es muy vulnerable a cambios de volumen drásticos, por tanto, es importante evitar la condición de saturación. Debido a que el estrato expansivo se ubica en la parte inferior del perfil, se recomienda un proceso de impermeabilización con el fin de evitar alteraciones en el contenido de humedad, otra condición sería cambiar el estrato de suelo y colocar un material competente.

- ✓ El CBR de diseño que aplica para toda la longitud de la vía, por la similitud de condiciones geotécnicas y de resistencia, es de **4,84%,** indicando que no requiere de mejoramiento previo del terreno.

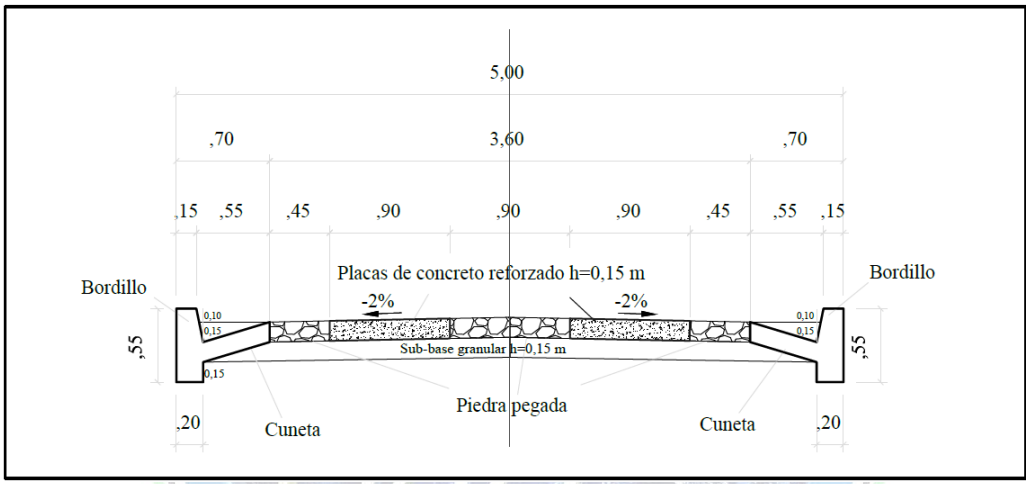
- ✓ La resistencia de los materiales que servirán como soporte de la estructura de pavimento, a partir del CBR de diseño cumplen con el valor mínimo exigido del 3% para que no requieran mejoramiento de la sub rasante

5.5. De la Estructura de Pavimento

- ✓ La metodología de diseño que se debe emplear es por medio de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella propuesta por el INVIAS en el año 2015, donde se involucran las variables de diseño como tránsito, capacidad de soporte

de la subrasante, resistencia del concreto y de los materiales empleados con agregados y barras de acero.

- ✓ El sistema típico de la estructura, está compuesto por una capa de subbase con materiales adecuados que cumplan las especificaciones del INVIAS, y sobre esta un par de placas de concreto reforzado, intercaladas con una mezcla de concreto ciclópeo con cantos rodados junto con sus bordillos y cunetas. Esto con el fin de garantizar condiciones satisfactorias de circulación durante su periodo de servicio.



- ✓ Para garantizar la estabilidad de la estructura se recomienda primero rectificar el perfil longitudinal de tal manera que sea aceptable con pequeñas correcciones en las curvas verticales, esto puede hacerse con un material de afirmado.

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

5.6. De las Condiciones de Drenaje

- ✓ Para garantizar la recolección y evacuación de las aguas de escorrentía producto de las aguas pluviales se debe contemplar una red eficiente de drenajes como filtros, cunetas y alcantarillas que estén ubicados estratégicamente de acuerdo a

los diseños hidráulicos ya que estos no se encuentran dentro del alcance del presente estudio.

- ✓ Deberá garantizarse la compactación de la sub-rasante antes de la aplicación de las capas de la estructura a diseñar, con el fin de impermeabilizar las capas inferiores con el material de sub-rasante.

- ✓ El pavimento garantizara un buen desempeño en su periodo de diseño siempre y cuando se garantice la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales de la vía.

5.7. Generales

- ✓ Para que la estructura se mantenga dentro de las condiciones de durabilidad seguridad y confort para los usuarios, es recomendable hacer un seguimiento al pavimento mediante inspecciones visuales que permitan identificar deterioros que puedan ser corregidos a tiempo y programar mantenimientos preventivos para no incurrir en gastos elevados a futuro.

- ✓ Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.

Fecha de Realización	Descripción	Realizó
29 / 01 / 2021	Informe Geotécnico	**Ing. Luis Fernando Rangel V.** MP. 25202-322135 CND

ANEXO

ENSAYOS DE LABORATORIO

HOJA Nº 1
DE: 7

PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE ORIENTAL	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD**	INDICADA
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO		

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

APIQUE	**1**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0.50	12B	5.90	87.00	63.10	41.78
1.00	204	6.30	90.00	77.40	17.72
1.50	23	6.70	89.00	76.20	18.42

APIQUE	**2**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0.50	H26	4.80	66.90	53.10	28.57
1.00	1	5.60	91.90	73.20	27.66
1.50	F5	6.30	87.60	69.80	28.03

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

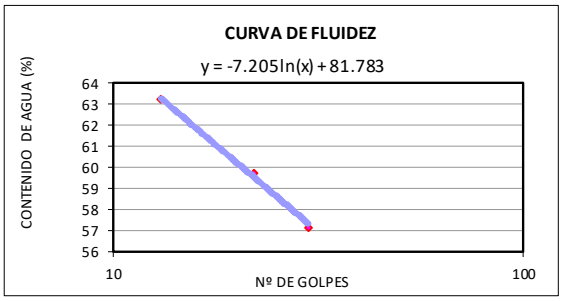
HOJA Nº 2
DE: 7

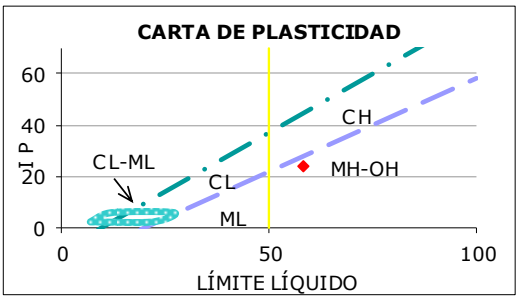
PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE ORIENTAL	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	0.90
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LIMITE LIQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	22	13
RECIPIENTE Nº	25L	H51	14A
PESO RECIPIENTE (g)	14.08	17.10	11.95
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	34.76	38.28	30.28
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	27.24	30.36	23.18
CONTENIDO DE AGUA (%)	57.14	59.73	63.22

LIMITE PLASTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	C7	H7
PESO RECIPIENTE (g)	4.86	4.89
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	11.94	12.34
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	10.09	10.43
CONTENIDO DE AGUA (%)	35.37	34.48





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	F7
W PLATÓN (g)	42.50
W PLATÓN + M.S.L (g)	199.10
W PLATÓN + M.D.L (g)	62.50
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	0.10

LÍMITE LÍQUIDO:	**58.59**
LÍMITE PLÁSTICO:	**34.92**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**23.67**
% GRAVAS	**0.06**
% ARENAS	**12.71**
% PASA No. 200	**87.23**

SUCS	
MH-OH	Limo o arcilla orgánica de alta plasticidad

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

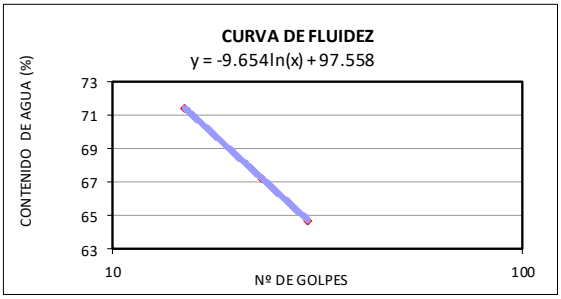
HOJA Nº 3
DE: 7

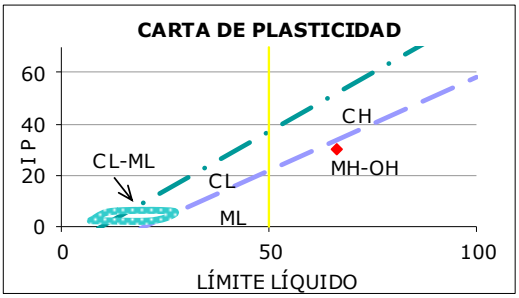
PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE ORIENTAL	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	23	15
RECIPIENTE Nº	26A	9L	30L
PESO RECIPIENTE (g)	14.63	15.36	15.32
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	33.99	34.54	34.59
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	26.38	26.83	26.56
CONTENIDO DE AGUA (%)	64.77	67.22	71.44

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	5A	C1
PESO RECIPIENTE (g)	5.71	4.80
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13.19	12.26
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	11.20	10.28
CONTENIDO DE AGUA (%)	36.25	36.13





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	18B
W PLATÓN (g)	30.00
W PLATÓN + M.S.L (g)	196.40
W PLATÓN + M.D.L (g)	43.50
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	1.00

LÍMITE LÍQUIDO:	**66.48**
LÍMITE PLÁSTICO:	**36.19**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**30.29**
% GRAVAS	**0.60**
% ARENAS	**7.51**
% PASA No. 200	**91.89**

SUCS	
MH-OH	Limo o arcilla orgánica de alta plasticidad

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

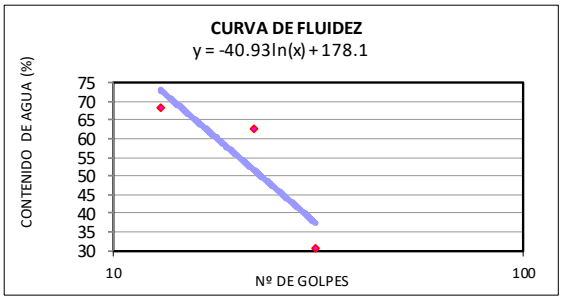
HOJA Nº 4
DE: 7

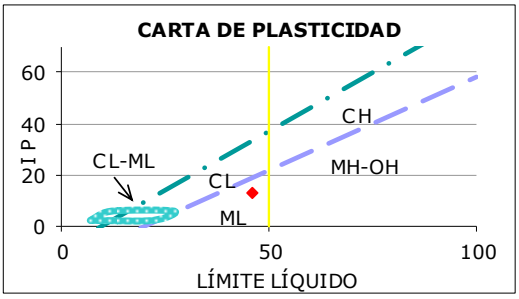
PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE ORIENTAL	**APIQUE**	2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.00
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	31	22	13
RECIPIENTE Nº	H55	12L	H24
PESO RECIPIENTE (g)	17.14	15.75	4.79
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	32.67	34.71	21.91
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	29.02	27.39	14.94
CONTENIDO DE AGUA (%)	30.72	62.89	68.67

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	C7	H18
PESO RECIPIENTE (g)	4.84	4.75
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	12.82	13.09
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	10.84	11.01
CONTENIDO DE AGUA (%)	33.00	33.23





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	F6
W PLATÓN (g)	43.40
W PLATÓN + M.S.L (g)	183.80
W PLATÓN + M.D.L (g)	89.10
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	10.30

LÍMITE LÍQUIDO:	**46.35**
LÍMITE PLÁSTICO:	**33.11**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**13.24**
% GRAVAS	**7.34**
% ARENAS	**25.21**
% PASA No. 200	**67.45**

SUCS	
ML	Limo de baja plasticidad

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

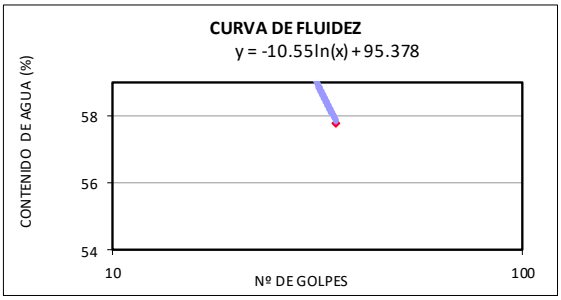
HOJA Nº 5
DE: 7

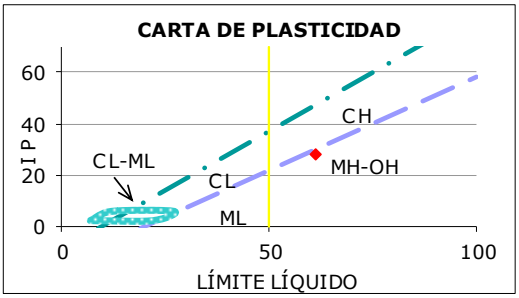
PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE ORIENTAL	**APIQUE**	2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	35	26	16
RECIPIENTE Nº	22L	24I	2A
PESO RECIPIENTE (g)	15.61	15.48	15.96
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	36.52	35.10	34.23
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	28.86	27.66	26.96
CONTENIDO DE AGUA (%)	57.81	61.08	66.09

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	O6	C11
PESO RECIPIENTE (g)	5.70	4.50
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13.52	12.34
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	11.57	10.36
CONTENIDO DE AGUA (%)	33.22	33.79





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	29
W PLATÓN (g)	36.70
W PLATÓN + M.S.L (g)	224.30
W PLATÓN + M.D.L (g)	87.50
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	10.40

LÍMITE LÍQUIDO:	**61.42**
LÍMITE PLÁSTICO:	**33.50**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**27.92**
% GRAVAS	**5.54**
% ARENAS	**21.54**
% PASA No. 200	**72.92**

SUCS	
MH-OH	Limo o arcilla orgánica de alta plasticidad

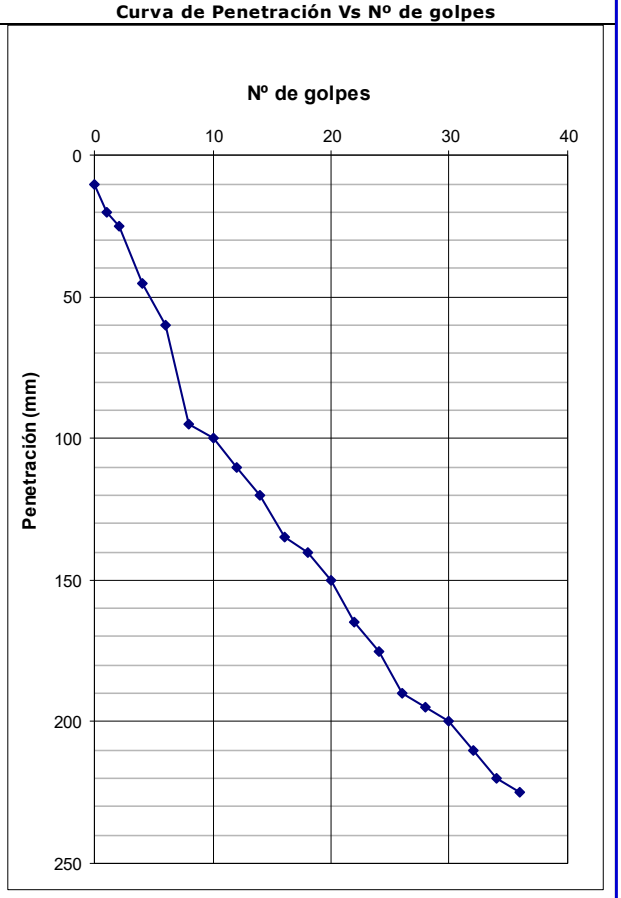
ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE ORIENTAL		
APIQUE :	1	**Prof. (m):**	0.80
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	04/12/2020

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	10	10.0	4.8
1	1	20	10.0	4.8
1	2	25	5.0	7.4
2	4	45	10.0	4.8
2	6	60	7.5	5.7
2	8	95	17.5	3.4
2	10	100	2.5	11.3
2	12	110	5.0	7.4
2	14	120	5.0	7.4
2	16	135	7.5	5.7
2	18	140	2.5	11.3
2	20	150	5.0	7.4
2	22	165	7.5	5.7
2	24	175	5.0	7.4
2	26	190	7.5	5.7
2	28	195	2.5	11.3
2	30	200	2.5	11.3
2	32	210	5.0	7.4
2	34	220	5.0	7.4
2	36	225	2.5	11.3

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-445	P1	6.3	6.4%

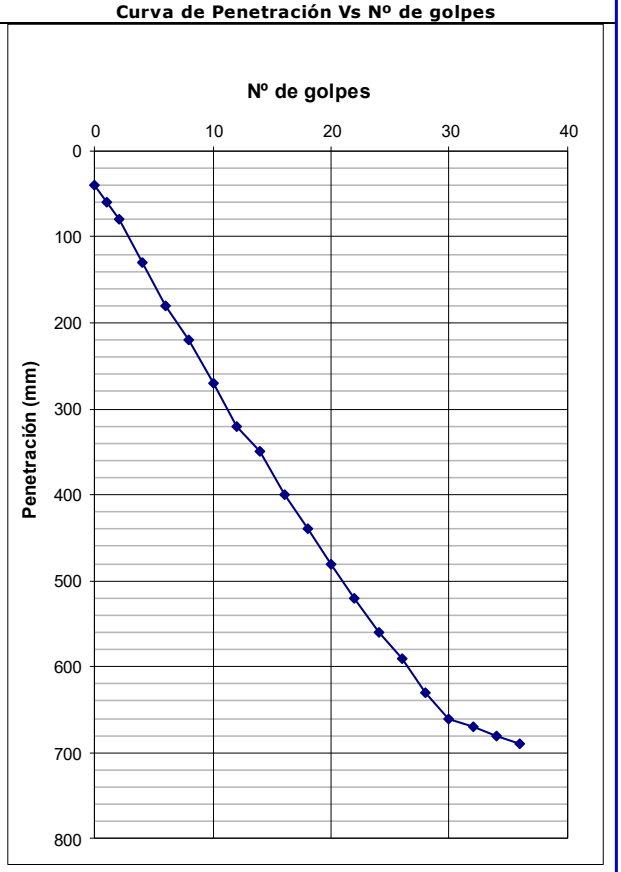
ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE ORIENTAL		
APIQUE :	2	**Prof. (m):**	0.80
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	04/12/2020

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	40	20.0	3.1
1	1	60	20.0	3.1
1	2	80	20.0	3.1
2	4	130	25.0	2.7
2	6	180	25.0	2.7
2	8	220	20.0	3.1
2	10	270	25.0	2.7
2	12	320	25.0	2.7
2	14	350	15.0	3.7
2	16	400	25.0	2.7
2	18	440	20.0	3.1
2	20	480	20.0	3.1
2	22	520	20.0	3.1
2	24	560	20.0	3.1
2	26	590	15.0	3.7
2	28	630	20.0	3.1
2	30	660	15.0	3.7
2	32	670	5.0	7.4
2	34	680	5.0	7.4
2	36	690	5.0	7.4

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:
CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-515	P1	18.3	3.3%

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

FWF GEOINGENIERIA S.A.S
NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y CONSTRUCCION

2021

ESTUDIO GEOTÉCNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ
VEREDA LA MESA SECTOR CABEZA DE PIÑA



FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Barbosa Santander.

29-1-2021

ESTUDIO GEOTÉNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ

Localización:
VEREDA LA MESA SECTOR CABEZA DE PIÑA CHIQUINQUIRÁ BOYACÁ

Elaborado por:
FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Dirigido a:
ALCALDÍA DE CHIQUINQUIRÁ

BARBOSA SANTANDER
2021

CARRERA 7 # 5C-43 AVENIDA DE LAS AMÉRICAS BARBOSA SANTANDER- COLOMBIA
CONTACTOS: 3144615974 – 3112191382 – 3115399142
E-mail: fwfgeoingenieria@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 5

1. OBJETIVOS 6

1.1. GENERAL 6
1.2. ESPECÍFICOS 6

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO 7

2.1. LOCALIZACIÓN GENERAL 7
2.2. EXPLORACIÓN EN CAMPO 8
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO 8
2.4. NIVEL FREÁTICO Y AGUAS SUBTERRÁNEAS 9
2.5. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 9
2.5.1. APIQUE 1 9
2.5.2. APIQUE 2 9

3. ANALISIS DE RESULTADOS 12

3.1. HUMEDAD NATURAL 12
3.2. RESISTENCIA 13

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 15

5. PARÁMETROS DE DISEÑO 17

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE 17
5.2. CBR DE DISEÑO A PARTIR DE CRITERIO DEL PERCENTIL 17

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 19

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 *Profundidades máximas de exploración* *8*
Tabla 2 *Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.* *10*
Tabla 3 *Resultados obtenidos de los ensayos de PDC* *13*
Tabla 4 *Clasificación del suelo según el CBR* *13*
Tabla 5 *Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.* *15*
Tabla 6 *Potencial expansivo de los suelos* *15*
Tabla 7 *Resultados obtenidos de los ensayos de PDC* *17*
Tabla 8 *Determinación de CBR de diseño* *18*

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 *Localización del sitio en estudio* _____ *7*
Figura 2 *Perfil estratigráfico para apique No.1* _____ *10*
Figura 3 *Perfil estratigráfico para apique No.2* _____ *11*

INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar las condiciones de tránsito en las vías rurales del Municipio de Chiquinquirá Boyacá, se propuso la implementación de una estructura de pavimento que ofrezca mejores condiciones de tránsito, flujo vehicular en esta zona y comodidad para los habitantes, por tal motivo el presente informe contempla el estudio geotécnico que permite determinar las condiciones del terreno donde se va colocar la estructura, mostrando propiedades de resistencia, estratos, y tipo de materiales encontrados, que permitan establecer parámetros geotécnicos para llevar a cabo un correcto diseño de la estructura.

En el presente documento se da a conocer la descripción del estudio y metodología, presentando resultados de laboratorio, caracterización de materiales, y análisis de la capacidad de soporte de la sub-rasante, esto con el fin de establecer recomendaciones de diseño y construcción de la estructura de pavimento.

Se establecerán pequeños modelos topográficos, geológicos y geotécnicos, que permiten realizar el análisis de capacidad de soporte del sitio de estudio, involucrando los parámetros obtenidos y las diversas condiciones climáticas que se pueden presentar en la zona. En el modelo geotécnico de contempla la exploración de subsuelo de acuerdo al objetivo fijado para el sitio, que comprende la ejecución de apiques para vías terciarias, realizando ensayos de campo como el penetrómetro dinámico de cono PDC, recuperación de muestras alteradas, que serán llevadas al laboratorio, donde se hará la caracterización física general que abarca límites de consistencia, granulometría por lavado sobre tamiz 200, humedad natural, y ensayos de resistencia como CBR inalterado y CBR de laboratorio según el material encontrado, con esta información se podrán clasificar e identificar la estratigrafía del terreno encontrado y así poder dar recomendaciones de diseño.

1. OBJETIVOS

1.1. General

Realizar la exploración y estudio geotécnico del suelo de sub-rasante para él, diseño y construcción de la estructura de pavimento sobre un tramo de vía ubicado en la vereda la mesa sector Cabeza de Piña del municipio de Chiquinquirá.

1.2. Específicos

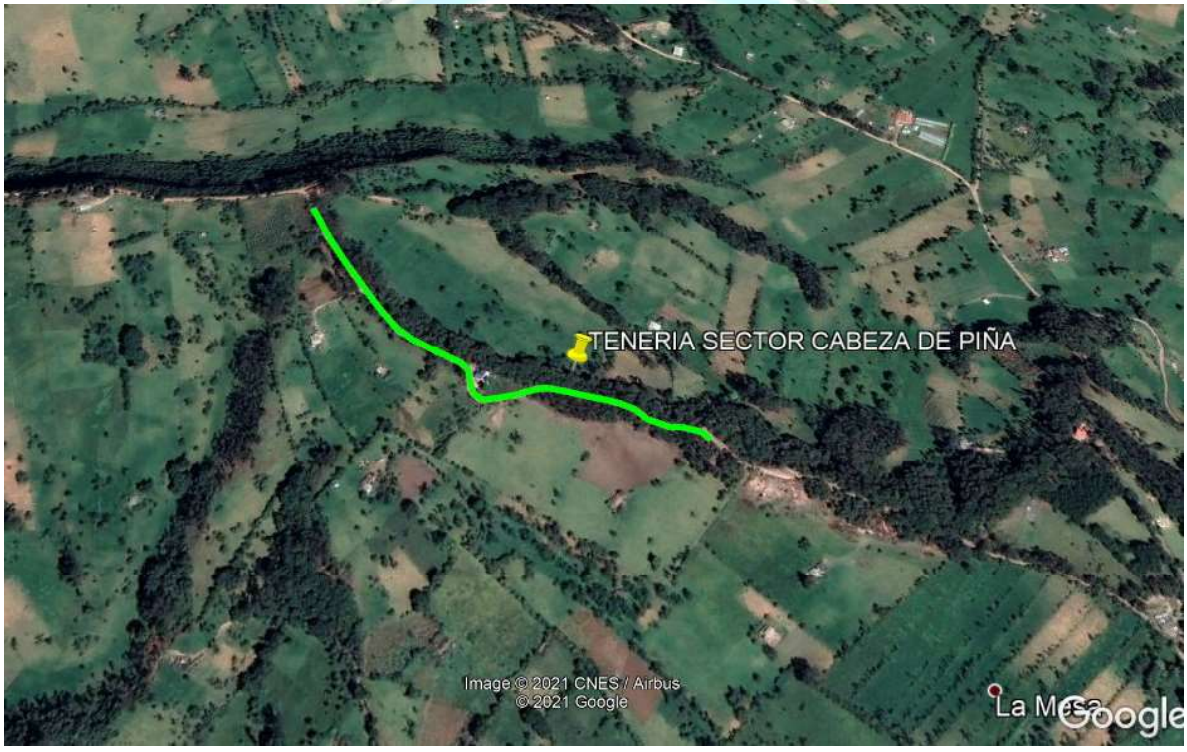
- Ejecutar la investigación del subsuelo mediante la realización de dos (02) apiques manuales a 1.5 m de profundidad.
- Extraer muestras alteradas e inalteradas de los estratos presentes en la zona de estudio, si lo permite los materiales.
- Clasificar los estratos hallados en la zona de estudio, mediante el desarrollo de ensayos de laboratorio.
- Determinar las propiedades mecánicas de los suelos encontrados mediante la ejecución de ensayos de resistencia desarrollados en campo y en laboratorio.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación ante la solicitación de cargas estructurales.
- Formular una serie de recomendaciones que sean de gran utilidad en las fases de diseño y construcción para garantizar la estabilidad de la estructura proyectada.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1. Localización general

El proyecto se llevará a cabo en la vereda Tenería – Sector Cabeza de Piña del municipio de Chiquinquirá – Boyacá perteneciente a la provincia occidente en el departamento de Boyacá.

Figura 1 Localización del sitio en estudio



Fuente: Google Maps.

2.2. Exploración en campo

El director de la exploración seleccionó cada uno de los sitios de perforación, para lo cual tuvo en cuenta que los apiques quedaran dentro del área de la vía a intervenir, con el fin detectar zonas con características especiales (existencia de material de relleno, flujos de agua sub superficial, variación del estrato superficial, entre otros).

Las actividades contemplan la exploración del subsuelo por medio de dos (02) apiques de ejecutados manualmente. De los cuales en su totalidad se extrajeron muestras representativas alteradas para determinar el contenido de humedad y para clasificación de los diferentes estratos encontrados, además se hizo el ensayo de campo mediante el equipo PDC.

Esto se definió basándose en la experiencia del ingeniero, donde se identificó la homogeneidad en los materiales encontrados.

En la siguiente tabla se presentan las profundidades máximas de cada exploración.

Tabla 1 Profundidades máximas de exploración

Perforación	Prof. máxima
Apique 1	1.5 m
Apique 2	1.5 m

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de exploración se recuperaron muestras inalteradas mediante probetas de CBR.

2.3. Ensayos de Laboratorio

Con el objetivo de realizar una caracterización del suelo de sub-rasante, se tomaron muestras alteradas para la ejecución de ensayos de laboratorio de humedad natural, lavado sobre tamiz No. 200, y límites de Atterberg.

Para determinar la resistencia del sub suelo se extrajeron muestras inalteradas, y se desarrollaron ensayos PDC en campo, en donde por medio de correlaciones geotécnicas de diferentes autores, se determinó la resistencia del material.

2.4. Nivel freático y aguas subterráneas

Durante el proceso de exploración no se evidencio presencia de nivel freático hasta la profundidad explorada.

2.5. Perfil estratigráfico

La exploración del subsuelo permitió establecer un perfil típico en la zona de estudio, el cual se describe a continuación.

2.5.1. Apique 1

Alcanzó una profundidad de 1.50 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes estratos.

- 0.00m – 0,40m (SUCS –ML): Limo de color café, compactado.
- 0.40m – 0,80m (SUCS – ML): Limo amarillo con presencia de sale y contenido de humedad medio.
- 0.80m – 1.50m (SUCS – CL): Shale de color gris con bisos amarillos y naranjas, con contenido de humedad bajo.

2.5.2. Apique 2

Alcanzó una profundidad de 1.5 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes materiales.

- 0.00m – 0.30m (SUCS – MH-OH): Arcilla amarilla con bisos grises y rojizas, arcilla limosa.
- 0.30m – 1,00m (SUCS – MH-OH): Arcilla limosa de color gris con bisos rojizos y contenido de humedad medio.
- 1,00m – 1,50m (SUCS – MH-OH): Arcilla limos de color amarillo con bisos grises, de contenido de humedad medio.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación practicados a cada una de las muestras analizadas.

Tabla 2 Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.

Perf.	*Prof. (m)*	*SUCS*	*LL (%)*	*LP (%)*	*% Finos*	*% Arenas*	*% Gravas*
Apique 1	1.00	ML	42.28	28.56	59.44	32.92	7.64
	1.50	ML	41.92	28.00	64.59	5.50	29.91
Apique 2	0.50	MH-OH	64.19	39.94	69.54	30.46	0.00
	1.00	MH-OH	55.99	35.58	70.73	24.59	4.68

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Perfil estratigráfico para apique No.1

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ	**APIQUE 1**
LOCALIZACION	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA	**DIRIGIDO A** ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	SUCS	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0.0	0.00 - 0.40		Limo de color café, compactado.	ML										
0.1														
0.2														
0.3														
0.4														
0.5	0.40 - 0.80		Limo amarillo con presencia de shale	ML	21.2									
0.6														
0.7														
0.8														4.54%
0.9	0.80 - 1.50		Shale de color gris con bisos amarillos y naranjas	ML		42.28	28.56	0.00	59.44	32.92	7.64			
1.0					14.6									
1.1														
1.2														
1.3														
1.4														
1.5					16.3	41.92	28.00	0.00	64.59	5.50	29.91			

Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Perfil estratigráfico para apique No.2

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		**APIQUE 2**
LOCALIZACION	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA	**DIRIGIDO A**	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ		

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	SUCS	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0.0	0.00 - 0.30		Arcilla amarilla con bisos grises y rojizas, arcilla limosa.	MH-OH										
0.1														
0.2														
0.3														
0.4	0.30 - 1.00		Arcilla limosa de color gris con bisos rojizos	MH-OH										
0.5					38.3	64.2	39.9	0.0	69.5	30.5	0.0			
0.6														
0.7														
0.8														4.0%
0.9														
1.0					36.3	56.0	35.6	0.0	70.7	24.6	4.7			
1.1	1.00 - 1.50		Arcilla limos de color amarillo con bisos grises	MH-OH										
1.2														
1.3														
1.4														
1.5					32.1									

Fuente: Elaboración propia

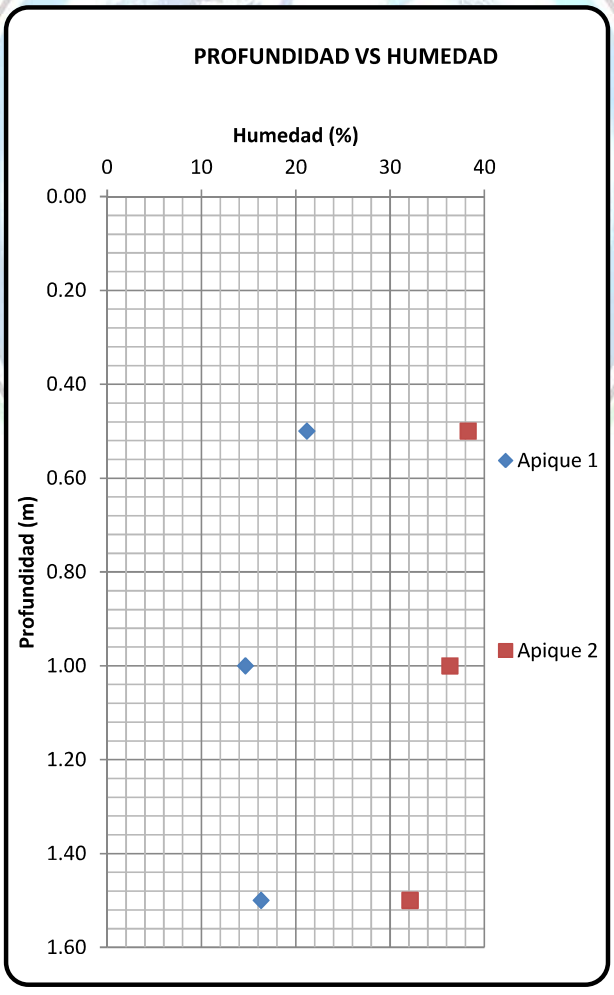
3. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta un análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio y campo desarrollados.

3.1. Humedad Natural

La humedad del suelo de fundación es un parámetro muy importante a tener en cuenta durante el desarrollo de un proyecto ingenieril, pues la consistencia y resistencia del suelo están ligados directamente al porcentaje de contenido de agua del mismo, es por esta razón que se generó la gráfica 1, en la cual se muestran los perfiles de humedades de los materiales extraídos durante la labor en campo.

Grafica 1 Perfil de humedad



Fuente: Elaboración propia

En La grafica anterior se puede apreciar que los niveles de humedad fluctúan entre el 14.65 y el 38.28 %, donde:

- Se presentan valores bajos en general a lo largo del perfil de suelo uno. La presencia de materiales finos de baja plasticidad genera una condición no drenada debido a la baja permeabilidad del material, este comportamiento también evidencia que el suelo presenta una relación de vacíos baja y una consistencia buena del material, en general presenta un comportamiento compacto. Para el apique dos se presenta un incremento de la humedad, relacionado con una variación del perfil de suelo ahora compuesto por limos o arcillas orgánicas de lata plasticidad, con el incremento de la humedad se incrementa la relación de vacíos y disminuye la consistencia del suelo.

3.2. Resistencia

Una de las variables más influyentes en el diseño de la estructura de un pavimento es la resistencia del suelo de subrasante, en nuestro medio por factores económicos es habitual el empleo del ensayo del CBR para determinar dicha resistencia, en el presente estudio se adoptó el método del CBR por el ensayo PDC, el tramo vial.:

En la tabla 3, se ilustran los resultados obtenidos.

Tabla 3 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*
1	4.54%
2	3.96%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Clasificación del suelo según el CBR

Clasificaciòn del suelo de acuerdo con el CBR

CBR (%)	Clasificaciòn 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

En términos de relación de soporte de California (CBR) y en condiciones de humedad natural, se adopta el escenario donde el suelo se encuentra en condiciones normales de humedad, siempre y cuando se garantice un correcto drenaje de la vía que se pretende construir donde se evitara al máximo la saturación de materiales de sub-rasante. De acuerdo a lo anterior los suelos que componen la sub-rasante se describen de la siguiente manera:

Apique 1. Se clasifica como un material **Pobre a Regular**, que puede usarse como material de sub rasante.

Apique 2. Se clasifica como un material **Pobre a regular**, que puede usarse como material de sub rasante.

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

Los estratos conformados principalmente por partículas finas son susceptibles a presentar expansión, en este caso la mayoría son de tipo fino, por tanto, surge la necesidad de realizar un análisis del potencial expansivo a las pequeñas porciones de material fino que pueden llegar a presentar expansión ante la variación del contenido de humedad.

Según la metodología propuesta por Holtz y Gibbs2, la cual es recomendada por INVIAS, el potencial expansivo de la sub rasante puede ser estimado con base en las características de plasticidad de los suelos bajo el siguiente criterio:

Tabla 5 Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.

Potencial Expansivo	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)
Alto	>60	>35
Marginal	50–60	25–35
Bajo	<50	<25

Fuente: INVIAS.

Tabla 6 Potencial expansivo de los suelos

Sondeo	*Profundidad (m)*	*SUCS*	*LL (%)*	*IP (%)*	*Potencial de Expansión*
Apique 1	1.00	ML	42.28	28.56	Bajo
	1.50	ML	41.92	28.00	Bajo
Apique 2	0.50	MH-OH	64.19	39.94	Alto
	1.00	MH-OH	55.99	35.58	Marginal

Fuente: Elaboración propia, con base en la tabla INVIAS.

La expansividad es un problema asociado al comportamiento de los suelos conformados principalmente por partículas finas. En la tabla anterior se puede encontrar que los materiales hallados en la zona de ejecución presentan

condiciones de expansión que varían de bajo a alto de acuerdo a la composición del suelo, para el apique dos se presenta una zona de alta expansión en la parte superior del estrato debido al contenido de material de alta plasticidad y la presencia de aguas que incrementan la humedad. Lo anterior indica que el suelo puede sufrir problemas de expansión si se ve afectado por la infiltración de aguas subterráneas o incrementos de nivel freático.

Vale la pena recordar que en el capítulo 10 del presente documento, se darán a conocer una serie de recomendaciones que tienen por objeto controlar la variación del contenido de humedad, evitando así, la ocurrencia de cambios volumétricos del suelo de fundación.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1. Características de la Subrasante

Las condiciones de resistencia de la sub-rasante, se determinan a partir de ensayos realizados en campo como CBR a partir de la prueba PDC. Estos resultados son de gran importancia donde deberá elegirse el valor adecuado para diseño de la estructura de pavimento tipo placa huella.

Con los resultados obtenidos que se muestran a continuación se determina lo siguiente:

Tabla 7 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*	*% CBR Inalterado*
		No Sumergido
1	4.54%	N/A
2	3.96%	N/A

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que se presentan 2 apiques dentro del mismo tramo, donde a partir de los resultados se encontraron materiales homogéneos con características similares en comportamiento, por lo tanto, se determina realizar una sección de estructura de pavimento para toda la longitud en los diferentes tramos.

5.2. CBR de diseño a partir de criterio del percentil

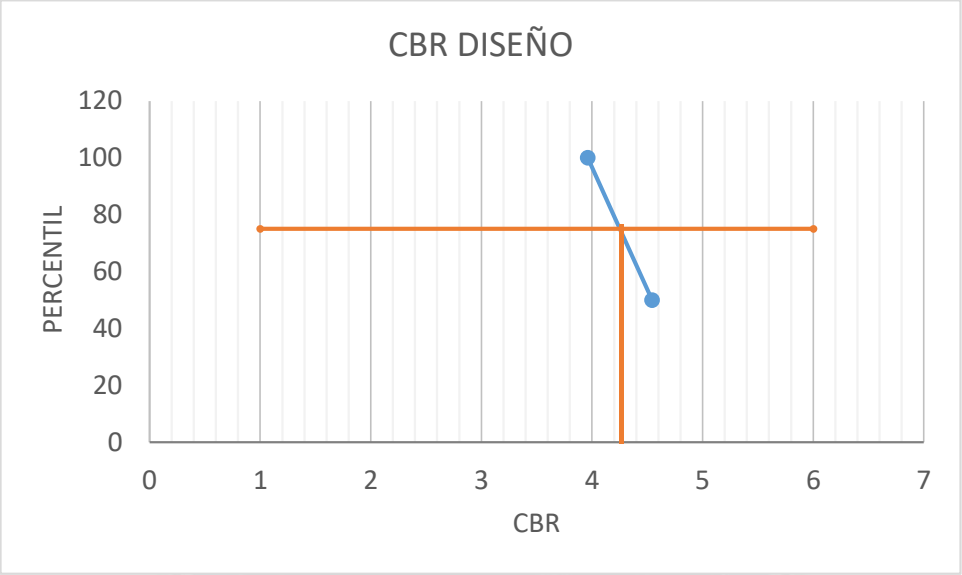
Según el criterio del Instituto del Asfalto los percentiles dependen del nivel de tránsito que presente la vía a ser diseñada. Para este caso de los tramos de vía rural en la vereda Córdoba sector Cofre del municipio de Chiquinquirá departamento de Boyacá, se cuenta con un tránsito aproximado a 1.0×10^6 ejes equivalentes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño de 20 años, lo que significa que se deberá determinar el CBR de diseño con el Percentil 75.

Tabla 8 Determinación de CBR de diseño

CBR %	Valores ≥	%Valores ≥
4.54	1	50
3.96	2	100

Fuente: Elaboración propia

Grafica 2 Determinación de CBR de diseño



Fuente: Elaboración propia

La determinación del CBR de diseño se realizó al porcentaje de valores ≥ correspondientes al 75%. Cabe aclarar que el valor de CBR de diseño aplica para todo el tramo de vía, debido a que las condiciones del suelo son similares en resistencia y caracterización geotécnica.

$$\boldsymbol{CBR\ DE\ DISEÑO = 4,24\ \%}$$

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a las características encontradas en los suelos y el diseño propuesto, se hacen las siguientes observaciones y recomendaciones.

5.4. Del Estudio Geotécnico

- ✓ La capacidad de soporte del suelo se determinó por medio del ensayo de PDC. De acuerdo a los valores de los límites plásticos, humedades de equilibrio, humedad natural y las condiciones propias de la región se recomienda diseñar la estructura del pavimento con CBR en condiciones normales de humedad a partir del ensayo PDC, siempre y cuando se garantice el drenaje adecuado para evitar saturación de las capas de suelo de subrasante.

- ✓ Se determinó que los materiales encontrados en la subrasante poseen un potencial expansivo de bajo a alto, indicando que la vía es muy vulnerable a cambios de volumen drásticos, por tanto, es importante evitar la condición de saturación. Se recomienda hacer un cambio de material reemplazando por lo menos los primeros 30 cm de la capa superior con el fin de diluir problemas expansivos.

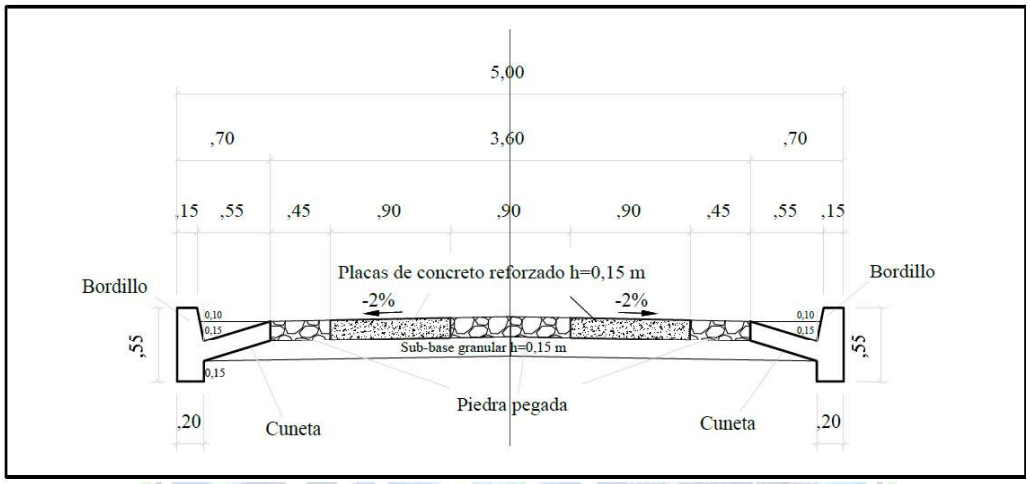
- ✓ El CBR de diseño que aplica para toda la longitud de la vía, por la similitud de condiciones geotécnicas y de resistencia, es de **4,24%,** indicando que no requiere de mejoramiento previo del terreno.

- ✓ La resistencia de los materiales que servirán como soporte de la estructura de pavimento, a partir del CBR de diseño cumplen con el valor mínimo exigido del 3% para que no requieran mejoramiento de la sub rasante

5.5. De la Estructura de Pavimento

- ✓ La metodología de diseño que se debe emplear es por medio de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella propuesta por el INVIAS en el año 2015, donde se involucran las variables de diseño como tránsito, capacidad de soporte de la subrasante, resistencia del concreto y de los materiales empleados con agregados y barras de acero.

- ✓ El sistema típico de la estructura, está compuesto por una capa de subbase con materiales adecuados que cumplan las especificaciones del INVIAS, y sobre esta un par de placas de concreto reforzado, intercaladas con una mezcla de concreto ciclópeo con cantos rodados junto con sus bordillos y cunetas. Esto con el fin de garantizar condiciones satisfactorias de circulación durante su periodo de servicio.



- ✓ Para garantizar la estabilidad de la estructura se recomienda primero rectificar el perfil longitudinal de tal manera que sea aceptable con pequeñas correcciones en las curvas verticales, esto puede hacerse con un material de afirmado.

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

5.6. De las Condiciones de Drenaje

- ✓ Para garantizar la recolección y evacuación de las aguas de escorrentía producto de las aguas pluviales se debe contemplar una red eficiente de drenajes como filtros, cunetas y alcantarillas que estén ubicados estratégicamente de acuerdo a los diseños hidráulicos ya que estos no se encuentran dentro del alcance del presente estudio.

- ✓ Deberá garantizarse la compactación de la sub-rasante antes de la aplicación de las capas de la estructura a diseñar, con el fin de impermeabilizar las capas inferiores con el material de sub-rasante.

- ✓ El pavimento garantizara un buen desempeño en su periodo de diseño siempre y cuando se garantice la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales de la vía.

5.7. Generales

- ✓ Para que la estructura se mantenga dentro de las condiciones de durabilidad seguridad y confort para los usuarios, es recomendable hacer un seguimiento al pavimento mediante inspecciones visuales que permitan identificar deterioros que puedan ser corregidos a tiempo y programar mantenimientos preventivos para no incurrir en gastos elevados a futuro.

- ✓ Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.

Fecha de Realización	Descripción	Realizó
29 / 01 / 2021	Informe Geotécnico	**Ing. Luis Fernando Rangel V.** MP. 25202-322135 CND

ANEXO

ENSAYOS DE LABORATORIO

HOJA Nº 1
DE: 7

PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD**	INDICADA
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO		

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

APIQUE	**1**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0.50	10A	6.00	113.00	94.30	21.18
1.00	4B	5.90	114.70	100.80	14.65
1.50	204	6.40	120.40	104.40	16.33

APIQUE	**2**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0.50	21A	5.80	92.50	68.50	38.28
1.00	105	5.80	96.60	72.40	36.34
1.50	2B	5.80	95.50	73.70	32.11

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

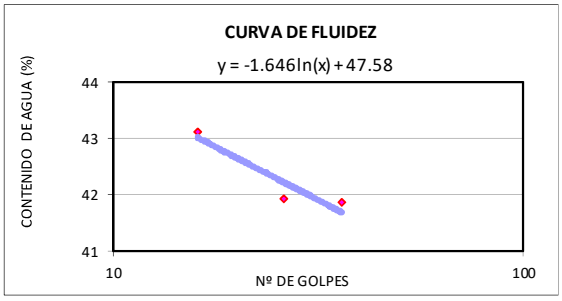
HOJA Nº 2
DE: 7

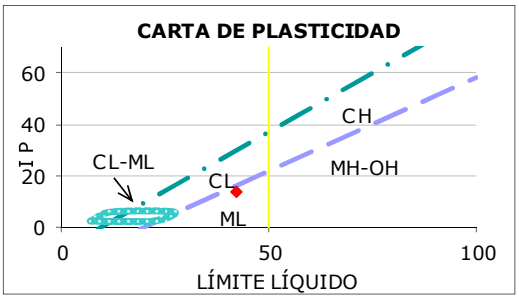
PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.00
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LIMITE LIQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NUMERO DE GOLPES	36	26	16
RECIPIENTE Nº	16L	13A	55
PESO RECIPIENTE (g)	15.34	11.62	15.56
PESO RECIPIENTE +SUELO HUMEDO (g)	36.96	33.22	36.63
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	30.58	26.84	30.28
CONTENIDO DE AGUA (%)	41.86	41.92	43.14

LIMITE PLASTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	1A	3A
PESO RECIPIENTE (g)	6.74	6.75
PESO RECIPIENTE +SUELO HUMEDO (g)	13.68	15.46
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12.15	13.51
CONTENIDO DE AGUA (%)	28.28	28.85





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	26
W PLATÓN (g)	44.80
W PLATÓN + M.S.L (g)	197.90
W PLATÓN + M.D.L (g)	106.90
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	11.70

LÍMITE LÍQUIDO:	**42.28**
LÍMITE PLÁSTICO:	**28.56**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**13.72**
% GRAVAS	**7.64**
% ARENAS	**32.92**
% PASA No. 200	**59.44**

SUCS	
ML	Limo de baja plasticidad

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

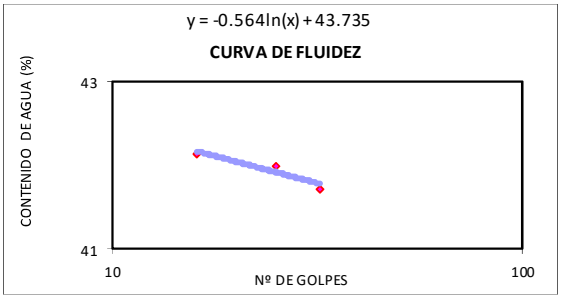
HOJA Nº 3
DE: 7

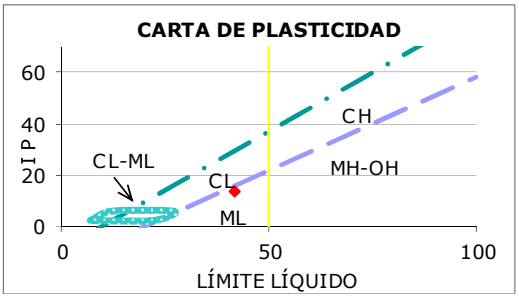
PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	32	25	16
RECIPIENTE Nº	36L	9A	32L
PESO RECIPIENTE (g)	15.07	11.68	15.49
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	36.40	34.06	37.65
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	30.12	27.44	31.08
CONTENIDO DE AGUA (%)	41.73	42.01	42.14

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	H68	11A
PESO RECIPIENTE (g)	7.68	6.70
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	16.04	14.75
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14.19	13.01
CONTENIDO DE AGUA (%)	28.42	27.58





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	17
W PLATÓN (g)	37.00
W PLATÓN + M.S.L (g)	146.00
W PLATÓN + M.D.L (g)	75.60
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	32.60

LÍMITE LÍQUIDO:	**41.92**
LÍMITE PLÁSTICO:	**28.00**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**13.92**
% GRAVAS	**29.91**
% ARENAS	**5.50**
% PASA No. 200	**64.59**

SUCS	
ML	Limo de baja plasticidad

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

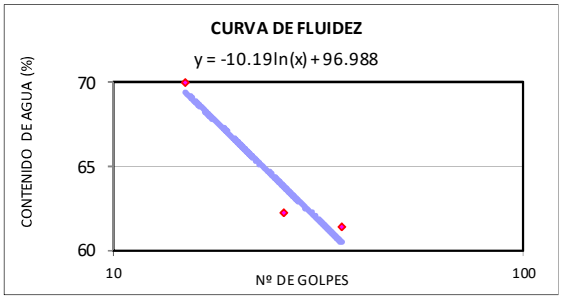
HOJA Nº 4
DE: 7

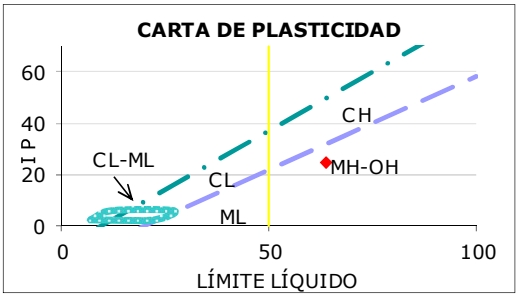
PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA	**APIQUE**	2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.00
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	36	26	15
RECIPIENTE Nº	D	2A	14L
PESO RECIPIENTE (g)	16.20	16.05	15.67
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	38.19	37.82	34.86
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	29.82	29.47	26.96
CONTENIDO DE AGUA (%)	61.45	62.22	69.97

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	7A	H60
PESO RECIPIENTE (g)	7.02	7.99
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14.10	16.35
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12.10	13.94
CONTENIDO DE AGUA (%)	39.37	40.50





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	81
W PLATÓN (g)	36.40
W PLATÓN + M.S.L (g)	184.80
W PLATÓN + M.D.L (g)	81.60
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	0.00

LÍMITE LÍQUIDO:	**64.19**
LÍMITE PLÁSTICO:	**39.94**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**24.25**
% GRAVAS	**0.00**
% ARENAS	**30.46**
% PASA No. 200	**69.54**

SUCS	
MH-OH	Limo o arcilla orgánica de alta plasticidad

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

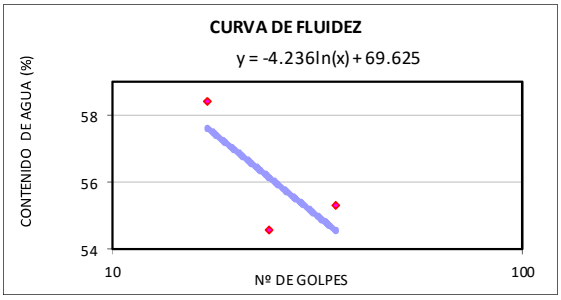
HOJA Nº 5
DE: 7

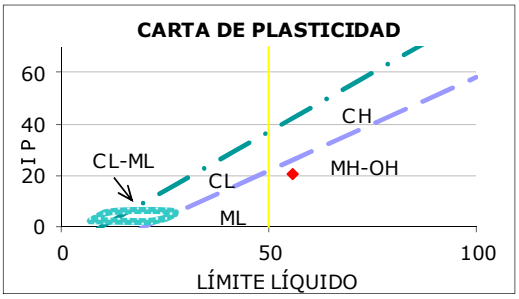
PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA	**APIQUE**	2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	04/12/2020
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LIMITE LIQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NUMERO DE GOLPES	35	24	17
RECIPIENTE Nº	10A	11AB	31L
PESO RECIPIENTE (g)	11.43	13.00	16.25
PESO RECIPIENTE +SUELO HUMEDO (g)	31.31	33.67	35.77
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	24.23	26.37	28.57
CONTENIDO DE AGUA (%)	55.31	54.60	58.44

LIMITE PLASTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	4A	14P
PESO RECIPIENTE (g)	6.81	7.90
PESO RECIPIENTE +SUELO HUMEDO (g)	14.84	15.30
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12.72	13.37
CONTENIDO DE AGUA (%)	35.87	35.28





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	30
W PLATÓN (g)	43.10
W PLATÓN + M.S.L (g)	226.90
W PLATÓN + M.D.L (g)	96.90
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	8.60

LÍMITE LÍQUIDO:	**55.99**
LÍMITE PLÁSTICO:	**35.58**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**20.41**
% GRAVAS	**4.68**
% ARENAS	**24.59**
% PASA No. 200	**70.73**

SUCS	
MH-OH	Limo o arcilla orgánica de alta plasticidad

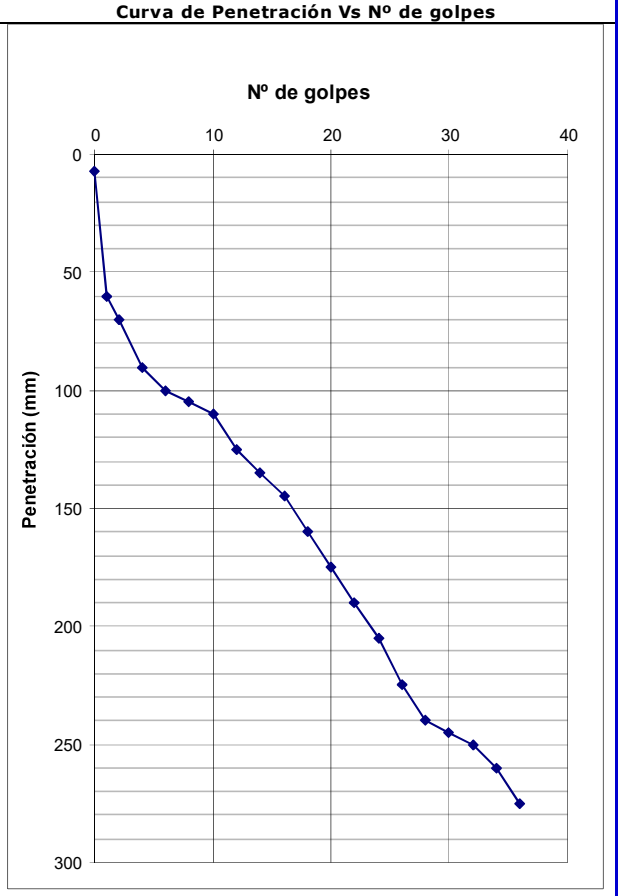
ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA		
APIQUE :	1	**Prof. (m):**	0.80
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	04/12/2020

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	7	53.0	1.7
1	1	60	53.0	1.7
1	2	70	10.0	4.8
2	4	90	10.0	4.8
2	6	100	5.0	7.4
2	8	105	2.5	11.3
2	10	110	2.5	11.3
2	12	125	7.5	5.7
2	14	135	5.0	7.4
2	16	145	5.0	7.4
2	18	160	7.5	5.7
2	20	175	7.5	5.7
2	22	190	7.5	5.7
2	24	205	7.5	5.7
2	26	225	10.0	4.8
2	28	240	7.5	5.7
2	30	245	2.5	11.3
2	32	250	2.5	11.3
2	34	260	5.0	7.4
2	36	275	7.5	5.7

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-445	P1	10.9	4.5%

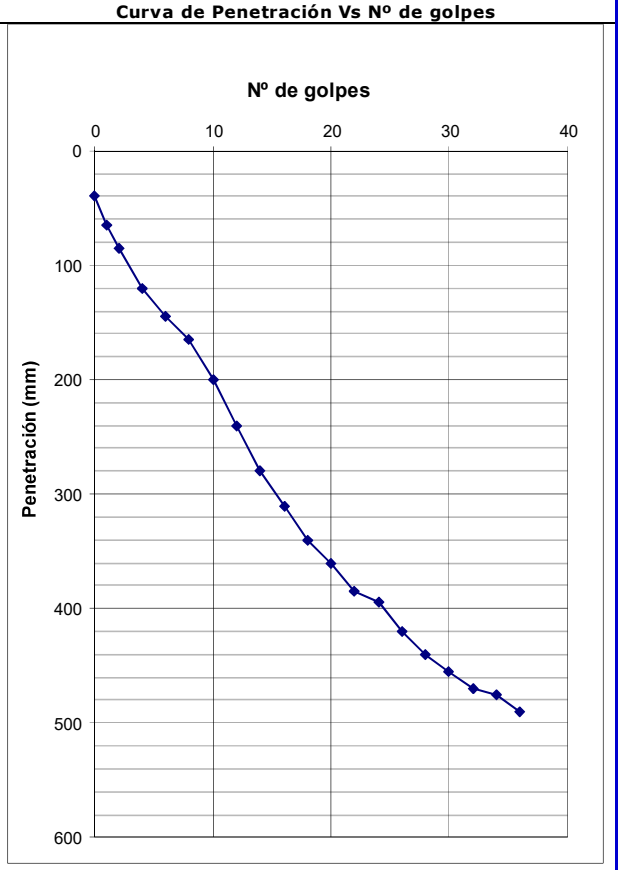
ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA TENERIA SECTOR CABEZA DE PIÑA		
APIQUE :	2	**Prof. (m):**	0.80
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	04/12/2020

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	40	25.0	2.7
1	1	65	25.0	2.7
1	2	85	20.0	3.1
2	4	120	17.5	3.4
2	6	145	12.5	4.2
2	8	165	10.0	4.8
2	10	200	17.5	3.4
2	12	240	20.0	3.1
2	14	280	20.0	3.1
2	16	310	15.0	3.7
2	18	340	15.0	3.7
2	20	360	10.0	4.8
2	22	385	12.5	4.2
2	24	395	5.0	7.4
2	26	420	12.5	4.2
2	28	440	10.0	4.8
2	30	455	7.5	5.7
2	32	470	7.5	5.7
2	34	475	2.5	11.3
2	36	490	7.5	5.7

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

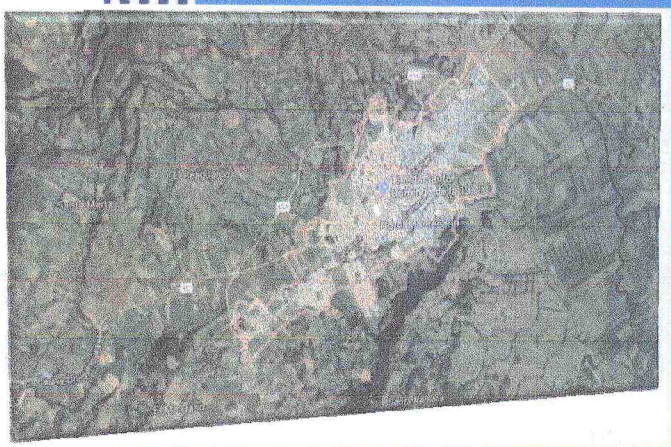
PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-515	P1	13.6	4.0%

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

JUNIO 2018

ESTUDIO DE SUELOS CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ



localización: **CALLE 1 SUR ENTRE CARRERA 10 Y AVENIDA CIRCUNVALAR**

MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ

DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DIRIGIDO A: **ALCALDIA MUNICIPAL**

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 DESCRIPCIÓN GENERAL 4
1.1 LOCALIZACIÓN GENERAL 4
1.2 Localización zona de estudio 5
1.1 GEOLOGÍA [3] 6
1.2 GEOLOGIA REGIONAL 8
1.2.1 Depósitos coluviales (Q2c) 8
Bloques y guijarros envueltos en una matriz arenosa o soportados. 8
1.2.2 Depósitos lacustres (Q2l) 8
Intercalaciones de capas de lodos arenas y lentes de gravas. 8
1.2.3 Conjunto Intermedio (Formación La Frontera-K2F) 8
2 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO. 10
2.1 PROYECTO 10
2.2 OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO 10
2.3 METODOLOGÍA DE ESTUDIO 12
2.4 ENSAYOS REALIZADOS 14
3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO 15
3.1 PERFIL DEL SUBSUELO 15
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS. 17
4 RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES 19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general del municipio de Chiquinquirá dentro de la geografía nacional. 4
Figura 2. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas. 7
Figura 3. Ubicación geológica del sitio de estudio 9
Figura 4. Vista general lote en estudio..... 11
Figura 5. Localización del apique realizado en Google Earth Sector el Mirador (Apique 1 y 2) 12
Figura 6. Actividades de exploración mediante la utilización de pruebas de CBR y ensayos de campo de pruebas de cono de penetración dinámico PDC..... 13
Figura 7. Cuadro resumen ensayos 15
Figura 8. Cuadro Descripción general de los estratos 16
Figura 9. Perfil estratigráfico del suelo encontrado en el apique 1 17
Figura 10. Perfil estratigráfico del suelo encontrado en el apique 2 18

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

1 DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1 LOCALIZACIÓN GENERAL[1]

En la figura 1 se puede apreciar la localización general del municipio de Chiquinquirá dentro de la geografía nacional.

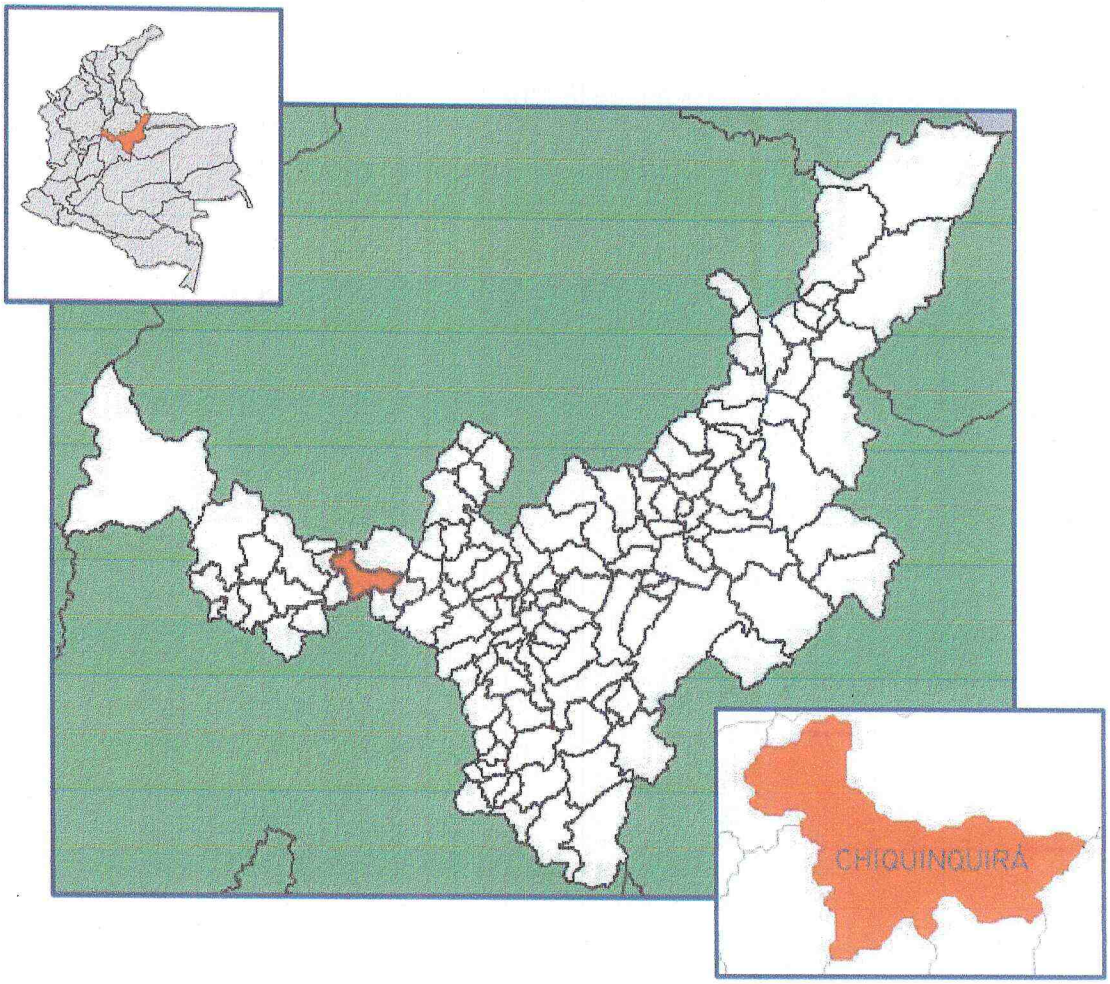


Figura 1 Localización general del municipio de Chiquinquirá dentro de la geografía nacional.

[1] Diccionario Geográfico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1996

CHIQUINQUIRÁ – Municipio Colombiano del departamento de Boyacá. Su cabecera está localizada a los 05º 37' 08" de latitud norte y 73º 49' 12" de longitud oeste. Cuenta con una altura sobre el nivel del mar de 2.550 m., su temperatura media es de 12,8°C. y su precipitación media anual es de 624 mm. Está situada en el valle del río Suárez, a 134 km al norte de Bogotá D.C. y a 73 km de Tunja (Capital DE Boyacá). Con 65 274 hab es el cuarto municipio más poblado del departamento, después de Tunja, Sogamoso y Duitama (que superan los 100 000 habitantes). Limita por el Norte con Saboyá, por el Este con Tinjacá, por el Sur con San Miguel de Sema y el departamento de Cundinamarca y por el Oeste con Caldas y Briceño. Hacen parte del municipio las inspecciones de policía de Sasa – Moyavita y Varela. El territorio es ligeramente quebrado y corresponde a la cordillera Oriental. Es el centro económico y de comercio de la región occidente del departamento de Boyacá, a la que provee de materiales, alimentos elaborados, ropa, textiles e insumos agroveterinarios. Es la cuna u origen de personajes destacados, como el poeta Julio Flórez y el pintor y escultor Rómulo Rozo. Es la sede de la Basílica de la Virgen de Chiquinquirá perteneciente a la iglesia Católica, la cual visitó el Papa Juan Pablo II en 1986. Es un destino turístico del centro del país, pues muchos visitantes y peregrinos llegan a la ciudad para visitar, entre otros, la basílica y la imagen de la Virgen María exhibida en su interior. [2]

1.2 Localización zona de estudio

El proyecto se localiza en el Municipio de Chiquinquirá, sobre las coordenadas referidas al datum Bogotá:

Apique No	Norte	Este
1	1112278,886	1027792,031
2	1112116,052	1027948,875

Estas coordenadas corresponden a la plancha Chiquinquirá 190-I-B-6.

[2] FUENTE: Pagina web municipio de Chiquinquirá. http://www.chiquinquira-boyaca.gov.co/

1.1 GEOLOGÍA [3]

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,

[3] Mapa Geológico del Departamento de Boyacá, Memoria Explicativa. INGEOMINAS, 2000

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.

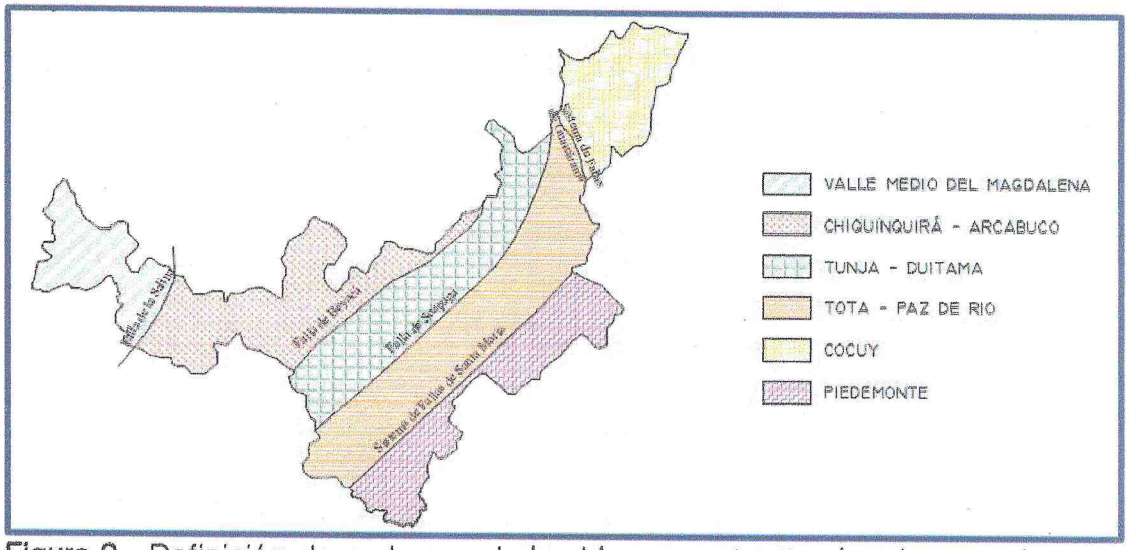


Figura 2. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas.

La Región de la cordillera oriental la cual se describe como, región montañosa de la Cordillera Oriental ocupa la mayor parte (65%) del área del departamento en dirección general sur occidente nororiente, caracterizada por una variedad

de climas que abarca desde los templados suaves hasta los fríos intensos y el típico clima de páramo. En función de los diferentes relieves y las características climáticas que tiene la región, pueden distinguirse tres zonas importantes: el Macizo de Santander, la zona de la Serranía de Los Cobardes o y Ariguíes, que forma una barrera con elevaciones de hasta 3.000 m para separar el Valle del Magdalena al occidente del Valle del Suárez al oriente y zona de relieves glaciares y periglaciares que representen las partes más altas de los páramos con los más pintorescos y exóticos paisajes santandereanos.

1.2 GEOLOGIA REGIONAL [4]

Para esta zona de encuentran diferenciados los siguientes tipos de formas:

1.2.1 Depósitos coluviales (Q2c)

Bloques y guijarros envueltos en una matriz arenosa o soportados.

1.2.2 Depósitos lacustres (Q2l)

Intercalaciones de capas de lodos arenas y lentes de gravas.

1.2.3 Conjunto Intermedio (Formación La Frontera-K2F)

El término de La Frontera ha sido utilizado como miembro lidítico calcáreo de La Frontera (Hubach, Enrique, 1957b, p. 41) y Horizonte de La Frontera (Burgl, Hans, 1961c, p.103). Cáceres, Carlos y Etayo, Fernando (1969, p.6), emplean el término Formación La Frontera para designar una serie de shales calcáreos con concreciones amonitíferas y un conjunto superior de Limolitas silíceas que afloran en la región del Tequendama.

La unidad La Frontera, aflora en una amplia zona de la plancha 190, y constituye un nivel guía, fácilmente reconocible en el campo por sus características morfológicas de cresta. Su estudio litológico se hizo con base en dos secciones estratigráficas, una al oeste de la población de Simijaca (plancha 190, cuadrícula 5D) y la otra en el área de La Candelaria-Samacá (cuadrícula 12D).

FUENTE: GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 170, VÉLEZ, 190 CHIQUINQUIRÁ, COLOMBIA Carlos E. Ulloa M. Erasmo Rodríguez M. INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS, Bogotá, julio de 1979. Recuperado de https://www.sgc.gov.co

Al oeste de Simijaca, la unidad presenta un espesor de 67 m, compuesta en su base por 44 m de limolitas silíceas, grises oscuras a negras, estratificadas en capas que oscilan entre 5 á 20 cm de espesor, con nódulos arcillosos y piritosos, e intercalaciones delgadas de shales negros; su parte media la forman 21 m de lutitas grises oscuras a negras, con nódulos arcillosos. Hacia la base del nivel medio, se presentan dos intercalaciones de limolitas silíceas de 10 cm de espesor. El techo de la unidad lo constituyen 2m de limolitas silíceas grises, en estratos hasta de 20 cm de espesor.
En el área de La Candelaria-Samacá, la unidad solo presenta un espesor de 20 m, compuesta en su base por 10 m de areniscas arcillosas y
lutitas, a las cuales le suprayacen 10 m de limolitas silíceas grises oscuras, en estratos de 5 á 15 cm de espesor. Los contactos de la Formación La Frontera con los demás conjuntos del grupo, son nítidos y concordantes. Su edad ha sido datada por Cáceres, Carlos y Etayo, Fernando (1969) como Turoniana, basados en fauna colectada en la región del Tequendama.

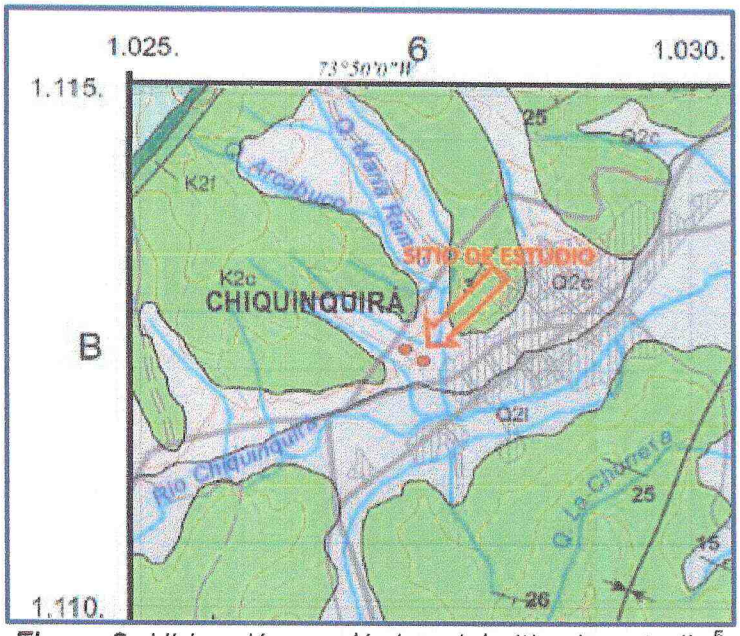


Figura 3. Ubicación geológica del sitio de estudio[5]

[5] FUENTE: Servicio Geológico de Colombia. Estado de la Cartografía Geológica de Colombia 2015 Plancha 190. Escala 1:100.000. Recuperado de https://www.sgc.gov.co

2 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.

2.1 PROYECTO

En el sitio donde se desarrolló la exploración se realizará la pavimentación de un tramo de vía en placa huella en la calle 1 sur entre la carrera 10 y la avenida circunvalar en zona urbana del municipio de Chiquinquirá, departamento de Boyacá, la topografía del terreno es ondulada. La vía cuenta con 5 y 10 centímetros de material tipo afirmado.

2.2 OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El objetivo de presente estudio es realizar la exploración y estudio geotécnico del suelo de subrasante de un tramo de vía urbana del municipio de Chiquinquirá departamento de Boyacá, para posteriormente diseñar la estructura de pavimento en placa huella de acuerdo a las consideraciones del proyecto. Es importante anotar que los estudios complementarios necesarios para la evaluación como tránsito, hidráulica, topografía, procesos constructivos no están dentro del alcance del presente estudio sin embargo se darán algunas observaciones.

En la siguiente tabla podemos ver la localización donde se desarrolló el estudio geotécnico y la cantidad de apiques realizados.

VIA N°	UBICACIÓN		N° APIQUES
	NORTE	OESTE	
1	5°36'51,541"	73°49'48.259"	1
2	5°36'46,238"	73°49'43.165"	1



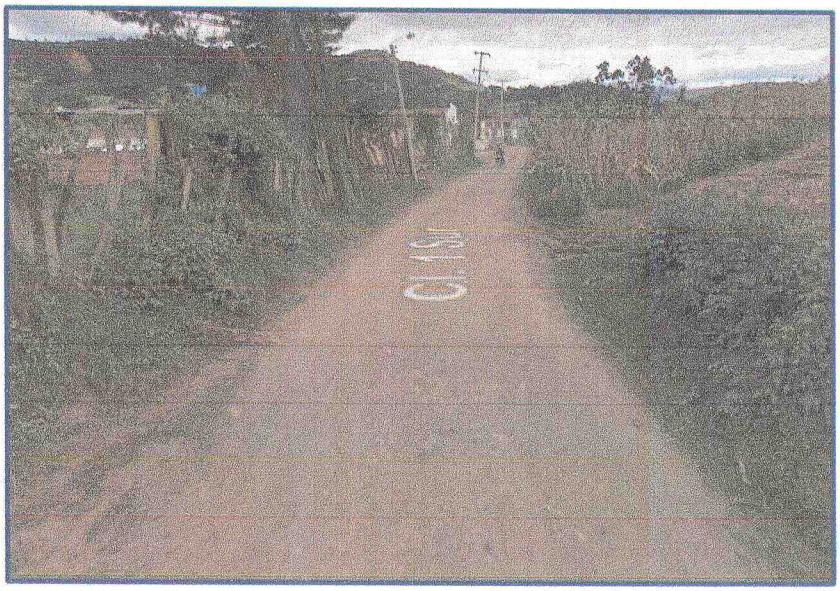


Figura 4. Vista general lote en estudio.

Carrera 9 Bis N° 0 - 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com



Figura 5. Localización del apique realizado en Google Earth Sector el Mirador (Apique 1 y 2)

2.3 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Las actividades contemplan la exploración del subsuelo por medio de dos (02) apiques de avance a una profundidad de 1.50 metros. De los apiques se extrajeron muestras representativas alteradas para determinar el contenido de humedad y para clasificación de los diferentes estratos encontrados, se desarrolló la extracción de muestras inalteradas para determinar el CBR y se realizaron pruebas en campo mediante PDC.
En las siguientes fotografías se pude observar el proceso de exploración



Figura 6. Actividades de exploración mediante la utilización de pruebas de CBR y ensayos de campo de pruebas de cono de penetración dinámico PDC.

Carrera 9 Bis N° 0 - 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

2.4 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.
- Relación de soporte del suelo CBR mediante PDC.
- Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR Laboratorio) INV E – 148 – Tipo

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

3.1 PERFIL DEL SUBSUELO

A continuación, se presenta un resumen con los resultados de los ensayos realizados según la localización de los apiques y los cambios de estratos encontrados.

Apique Nº Prof. (m)	Propiedades físicas y clasificación												Proctor		CBR LABORATORIO		PDC	PROM	EXPANSION TOTAL (%)
	Humedad natural)%	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio	PESO MUESTRA	VOLUMEN	Peso unitario total (ton/m³)	Peso unitario seco (ton/m³)	Pasa 200 (<0,075mm)	Clasificación USC	densidad maxima seca	humedad optima	SECO	SUMERGIDO	CBR		EXPANSION TOTAL (%)
APQ-1 (0,00/0,80)	18,27	18,19	13,74	4,46	1,02	12,19					68,83	CL							
APQ-1 (0,80/2,00)	14,27	29,91	23,76	6,16	-1,54	10,31	.4092	2177	1,88	1,64	79,96	ML	1670	14,00	5,69	2,25	5,64	4,52	0,48
APQ-2 (0,00/1,50)	7,06	19,66	13,05	6,62	-0,90	6,92	4048	2170	1,87	1,74	18,60	SC	1590	12,60	7,64	3,53	5,88	5,68	0,86

Figura 7. Cuadro resumen ensayos

Apique Nº Prof. (m)	DESCRIPCIÓN
APQ - 1 (0,00/0,80)	Material compuesto por arcilla limosa arenosa con grava de color café claro.
APQ - 1 (0,80/2,00)	Material compuesto por limo con arena de color café.
APQ - 2 (0,00/1,50)	Material compuesto por grava limosa y arcillosa de color negro.

Figura 8. Cuadro Descripción general de los estratos

Carrera 9 Bis N° 0 - 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos de los apiques realizados durante el estudio

APIQUE 1

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - APIQUE 1

ESTUDIO DE SUELOS CONSTRUCCIÓN DE VÍA EN PLACA HUELLA CALLE 1 SUR ENTRE CARRERA 10 Y AV. CIRCUNVALAR DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia – Clasificación: Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	CBR: 2%	3%	4%	5%	6%	7%	PERFIL SUCS
(0,00 – 0,10) Estrato compuesto Recebo	0,0												
	0,1												
(0,10 – 0,80) Estrato compuesto por arcilla limosa arenosa con grava de color café claro. Material de consistencia pobre y contenido de humedad moderado	0,2												
	0,3												
	0,4												
	0,5	18,27	18,19	13,74	4,46	66,83							CL-ML A-4
	0,6												
	0,7												
	0,8												
	0,9												
(0,80 – 1,50) Estrato compuesto por limo con arena de color café. Material de consistencia pobre y contenido de humedad bajo	1,0	14,27											
	1,1												
	1,2		29,91	23,75	6,16	79,96			X				ML A-4
	1,3												
	1,4												
	1,5												

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Figura 9. Perfil estratigráfico del suelo encontrado en el apique 1

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

APIQUE 2

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - APIQUE 2

ESTUDIO DE SUELOS CONSTRUCCIÓN DE VÍA EN PLACA HUELLA CALLE 1 SUR ENTRE CARRERA 10 Y AV. CIRCUNVALAR DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia – Clasificación Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	CBR 4%	5%	6%	7%	8%	9%	PERFIL SUCS
(0.00 – 0.10) Estrato compuesto por Recebo	0,0												
	0,1												
(0.10 – 1.50) Estrato compuesto por grava limosa y arcillosa de color negro. Material de consistencia pobre y contenido de humedad bajo	0,2												GC-GM A-2-4
	0,3												
	0,4												
	0,5	5,89											
	0,6												
	0,7												
	0,8												
	0,9		19,66	13,05	6,62	18,60			X				
	1,0	8,22											
	1,1												
	1,2												
	1,3												
	1,4												
	1,5												

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Figura 10. Perfil estratigráfico del suelo encontrado en el apique 2

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

4 RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

De acuerdo a las características encontradas en los suelos se hacen las siguientes observaciones y recomendaciones.

- De acuerdo a la clasificación los suelos encontramos que el suelo de subrasante está compuesto por material de arcilla limosa y grava limosa baja plasticidad, por lo cual se prevé que estos suelos no presentaran aumentos de volumen por cambio de la humedad.

- La subrasante está compuesta principalmente por material limoso y gravoso de consistencia regular y sobre esta hay una capa de 5 a 10 centímetros de material tipo afirmado que sirve como mejoramiento de subrasante.

- En cuanto a la humedad natural podemos observar que esta se mantiene casi constante con la profundidad y presenta valores moderados a bajos para los tipos de material. Sin embargo en el primer estrato del sector del apique 1 se tiene un estrato de 80 centímetros de material limoso con valores de humedad superior al del límite plástico lo que prevé un regular comportamiento del suelo, con estos valores de humedad.

- En cuanto a la expansión se tiene que para los diferentes apiques el potencial expansivo es moderado y bajo, se presenta una situación de contracción del material en condiciones saturadas bajo lo que hace prever poca susceptibilidad a los asentamientos y deformación a la presencia de cargas en estas condiciones.

- Los valores obtenidos de la prueba de CBR nos define suelos de consistencia regular, adicionalmente cuenta con 5 a 10 centímetros en promedio de material de tipo afirmado, por la presencia del material limoso en la parte baja de la vía es necesario realizar un mejoramiento con material de afirmado para dar las condiciones de resistencia de la estructura de placa huella.

- La correlación de la capacidad de soporte del suelo se desarrolló por medio de CBR inalterado realizando penetración en muestras inalteradas

sometidas a inmersión y en estado de humedad natural tomadas de los apiques. De acuerdo a los valores de los límites plásticos, humedades de equilibrio, humedad natural y las condiciones propias de la región se diseñó la estructura del pavimento con el CBR en condiciones de humedad natural.

ING. ESP JIMMY VERGARA SILVA.
M.P. 15202130100
DIRECTOR DE LABORATORIO

Carrera 9 Bis N° 0 - 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Anexos

Carrera 9 Bis N° 0 - 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 1 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 122 –13	DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLA DE SUELO – AGREGADO

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ		
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA- BOYACA	FECHA DE ENSAYO	23/04/2018
DIRIGIDO A :	ALCALDÍA MUNICIPAL		

Apique **1** **Frente a Asprodis**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	103	4,69	62,70	53,74	18,27
0,50-1,00	44-L	4,68	71,61	63,25	14,27

Apique **2** **K 0 + 200**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	46	4,60	60,13	57,04	5,89
0,50-1,00	53	4,72	53,55	49,84	8,22

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 2 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 123 –13	DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ		
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA- BOYACA	FECHA DE ENSAYO	23/04/2018
DIRIGIDO A :	ALCALDÍA MUNICIPAL		

APIQUE 1

PROF. (m)	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,10-0,80	Z-A	42,24	266,79	112,23	68,83
0,80-2,00	Z-30	59,88	276,24	103,24	79,96

APIQUE 2

PROF. (m)	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,10-1,50	Z-31	59,84	286,17	244,07	18,60

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

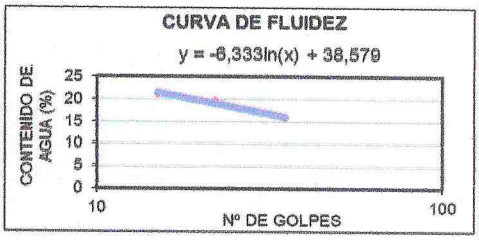
Página 3 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 125 –13 INV E – 126 –13	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**CHIQUINQUIRÁ- BOYACÁ**	SONDEO	**1**
DIRIGIDO A :	**ALCALDÍA MUNICIPAL**	PROFUNDIDAD	**0,10-0,80**
FECHA:	**23/04/2018**	MUESTRA	**2**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por arcilla limosa arenosa con grava de color café claro.

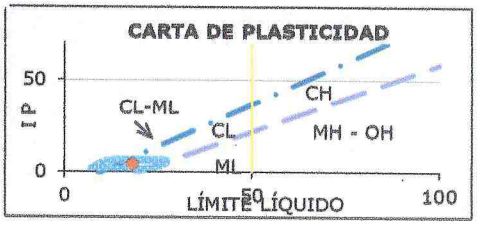
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	35	22	15
RECIPIENTE Nº	59	86	56
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	34,29	34,19	32,34
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	31,57	30,57	29,16
PESO RECIPIENTE (g)	14,41	11,98	14,14
CONTENIDO DE AGUA (%)	15,85	19,47	21,17



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	12	78
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	12,17	12,34
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	11,48	11,65
PESO RECIPIENTE (g)	6,50	6,55
CONTENIDO DE AGUA (%)	13,87	13,60



LÍMITE LÍQUIDO:	***18,19***	% PASA 200	***68,83***
LÍMITE PLÁSTICO:	***13,74***	% ARENAS	***1,34***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***4,46***	% GRAVAS	***29,83***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***1,02***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
CL-ML Arcilla Limosa Arenosa con Grava	***A-4 (0)*** Principalmente Suelos Limosos ÍNDICE DE GRUPO **0**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

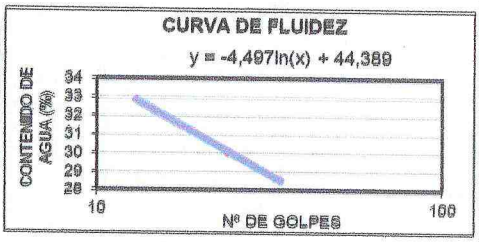
Página 4 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 125 –13 INV E – 126 –13	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ		
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ- BOYACÁ	SONDEO	1
DIRIGIDO A :	ALCALDÍA MUNICIPAL	PROFUNDIDAD	0,80-2,00
FECHA:	23/04/2018	MUESTRA	4

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por limo con arena de color café.

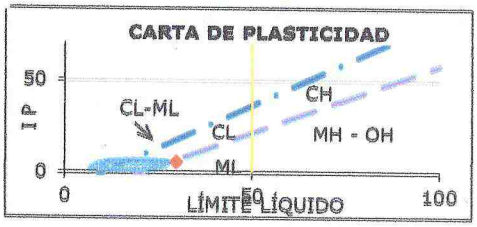
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	34	24	13
RECIPIENTE Nº	29	118	64
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	38,91	37,54	36,90
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	34,08	33,19	32,04
PESO RECIPIENTE (g)	17,18	18,70	17,26
CONTENIDO DE AGUA (%)	28,58	30,02	32,88



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	9	15
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,23	14,60
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,88	13,21
PESO RECIPIENTE (g)	7,30	7,25
CONTENIDO DE AGUA (%)	24,19	23,32



LÍMITE LÍQUIDO:	29,91	% PASA 200	79,96
LÍMITE PLÁSTICO:	23,76	% ARENAS	3,52
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	6,16	% GRAVAS	16,52
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	-1,54		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
ML Limo con Arena.	A-4 (4) Principalmente Suelos Limosos.
	ÍNDICE DE GRUPO 4

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorías y Construcción

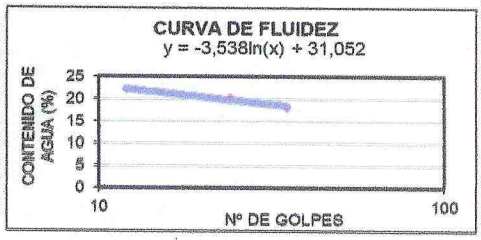
Página 5 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 125 –13 INV E – 126 –13	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERIA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ		
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ- BOYACÁ	SONDEO	2
DIRIGIDO A :	ALCALDÍA MUNICIPAL	PROFUNDIDAD	0,10-1,50
FECHA:	23/04/2018	MUESTRA	4

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por grava limosa y arcillosa de color negro.

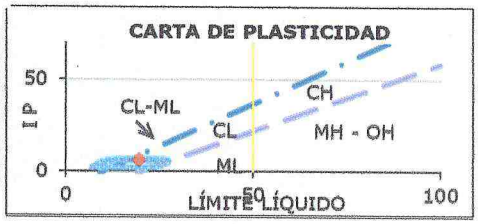
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	35	24	12
RECIPIENTE Nº	83	44	66
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	28,27	30,89	35,37
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	25,68	27,70	31,55
PESO RECIPIENTE (g)	11,39	11,98	14,23
CONTENIDO DE AGUA (%)	18,16	20,29	22,09



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	15	11
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	12,89	11,55
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,16	10,93
PESO RECIPIENTE (g)	6,29	6,34
CONTENIDO DE AGUA (%)	12,49	13,60



LÍMITE LÍQUIDO:	***19.66***	% PASA 200	***18.60***
LÍMITE PLÁSTICO:	***13.05***	% ARENAS	***6.30***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***6.62***	% GRAVAS	***75.10***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0.90***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
GC-GM Grava Limosa y Arcillosa.	***A-2-4 (-2)*** Grava y Arena Limosa y Arcillosa.
	ÍNDICE DE GRUPO ***-2***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

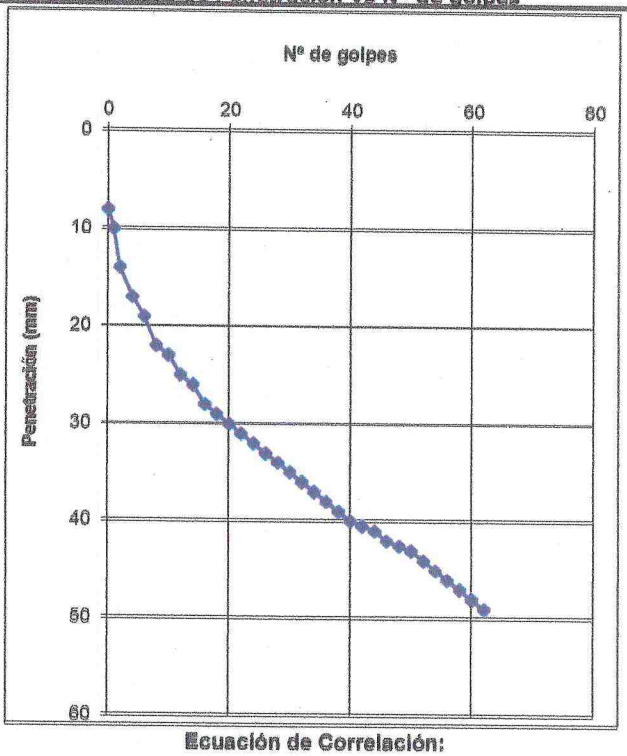
Página 6 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 172 –13	USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO EN APLICACIONES DE PAVIMENTOS A POCA PROFUNDIDAD

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERIA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ				
LOCALIZACIÓN:	Frente a Asprodis				
DIRIGIDO A :	ALCALDÍA MUNICIPAL				
Apique:	1	Margen:	CENTRO	Prof. (m):	0,60 m
Fecha:	23/04/2018				

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Penetración (cm)	I.P.D. (mm/golpe)	CBR (%)
0	8,0		
1	10,0	20,0	10,2
2	14,0	40,0	4,7
4	17,0	15,0	14,1
6	19,0	10,0	22,2
8	22,0	15,0	14,1
10	23,0	5,0	48,1
12	25,0	10,0	22,2
14	26,0	5,0	48,1
16	28,0	10,0	22,2
18	29,0	5,0	48,1
20	30,0	5,0	48,1
22	31,0	5,0	48,1
24	32,0	5,0	48,1
26	33,0	5,0	48,1
28	34,0	5,0	48,1
30	35,0	5,0	48,1
32	36,0	5,0	48,1
34	37,0	5,0	48,1
36	38,0	5,0	48,1
38	39,0	5,0	48,1
40	40,0	5,0	48,1
42	40,5	2,5	104,6
44	41,0	2,5	104,6
46	42,0	5,0	48,1
48	42,5	2,5	104,6
50	43,0	2,5	104,6
52	44,0	5,0	48,1
54	45,0	5,0	48,1
56	46,0	5,0	48,1
58	47,0	5,0	48,1
60	48,0	5,0	48,1
62	49,0	5,0	48,1

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =292/((I.P.D.)^1,12)

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	I.P.D(mm/golpe)	CBR%
0-490	P1	33,9	5,6%

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

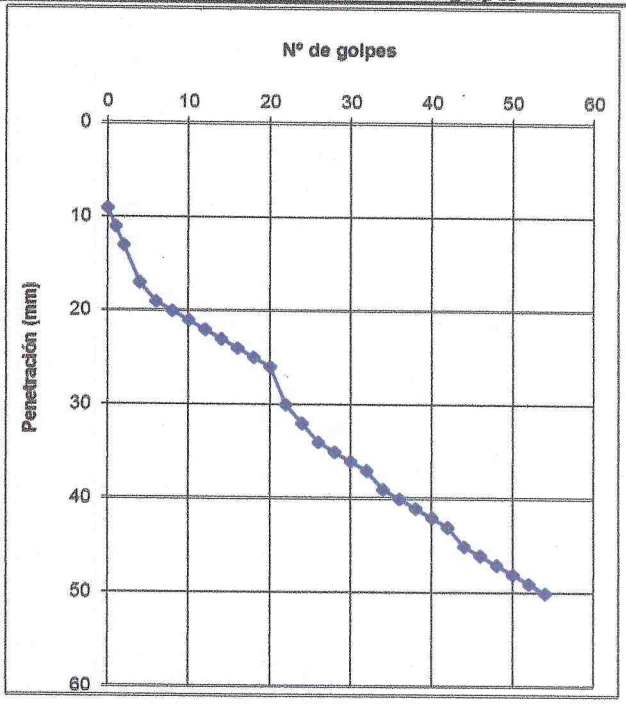
Página 7 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 172 –13	USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO EN APLICACIONES DE PAVIMENTOS A POCA PROFUNDIDAD

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ				
LOCALIZACIÓN:	K 0 + 200				
DIRIGIDO A :	ALCALDÍA MUNICIPAL				
Apique:	1	Margen:	CENTRO	Prof. (m):	0,50 m
Fecha:	23/04/2018				

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Penetración (cm)	I.P.D. (mm/golpe)	CBR (%)
0	9,0		
1	11,0	20,0	10,2
2	13,0	20,0	10,2
4	17,0	20,0	10,2
6	19,0	10,0	22,2
8	20,0	5,0	48,1
10	21,0	5,0	48,1
12	22,0	5,0	48,1
14	23,0	5,0	48,1
16	24,0	5,0	48,1
18	25,0	5,0	48,1
20	26,0	5,0	48,1
22	30,0	20,0	10,2
24	32,0	10,0	22,2
26	34,0	10,0	22,2
28	35,0	5,0	48,1
30	36,0	5,0	48,1
32	37,0	5,0	48,1
34	39,0	10,0	22,2
36	40,0	5,0	48,1
38	41,0	5,0	48,1
40	42,0	5,0	48,1
42	43,0	5,0	48,1
44	45,0	10,0	22,2
46	46,0	5,0	48,1
48	47,0	5,0	48,1
50	48,0	5,0	48,1
52	49,0	5,0	48,1
54	50,0	5,0	48,1

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =292/((I.P.D.)^1,12)

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	I.P.D(mm/golpe)	CBR%
0-260	P1	32,7	5,9%
260-500	P2	35,6	5,3%

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

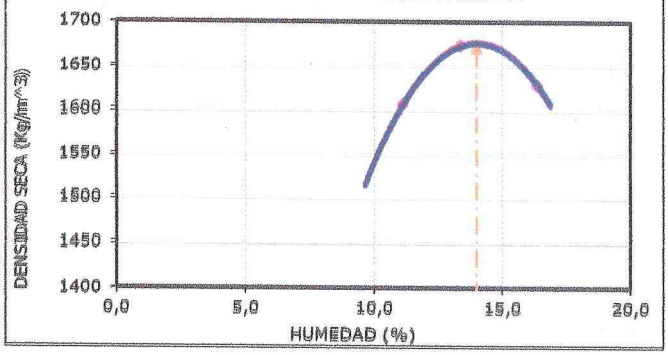
Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 8 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 142 –13	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ**
LOCALIZACIÓN:	**Frente a Asprodis**
DIRIGIDO A :	**ALCALDÍA MUNICIPAL**
FECHA DE ENSAYO:	**23/04/2018**
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :	Material compuesto por limo con arena de color café.

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	56	56	56
PESO SUELO HÚMEDO (g)	5500	5500	5500
HUMEDAD HIGROSCÓPICA (%)	11,31	11,31	11,31
PESO SUELO SECO (g)	4941	4941	4941
HUMEDAD DESEADA (%)	11,3	14,3	17,3
HUMEDAD ADICIONAL (%)	0,0	3,0	6,0
VOLUMEN DE AGUA ADICIONAL (cc)	0	148	296
NÚMERO DE MOLDE	2	2	2
PESO DEL MOLDE (g)	2687	2687	2687
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (g)	6538	6776	6773
PESO DEL SUELO COMPACTO (g)	3851	4089	4086
VOLUMEN DEL MOLDE (cm^3)	2156	2156	2156
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3)	1,786	1,897	1,895
HUMEDAD AL HORNO (%)	11,15	13,37	16,36
DENSIDAD SECA (Kg/m^3)	1607,0	1672,9	1628,4

CURVA DE COMPACTACIÓN



Humedad Optima	14,00%

Densidad Seca Máxima	
Ka/m^3	1670,0
g/cm^3	1,67

OBSERVACIONES:

ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP/15202 - 130100 BYC

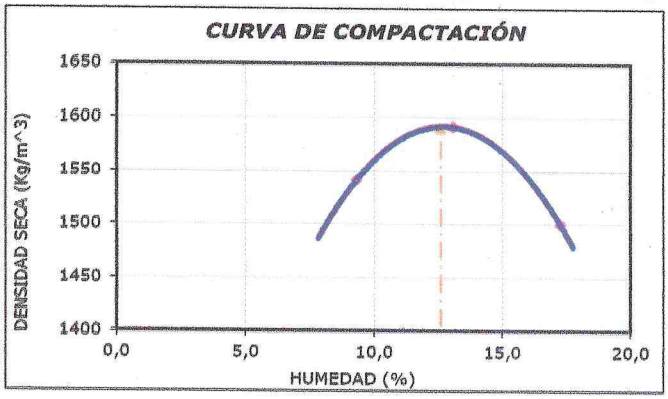
Carrera 9 Bis Nº 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 9 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 142 –13	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ**
LOCALIZACIÓN:	**K 0 + 200**
DIRIGIDO A :	**ALCALDÍA MUNICIPAL**
FECHA DE ENSAYO:	**23/04/2018**
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :	Material compuesto por grava limosa y arcillosa de color negro.

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	56	56	56
PESO SUELO HÚMEDO (g)	5500	5500	5500
HUMEDAD HIGROSCÓPICA (%)	10,21	10,21	10,21
PESO SUELO SECO (g)	4990	4990	4990
HUMEDAD DESEADA (%)	10,2	13,2	16,2
HUMEDAD ADICIONAL (%)	0,0	3,0	6,0
VOLUMEN DE AGUA ADICIONAL (cc)	0	150	299
NÚMERO DE MOLDE	3	3	3
PESO DEL MOLDE (g)	2300	2300	2300
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (g)	5835	6076	5992
PESO DEL SUELO COMPACTO (g)	3535	3776	3692
VOLUMEN DEL MOLDE (cm^3)	2098	2098	2098
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3)	1,685	1,800	1,760
HUMEDAD AL HORNO (%)	9,31	13,10	17,26
DENSIDAD SECA (Kg/m^3)	1541,4	1591,3	1500,7



Humedad Óptima	12,60%

Densidad Seca Máxima	
Kg/m^3	1590,0
g/cm^3	1,59

OBSERVACIONES: _____

ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202 - 130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorías y Construcción

Página 10 de 15	ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO) TIPO I
NORMA INV E – 148 –13	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ
LOCALIZACIÓN:	Frente a Asprodis
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA- BOYACA
DIRIGIDO A :	ALCALDÍA MUNICIPAL

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	55	26	12
PESO SUELO HÚMEDO (g)	5500	5500	5500
HUMEDAD HIGROSCÓPICA (%)	11,22	11,22	11,22
PESO SUELO SECO (g)	4945,2	4945,2	4945,2
HUMEDAD DESEADA (%)	14,00	14,00	14,00
HUMEDAD ADICIONAL (%)	2,78	2,78	2,78
VOLUMEN DE AGUA ADICIONAL (cc)	137	137	137
NÚMERO DE MOLDE	9A	6A	007A
PESO DEL MOLDE (g)	4971	4976	5095
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (g)	9127	9050	9140
PESO DEL SUELO COMPACTO (g)	4156	4074	4045
VOLUMEN DEL MOLDE (cm^3)	2167,47	2184,02	2179,06
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3)	1,917	1,865	1,856
HUMEDAD AL HORNO (%)	13,94	14,04	13,70
DENSIDAD SECA (Kg/m^3)	1682,9	1635,7	1632,6

ENSAYO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nº	1A	6A	3A
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	235,68	281,26	290,85
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	212,70	252,10	261,24
PESO RECIPIENTE (g)	46,39	44,26	46,55
HUMEDAD (%)	13,94	14,04	13,70

LECTURAS DE EXPANSIÓN

DÍAS DE INMERSIÓN	4	4	4
LECTURA DE EXPANSIÓN INICIAL	778,00	819,00	933,00
LECTURA DE EXPANSIÓN FINAL	812,00	892,00	966,00
EXPANSIÓN (mm)	0,86	0,39	0,84
EXPANSIÓN TOTAL (%)	0,62	0,24	0,60

OBSERVACIONES:

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis Nº 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 11 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 148 –13	RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO) TIPO I

PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ**
LOCALIZACIÓN:	**K 0 + 200**
MUNICIPIO:	**CHIQUINQUIRÁ- BOYACA**
DIRIGIDO A :	**ALCALDÍA MUNICIPAL**

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	55	26	12
PESO SUELO HÚMEDO (g)	5500	5500	5500
HUMEDAD HIGROSCÓPICA (%)	10,10	10,10	10,10
PESO SUELO SECO (g)	4995,5	4995,5	4995,5
HUMEDAD DESEADA (%)	12,60	12,60	12,60
HUMEDAD ADICIONAL (%)	2,50	2,50	2,50
VOLUMEN DE AGUA ADICIONAL (cc)	125	125	125
NÚMERO DE MOLDE	5A	1A	3A
PESO DEL MOLDE (g)	5292	4516	4593
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (g)	9364	8575	8607
PESO DEL SUELO COMPACTO (g)	4072	4059	4014
VOLUMEN DEL MOLDE (cm^3)	2169,96	2174,46	2172,71
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3)	1,882	1,867	1,847
HUMEDAD AL HORNO (%)	12,17	12,28	12,93
DENSIDAD SECA (Kg/m^3)	1678,0	1662,5	1635,9

ENSAYO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nº	18A	8A	4A
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	319,44	295,00	164,83
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	289,82	267,65	151,31
PESO RECIPIENTE (g)	46,40	44,95	46,74
HUMEDAD (%)	12,17	12,28	12,93

LECTURAS DE EXPANSIÓN

DÍAS DE INMERSIÓN	2	2	2
LECTURA DE EXPANSIÓN INICIAL	363,83	401,63	316,58
LECTURA DE EXPANSIÓN FINAL	392,97	473,95	342,46
EXPANSIÓN (mm)	0,74	1,84	0,66
EXPANSIÓN TOTAL (%)	0,59	1,46	0,52

OBSERVACIONES:

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 12 de 15	ENSAYO RELACIONES ESFUERZO – DEFORMACIÓN EN EL ENSAYO CBR
NORMA INV E – 148 –13	

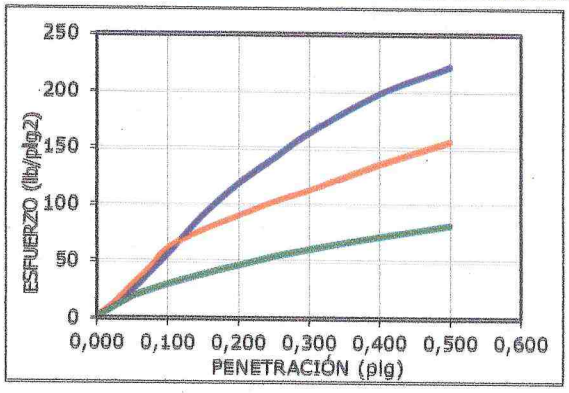
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ
LOCALIZACIÓN:	Frente a Asprodis
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA- BOYACA
DIRIGIDO A :	ALCALDIA MUNICIPAL

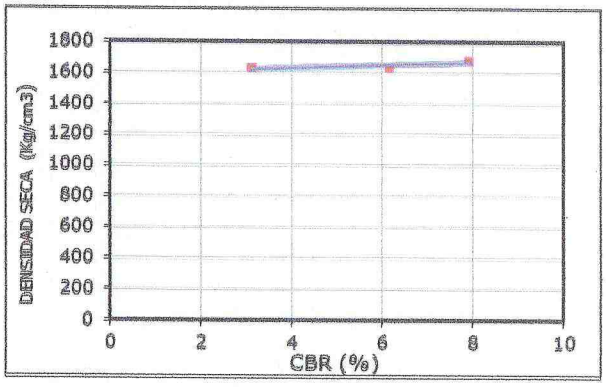
NO SUMERGIDO

Molde No.	3A		6A		007A	
No.Golpes	55		26		12	
Penet (pig)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)
0,005	7	5	6	4	5	4
0,025	18	12	20	14	15	11
0,050	36	25	42	29	27	19
0,075	58	41	64	45	36	25
0,100	81	57	88	62	43	30
0,150	130	91	111	78	56	39
0,200	169	119	129	90	67	47
0,250	201	141	146	103	78	54
0,300	233	163	161	113	87	61
0,400	282	198	193	136	103	72
0,500	316	222	222	156	117	82
CBR corr 0.1 (%)	5,7		6,2		3,0	
CBR corr 0.2 (%)	7,9		6,0		3,1	

No. Golpes	Densidad seca (Kg/m3)	CBR
55	1682,86	7,9
26	1635,71	6,2
12	1632,63	3,1

Límite Líquido	44,11
Límite Plástico	35,76
Índice Plástico	8,35
Clasificación	ML





ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 13 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 148 –13	RELACIONES ESFUERZO – DEFORMACIÓN EN EL ENSAYO CBR

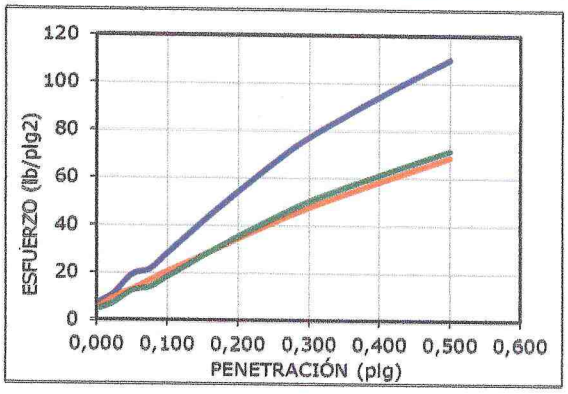
PROYECTO:	**CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERIA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ**
LOCALIZACIÓN:	**Frente a Asprodis**
MUNICIPIO:	**CHIQUINQUIRÁ- BOYACÁ**
DIRIGIDO A :	**ALCALDÍA MUNICIPAL**

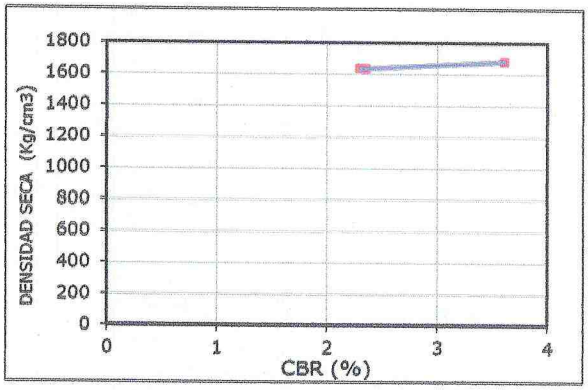
SUMERGIDO

Molde No.	3A		6A		007A	
No.Golpes	55		26		12	
Penet (plg)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)
0,005	11	8	9	6	10	5
0,025	17	12	15	10	15	8
0,050	28	19	18	13	25	13
0,075	31	22	24	17	28	14
0,100	40	28	29	21	37	18
0,150	59	42	39	27	54	27
0,200	77	54	49	35	71	35
0,250	94	66	59	41	86	43
0,300	110	77	68	48	100	50
0,400	134	94	83	58	123	61
0,500	157	110	98	69	143	72
CBR corr 0.1 (%)	**2,8**		**2,1**		**1,8**	
CBR corr 0.2 (%)	**3,6**		**2,3**		**2,4**	

No. Golpes	Densidad seca (Kg/m3)	CBR
55	1682,86	3,6
26	1635,71	2,3
12	1632,63	2,4

Límite Líquido	*44,11*
Límite Plástico	*35,76*
Índice Plástico	*8,35*
Clasificación	*ML*





ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 14 de 15	ENSAYO RELACIONES ESFUERZO – DEFORMACIÓN EN EL ENSAYO CBR
NORMA INV E – 148 –13	

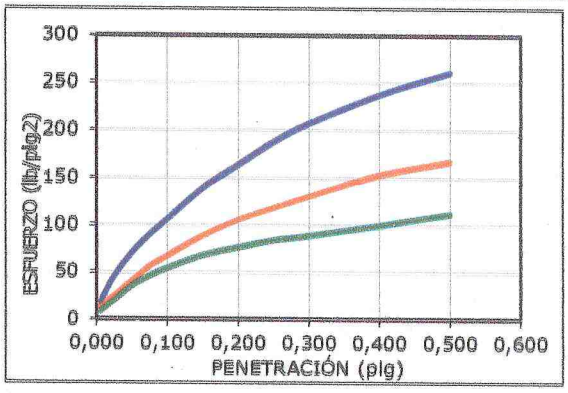
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERÍA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ
LOCALIZACIÓN:	K 0 + 200
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA- BOYACA
DIRIGIDO A :	ALCALDIA MUNICIPAL

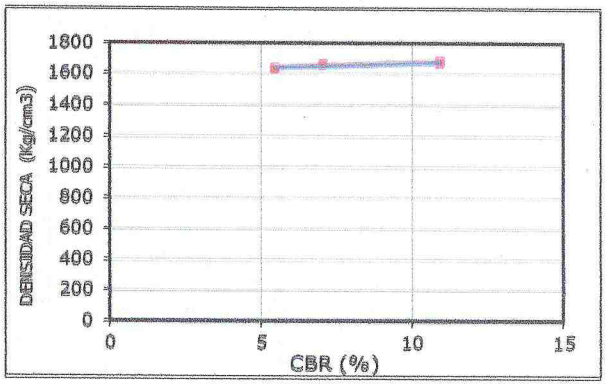
NO SUMERGIDO

Molde No.	5A		1A		3A	
No.Golpes	55		26		12	
Penet (plg)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)
0,005	27	19	20	14	13	9
0,025	66	46	36	25	29	20
0,050	101	71	58	41	51	36
0,075	129	90	81	56	66	46
0,100	152	107	97	68	78	55
0,150	199	139	127	89	97	68
0,200	234	164	151	106	109	76
0,250	268	188	169	118	120	84
0,300	296	207	186	131	127	89
0,400	339	238	218	153	143	100
0,500	372	261	238	167	160	112
CBR corr 0.1 (%)	10,7		6,8		5,5	
CBR corr 0.2 (%)	10,9		7,0		5,1	

No. Golpes	Densidad seca (Kg/m3)	CBR
55	1678,04	10,9
26	1662,51	7,0
12	1635,94	5,5

Límite Líquido	44,11
Límite Plástico	35,76
Índice Plástico	8,35
Clasificación	ML





ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis Nº 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 15 de 15	ENSAYO
NORMA INV E – 148 –13	RELACIONES ESFUERZO – DEFORMACIÓN EN EL ENSAYO CBR

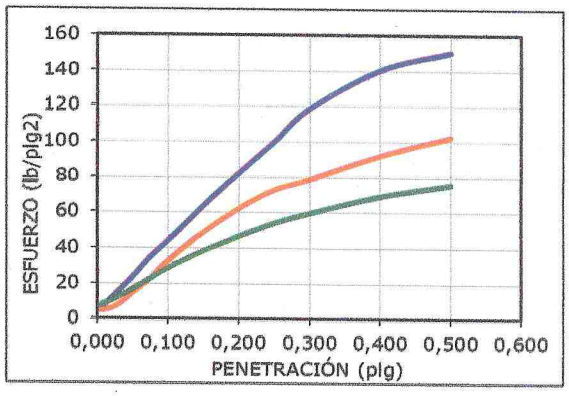
PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PLACA HUELLAS EN LA VEREDA TENERIA SECTOR ASPRODIS DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ
LOCALIZACIÓN:	K 0 + 200
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRÁ- BOYACÁ
DIRIGIDO A :	ALCALDIA MUNICIPAL

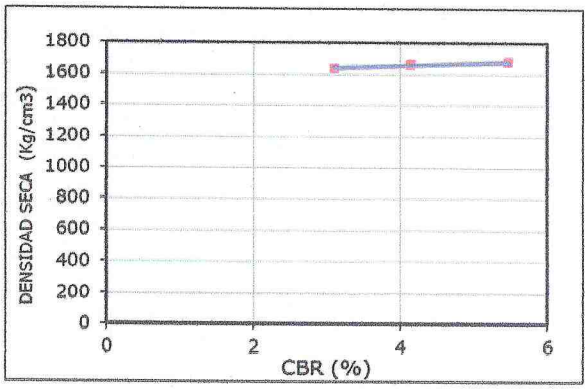
SUMERGIDO

Molde No.	5A		1A		3A	
No.Golpes	55		26		12	
Penet (plg)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)	Lect dial (Kgf)	Esf. (lb/pulg2)
0,005	8	6	7	5	11	8
0,025	20	14	10	7	16	12
0,050	34	24	21	15	24	17
0,075	50	35	33	23	33	23
0,100	63	44	47	33	41	29
0,150	91	64	70	49	55	38
0,200	117	82	89	62	66	47
0,250	142	100	104	73	77	54
0,300	169	119	112	79	85	60
0,400	200	141	131	92	98	69
0,500	214	150	146	102	108	76
CBR corr 0.1 (%)	4,4		3,3		2,9	
CBR corr 0.2 (%)	5,5		4,1		3,1	

No. Golpes	Densidad seca (Kg/m3)	CBR
55	1678,04	5,5
26	1662,51	4,1
12	1635,94	3,1

Límite Líquido	*44,11*
Límite Plástico	*35,76*
Índice Plástico	*8,35*
Clasificación	*ML*





ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

FWF GEOINGENIERIA S.A.S
NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y CONSTRUCCION

2021

ESTUDIO GEOTÉCNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ
VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1

FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Barbosa Santander.

29-1-2021

ESTUDIO GEOTÉNICO
CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ

Localización:
VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1
CHIQUINQUIRÁ BOYACÁ

Elaborado por:
FWF GEOINGENIERIA S.A.S.

Dirigido a:
ALCALDÍA DE CHIQUINQUIRÁ

BARBOSA SANTANDER
2021

CARRERA 7 # 5C-43 AVENIDA DE LAS AMÉRICAS BARBOSA SANTANDER- COLOMBIA
CONTACTOS: 3144615974 – 3112191382 – 3115399142
E-mail: fwfgeoingenieria@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 5

1. OBJETIVOS 6

1.1. GENERAL 6
1.2. ESPECÍFICOS 6

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO 7

2.1. LOCALIZACIÓN GENERAL 7
2.2. EXPLORACIÓN EN CAMPO 7
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO 8
2.4. NIVEL FREÁTICO Y AGUAS SUBTERRÁNEAS 8
2.5. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 9
2.5.1. APIQUE 1 9
2.5.2. APIQUE 2 9

3. ANALISIS DE RESULTADOS 12

3.1. HUMEDAD NATURAL 12
3.2. RESISTENCIA 13

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 14

5. PARÁMETROS DE DISEÑO 15

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE 15
5.2. CBR DE DISEÑO A PARTIR DE CRITERIO DEL PERCENTIL 15

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 17

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 *Profundidades máximas de exploración* *8*
Tabla 2 *Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.* *9*
Tabla 3 *Resultados obtenidos de los ensayos de PDC* *13*
Tabla 4 *Clasificación del suelo según el CBR* *13*
Tabla 5 *Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.* *14*
Tabla 6 *Potencial expansivo de los suelos* *14*
Tabla 7 *Resultados obtenidos de los ensayos de PDC* *15*
Tabla 8 *Determinación de CBR de diseño* *16*

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 *Localización del sitio en estudio* _____ *7*
Figura 2 *Perfil estratigráfico para apique No.1* _____ *10*
Figura 3 *Perfil estratigráfico para apique No.2* _____ *11*

INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar las condiciones de tránsito en las vías rurales del Municipio de Chiquinquirá Boyacá, se propuso la implementación de una estructura de pavimento que ofrezca mejores condiciones de tránsito, flujo vehicular en esta zona y comodidad para los habitantes, por tal motivo el presente informe contempla el estudio geotécnico que permite determinar las condiciones del terreno donde se va colocar la estructura, mostrando propiedades de resistencia, estratos, y tipo de materiales encontrados, que permitan establecer parámetros geotécnicos para llevar a cabo un correcto diseño de la estructura.

En el presente documento se da a conocer la descripción del estudio y metodología, presentando resultados de laboratorio, caracterización de materiales, y análisis de la capacidad de soporte de la sub-rasante, esto con el fin de establecer recomendaciones de diseño y construcción de la estructura de pavimento.

Se establecerán pequeños modelos topográficos, geológicos y geotécnicos, que permiten realizar el análisis de capacidad de soporte del sitio de estudio, involucrando los parámetros obtenidos y las diversas condiciones climáticas que se pueden presentar en la zona. En el modelo geotécnico de contempla la exploración de subsuelo de acuerdo al objetivo fijado para el sitio, que comprende la ejecución de apiques para vías terciarias, realizando ensayos de campo como el penetrómetro dinámico de cono PDC, recuperación de muestras alteradas, que serán llevadas al laboratorio, donde se hará la caracterización física general que abarca límites de consistencia, granulometría por lavado sobre tamiz 200, humedad natural, y ensayos de resistencia como PDC según el material encontrado, con esta información se podrán clasificar e identificar la estratigrafía del terreno encontrado y así poder dar recomendaciones de diseño.

1. OBJETIVOS

1.1. General

Realizar la exploración y estudio geotécnico del suelo de sub-rasante para él, diseño y construcción de la estructura de pavimento sobre un tramo de vía ubicado en la Vereda Sucre Occidental Tramo 1 del municipio de Chiquinquirá.

1.2. Específicos

- Ejecutar la investigación del subsuelo mediante la realización de dos (02) apiques manuales a 1.5 m de profundidad.
- Extraer muestras alteradas e inalteradas de los estratos presentes en la zona de estudio, si lo permite los materiales.
- Clasificar los estratos hallados en la zona de estudio, mediante el desarrollo de ensayos de laboratorio.
- Determinar las propiedades mecánicas de los suelos encontrados mediante la ejecución de ensayos de resistencia desarrollados en campo y en laboratorio.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación ante la solicitación de cargas estructurales.
- Formular una serie de recomendaciones que sean de gran utilidad en las fases de diseño y construcción para garantizar la estabilidad de la estructura proyectada.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1. Localización general

El proyecto se llevará a cabo en la vereda Sucre occidental Tramo 1 del municipio de Chiquinquirá – Boyacá perteneciente a la provincia occidente en el departamento de Boyacá.

Figura 1 Localización del sitio en estudio



Fuente: Google Maps.

2.2. Exploración en campo

El director de la exploración seleccionó cada uno de los sitios de perforación, para lo cual tuvo en cuenta que los apiques quedaran dentro del área de la vía a intervenir, con el fin detectar zonas con características especiales (existencia de material de relleno, flujos de agua sub superficial, variación del estrato superficial, entre otros).

Las actividades contemplan la exploración del subsuelo por medio de dos (02) apiques de ejecutados manualmente. De los cuales en su totalidad se extrajeron muestras representativas alteradas para determinar el contenido de humedad y para clasificación de los diferentes estratos encontrados, además se hizo el ensayo de campo mediante el equipo PDC.

Esto se definió basándose en la experiencia del ingeniero, donde se identificó la homogeneidad en los materiales encontrados.

En la siguiente tabla se presentan las profundidades máximas de cada exploración.

Tabla 1 Profundidades máximas de exploración

Perforación	Prof. máxima
Apique 1	1.5 m
Apique 2	1.5 m

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de exploración se recuperaron muestras inalteradas mediante probetas de CBR.

2.3. Ensayos de Laboratorio

Con el objetivo de realizar una caracterización del suelo de sub-rasante, se tomaron muestras alteradas para la ejecución de ensayos de laboratorio de humedad natural, lavado sobre tamiz No. 200, y límites de Atterberg.
Para determinar la resistencia del sub suelo se extrajeron muestras inalteradas, y se desarrollaron ensayos PDC en campo, en donde por medio de correlaciones geotécnicas de diferentes autores, se determinó la resistencia del material.

2.4. Nivel freático y aguas subterráneas

Durante el proceso de exploración no se evidencio presencia de nivel freático hasta la profundidad explorada.

2.5. Perfil estratigráfico

La exploración del subsuelo permitió establecer un perfil típico en la zona de estudio, el cual se describe a continuación.

2.5.1. Apique 1

Alcanzó una profundidad de 1.50 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes estratos.

- 0.00m – 0.10 m: Capa material granular.
- 0.10m - 1.50m (AASTHO A-6): Limo arcilloso de color gris con amarillo, de consistencia media.

2.5.2. Apique 2

Alcanzó una profundidad de 1.50 metros, dentro de los cuales se encontraron los siguientes materiales.

- 0.00m – 1,50m (AASTHO – A-7-6): Limo orgánico, presencia de shale de color gris con oxidaciones, de consistencia firme.

.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación practicados a cada una de las muestras analizadas.

Tabla 2 Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de clasificación.

Perf.	*Prof. (m)*	*% Gravas*	*% Arenas*	*% Finos*	*LL (%)*	*LP (%)*
Apique 1	0.90	21.38	17.10	61.52	39.47	20.73
	1.50	0.00	13.57	86.43	40.18	20.86
Apique 2	0.80	1.58	19.13	79.29	41.62	13.78
	1.50	25.74	3.10	71.16	50.30	25.04

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Perfil estratigráfico para apique No.1

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		**APIQUE 1**
LOCALIZACION	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1	**DIRIGIDO A**	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ		

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	AASTHO	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0.0	0,0-0,		Capa material granular											
0.1														
0.2	0,10 - 1,50		Limo arcilloso de color gris con amarillo, de consistencia media.	A-6										
0.3														
0.4														
0.5					15.3									
0.6														
0.7														4.13%
0.8														
0.9						39.47	20.73	18.74	61.52	17.10	21.38			
1.0					13.0									
1.1														
1.2														
1.3														
1.4														
1.5					0.0	40.18	20.86	19.32	86.43	13.57	0.00			

Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Perfil estratigráfico para apique No.2

FWF GEOINGENIERÍA SAS

NIT: 900730123-4
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA, DISEÑO, INTERVENTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL			**APIQUE 2**
LOCALIZACION	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1	**DIRIGIDO A**	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	
MUNICIPIO	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ			

Profundidad (m)	Espesor	Litologia	Descripción del suelo	AASTHO	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Pasa No. 200 (%)	% Arenas	% Gravas	% CBR No Sumer.	% CBR Sumergido	% CBR con PDC
0.0	0,00 - 1,50		Limo orgánico, presencia de shale de color gris con oxidaciones, de consistencia firme.	A-7-6										
0.1														
0.2														
0.3														
0.4														
0.5					10.2									
0.6														
0.7														5.58%
0.8						41.6	13.8	27.8	79.3	19.1	1.6			
0.9														
1.0					12.7									
1.1														
1.2														
1.3														
1.4														
1.5					0.0	50.30	25.04	25.27	71.16	3.10	25.74			

Fuente: Elaboración propia

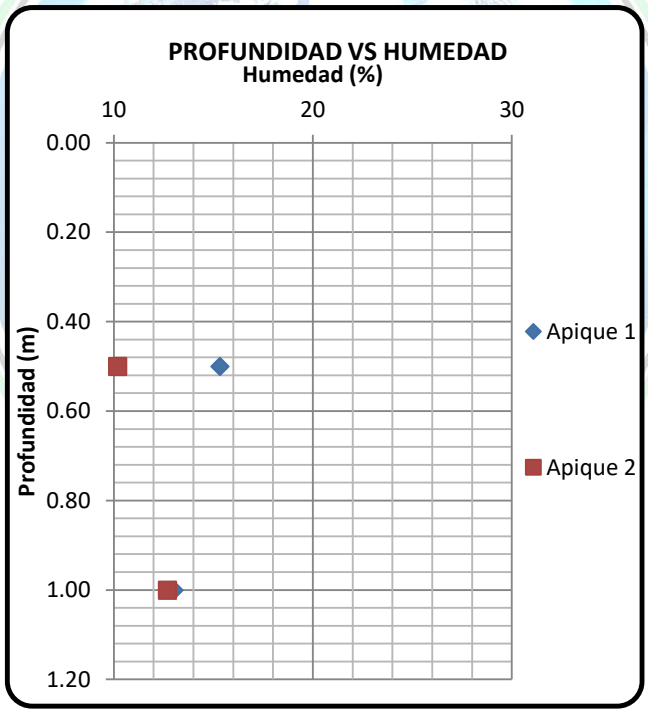
3. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta un análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio y campo desarrollados.

3.1. Humedad Natural

La humedad del suelo de fundación es un parámetro muy importante a tener en cuenta durante el desarrollo de un proyecto ingenieril, pues la consistencia y resistencia del suelo están ligados directamente al porcentaje de contenido de agua del mismo, es por esta razón que se generó la gráfica 1, en la cual se muestran los perfiles de humedades de los materiales extraídos durante la labor en campo.

Grafica 1 Perfil de humedad



Fuente: Elaboración propia

En La grafica anterior se puede apreciar que los niveles de humedad fluctúan entre el 10 y el 15 %, donde:

- Se presentan una variación del contenido de humedad con la profundidad, donde no se observa una tendencia clara. Las variaciones climáticas y lo somero del estrato pueden afectar la condición de humedad.

3.2. Resistencia

Una de las variables más influyentes en el diseño de la estructura de un pavimento es la resistencia del suelo de subrasante, en nuestro medio por factores económicos es habitual el empleo del ensayo del CBR para determinar dicha resistencia, en el presente estudio se adoptó el método del CBR por el ensayo PDC, el tramo vial.:

En la tabla 3, se ilustran los resultados obtenidos.

Tabla 3 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*
1	4.1%
2	5.6%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Clasificación del suelo según el CBR

Clasificaciòn del suelo de acuerdo con el CBR

CBR (%)	Clasificaciòn 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

En términos de relación de soporte de California (CBR) y en condiciones de humedad natural, se adopta el escenario donde el suelo se encuentra en condiciones normales de humedad, siempre y cuando se garantice un correcto drenaje de la vía que se pretende construir donde se evitara al máximo la saturación de materiales de sub-rasante. De acuerdo a lo anterior los suelos que componen la sub-rasante se describen de la siguiente manera:

Apique 1. Se clasifica como un material **Pobre a Regular**, que puede usarse como material de sub rasante.

Apique 2. Se clasifica como un material **Pobre a Regular**, que puede usarse como material de sub rasante.

4. ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

Los estratos conformados principalmente por partículas finas son susceptibles a presentar expansión, en este caso la mayoría son de tipo fino, por tanto, surge la necesidad de realizar un análisis del potencial expansivo a las pequeñas porciones de material fino que pueden llegar a presentar expansión ante la variación del contenido de humedad. Según la metodología propuesta por Holtz y Gibbs2, la cual es recomendada por INVIAS, el potencial expansivo de la sub rasante puede ser estimado con base en las características de plasticidad de los suelos bajo el siguiente criterio:

Tabla 5 Clasificación de potencial de expansión según INVIAS.

Potencial Expansivo	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)
Alto	>60	>35
Marginal	50–60	25–35
Bajo	<50	<25

Fuente: INVIAS.

Tabla 6 Potencial expansivo de los suelos

Sondeo	*Profundidad (m)*	*SUCS*	*LL (%)*	*IP (%)*	*Potencial de Expansión*
Apique 1	0.90	CL	39.47	18.74	Bajo
	1.50	CL	40.18	19.32	Bajo
Apique 2	0.80	CL	41.62	27.84	Bajo
	1.50	CL	50.30	25.04	Marginal

Fuente: Elaboración propia, con base en la tabla INVIAS.

La evaluación de expansión presenta materiales con bajo a marginal potencial de expansión. La condición de arcillas de baja plasticidad disminuye el fenómeno expansivo en los suelos.

Vale la pena recordar que en el capítulo 10 del presente documento, se darán a conocer una serie de recomendaciones que tienen por objeto controlar la variación del contenido de humedad, evitando así, la ocurrencia de cambios volumétricos del suelo de fundación.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1. Características de la Subrasante

Las condiciones de resistencia de la sub-rasante, se determinan a partir de ensayos realizados en campo como CBR a partir de la prueba PDC. Estos resultados son de gran importancia donde deberá elegirse el valor adecuado para diseño de la estructura de pavimento tipo placa huella.

Con los resultados obtenidos que se muestran a continuación se determina lo siguiente:

Tabla 7 Resultados obtenidos de los ensayos de PDC

Apique	*% CBR Promedio con PDC*	*% CBR Inalterado*
		No Sumergido
1	4.13%	N/A
2	5.58%	N/A

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que se presentan 2 apiques dentro del mismo tramo, donde a partir de los resultados se encontraron materiales homogéneos con características similares en comportamiento, por lo tanto, se determina realizar una sección de estructura de pavimento para toda la longitud en los diferentes tramos.

5.2. CBR de diseño a partir de criterio del percentil

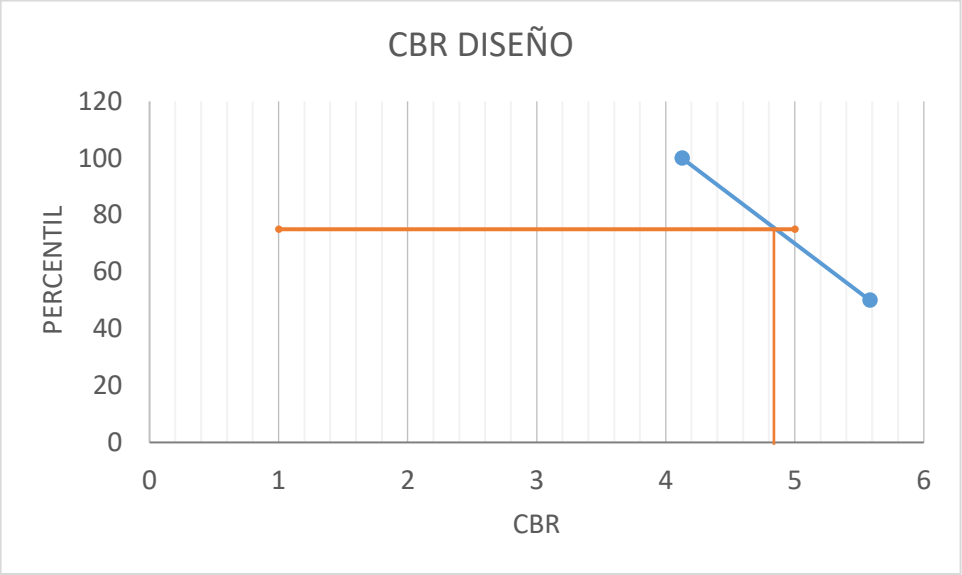
Según el criterio del Instituto del Asfalto los percentiles dependen del nivel de tránsito que presente la vía a ser diseñada. Para este caso de los tramos de vía rural en la vereda Sucre Occidental Tramo 1 del municipio de Chiquinquirá departamento de Boyacá, se cuenta con un tránsito aproximado a 1.0 x 10^6 ejes equivalentes de 8.2 Toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño de 20 años, lo que significa que se deberá determinar el CBR de diseño con el Percentil 75.

Tabla 8 Determinación de CBR de diseño

No.	CBR %	Valores ≥	%Valores ≥
1	4.13%	2	100
2	5.58%	1	50

Fuente: Elaboración propia

Grafica 2 Determinación de CBR de diseño



Fuente: Elaboración propia

La determinación del CBR de diseño se realizó al porcentaje de valores ≥ correspondientes al 75%. Cabe aclarar que el valor de CBR de diseño aplica para todo el tramo de vía, debido a que las condiciones del suelo son similares en resistencia y caracterización geotécnica.

$$\boldsymbol{CBR\ DE\ DISEÑO = 4.84\ \%}$$

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a las características encontradas en los suelos y el diseño propuesto, se hacen las siguientes observaciones y recomendaciones.

5.4. Del Estudio Geotécnico

- ✓ La capacidad de soporte del suelo se determinó por medio del ensayo de PDC. De acuerdo a los valores de los límites plásticos, humedades de equilibrio, humedad natural y las condiciones propias de la región se recomienda diseñar la estructura del pavimento con CBR en condiciones normales de humedad a partir del ensayo PDC, siempre y cuando se garantice el drenaje adecuado para evitar saturación de las capas de suelo de subrasante.

- ✓ Se determinó que los materiales encontrados en la subrasante poseen un potencial expansivo bajo a marginal, indicando que la vía no es muy vulnerable a cambios de volumen drásticos, sin embargo, es importante evitar la condición de saturación.

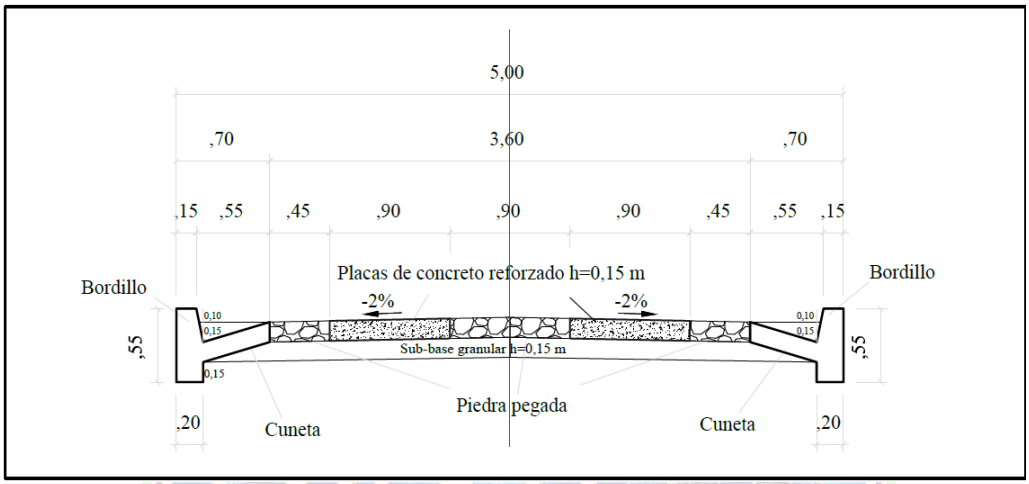
- ✓ El CBR de diseño que aplica para toda la longitud de la vía, por la similitud de condiciones geotécnicas y de resistencia, es de **4.84%,** indicando que no requiere de mejoramiento previo del terreno.

- ✓ La resistencia de los materiales que servirán como soporte de la estructura de pavimento, a partir del CBR de diseño cumplen con el valor mínimo exigido del 3% por lo que no requieran mejoramiento de la sub rasante

5.5. De la Estructura de Pavimento

- ✓ La metodología de diseño que se debe emplear es por medio de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella propuesta por el INVIAS en el año 2015, donde se involucran las variables de diseño como tránsito, capacidad de soporte de la subrasante, resistencia del concreto y de los materiales empleados con agregados y barras de acero.

- ✓ El sistema típico de la estructura, está compuesto por una capa de subbase con materiales adecuados que cumplan las especificaciones del INVIAS, y sobre esta un par de placas de concreto reforzado, intercaladas con una mezcla de concreto ciclópeo con cantos rodados junto con sus bordillos y cunetas. Esto con el fin de garantizar condiciones satisfactorias de circulación durante su periodo de servicio.



- ✓ Para garantizar la estabilidad de la estructura se recomienda primero rectificar el perfil longitudinal de tal manera que sea aceptable con pequeñas correcciones en las curvas verticales, esto puede hacerse con un material de afirmado.

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

5.6. De las Condiciones de Drenaje

- ✓ Para garantizar la recolección y evacuación de las aguas de escorrentía producto de las aguas pluviales se debe contemplar una red eficiente de drenajes como filtros, cunetas y alcantarillas que estén ubicados estratégicamente de acuerdo a los diseños hidráulicos ya que estos no se encuentran dentro del alcance del presente estudio.

- ✓ Deberá garantizarse la compactación de la sub-rasante antes de la aplicación de las capas de la estructura a diseñar, con el fin de impermeabilizar las capas inferiores con el material de sub-rasante.

- ✓ El pavimento garantizara un buen desempeño en su periodo de diseño siempre y cuando se garantice la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales de la vía.

5.7. Generales

- ✓ Para que la estructura se mantenga dentro de las condiciones de durabilidad seguridad y confort para los usuarios, es recomendable hacer un seguimiento al pavimento mediante inspecciones visuales que permitan identificar deterioros que puedan ser corregidos a tiempo y programar mantenimientos preventivos para no incurrir en gastos elevados a futuro.

- ✓ Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.

Fecha de Realización	Descripción	Realizó
29 / 01 / 2021	Informe Geotécnico	**Ing. Luis Fernando Rangel V.** MP. 25202-322135 CND

ANEXO

ENSAYOS DE LABORATORIO

HOJA Nº 1
DE: 7

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1	**APIQUE**	1 AL 2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD**	INDICADA
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	29/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO		

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

APIQUE	**1**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0.50	20L	6.50	84.00	73.70	15.33
1.00	RA	5.90	88.40	78.90	13.01

APIQUE	**2**				
PROF. (m)	**No Cápsula**	**W Cáp.(g)**	**W Cáp. + Mh (g)**	**W Cáp. + Ms (g)**	**HUMEDAD (%)**
0.50	213	6.40	116.70	106.50	10.19
1.00	23B	5.80	104.40	93.30	12.69

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

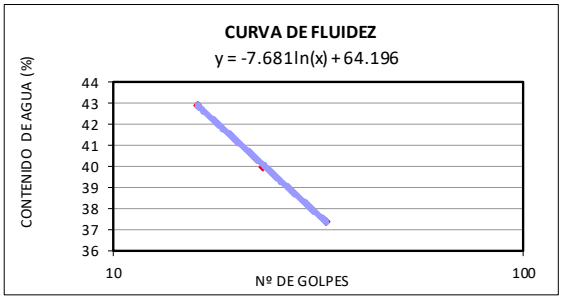
HOJA Nº 2
DE: 7

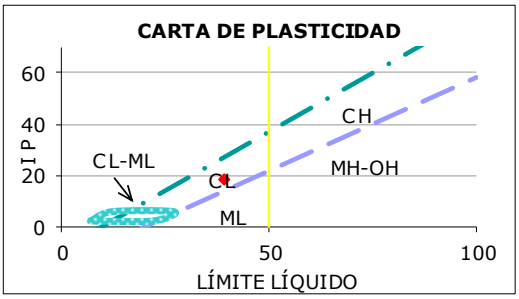
PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	0.90
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	29/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	33	23	16
RECIPIENTE Nº	12L	E	H50
PESO RECIPIENTE (g)	13.15	15.99	13.99
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	35.68	40.30	34.13
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	29.55	33.35	28.08
CONTENIDO DE AGUA (%)	37.38	40.03	42.94

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	31P	5P
PESO RECIPIENTE (g)	8.31	8.00
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	16.41	16.03
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	15.03	14.64
CONTENIDO DE AGUA (%)	20.54	20.93





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	O
W PLATÓN (g)	36.80
W PLATÓN + M.S.L (g)	228.60
W PLATÓN + M.D.L (g)	110.60
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	41.00

LÍMITE LÍQUIDO:	**39.47**
LÍMITE PLÁSTICO:	**20.73**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**18.74**
% GRAVAS	**21.38**
% ARENAS	**17.10**
% PASA No. 200	**61.52**

AASTHO	
A-6	Suelos arcillosos

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

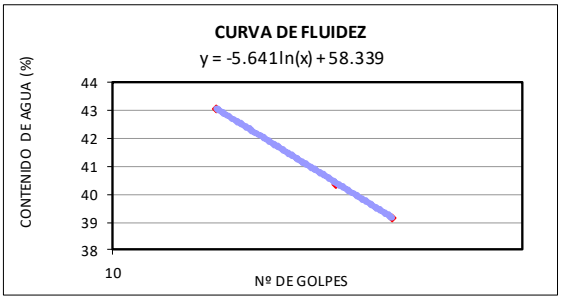
HOJA Nº 3
DE: 7

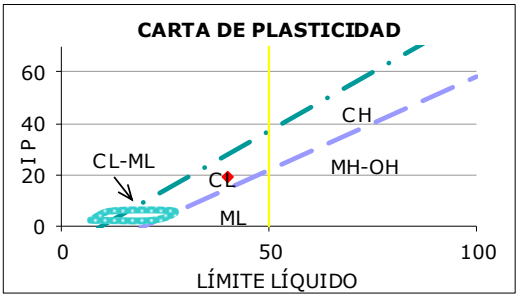
PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1	**APIQUE**	1
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	29/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	24	15
RECIPIENTE Nº	11L	H58	22
PESO RECIPIENTE (g)	14.71	14.48	15.84
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	39.01	33.74	35.67
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	32.17	28.20	29.70
CONTENIDO DE AGUA (%)	39.18	40.38	43.07

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	25P	36
PESO RECIPIENTE (g)	8.01	8.38
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	17.27	17.66
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	15.67	16.06
CONTENIDO DE AGUA (%)	20.89	20.83





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	4
W PLATÓN (g)	44.10
W PLATÓN + M.S.L (g)	226.90
W PLATÓN + M.D.L (g)	68.90
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	0.00

LÍMITE LÍQUIDO:	**40.18**
LÍMITE PLÁSTICO:	**20.86**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**19.32**
% GRAVAS	**0.00**
% ARENAS	**13.57**
% PASA No. 200	**86.43**

AASTHO	
Aa-7-5	Suelos arcillosos

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

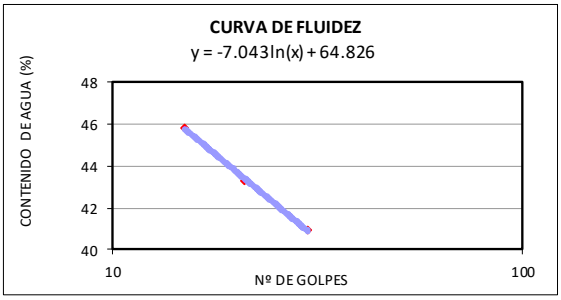
HOJA Nº 4
DE: 7

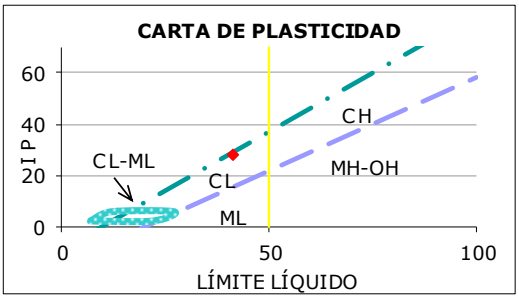
PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1	**APIQUE**	2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	0.80
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	29/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	1

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	21	15
RECIPIENTE Nº	D	4A	9A
PESO RECIPIENTE (g)	16.16	10.92	11.62
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	38.37	33.37	31.29
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	31.92	26.59	25.11
CONTENIDO DE AGUA (%)	40.93	43.27	45.81

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	H41	14A
PESO RECIPIENTE (g)	4.58	5.81
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	12.03	13.06
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	11.13	12.18
CONTENIDO DE AGUA (%)	13.74	13.81





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	10B
W PLATÓN (g)	38.60
W PLATÓN + M.S.L (g)	215.30
W PLATÓN + M.D.L (g)	75.20
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	2.80

LÍMITE LÍQUIDO:	**41.62**
LÍMITE PLÁSTICO:	**13.78**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**27.84**
% GRAVAS	**1.58**
% ARENAS	**19.13**
% PASA No. 200	**79.29**

AASTHO	
A-7-6	Suelos arcillosos

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

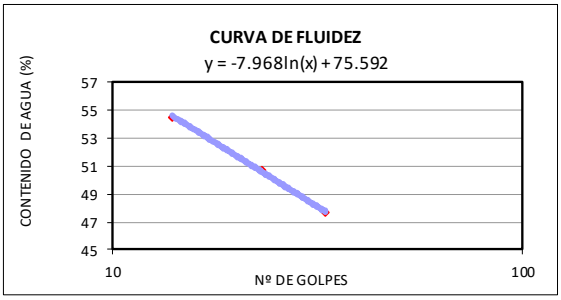
HOJA Nº 5
DE: 7

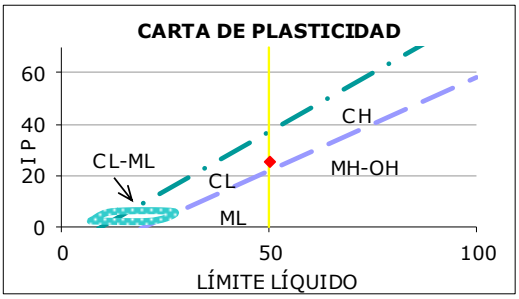
PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1	**APIQUE**	2
MUNICIPIO:	CHIQUINQUIRA - BOYACÁ	**PROFUNDIDAD (m)**	1.50
DIRIGIDO A :	ALCALDIA DE CHIQUINQUIRÁ	**FECHA DE ENSAYO**	29/01/2021
LABORATORISTA:	FAVER GUERRERO	**MUESTRA**	2

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

LÍMITE LÍQUIDO			
DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	33	23	14
RECIPIENTE Nº	18L	34	23L
PESO RECIPIENTE (g)	14.68	15.65	15.64
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	35.52	35.93	35.56
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	28.79	29.11	28.53
CONTENIDO DE AGUA (%)	47.70	50.67	54.54

LÍMITE PLÁSTICO		
DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	37P	5P
PESO RECIPIENTE (g)	8.32	7.99
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	16.40	16.44
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14.78	14.75
CONTENIDO DE AGUA (%)	25.08	25.00





LAVADO SOBRE TAMIZ No 200	
No PLATÓN	F9
W PLATÓN (g)	44.10
W PLATÓN + M.S.L (g)	250.40
W PLATÓN + M.D.L (g)	103.60
W RETIENE TAMIZ No 4 (g)	53.10

LÍMITE LÍQUIDO:	**50.30**
LÍMITE PLÁSTICO:	**25.04**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	**25.27**
% GRAVAS	**25.74**
% ARENAS	**3.10**
% PASA No. 200	**71.16**

AASTHO	
A-7-6	Suelos arcillosos

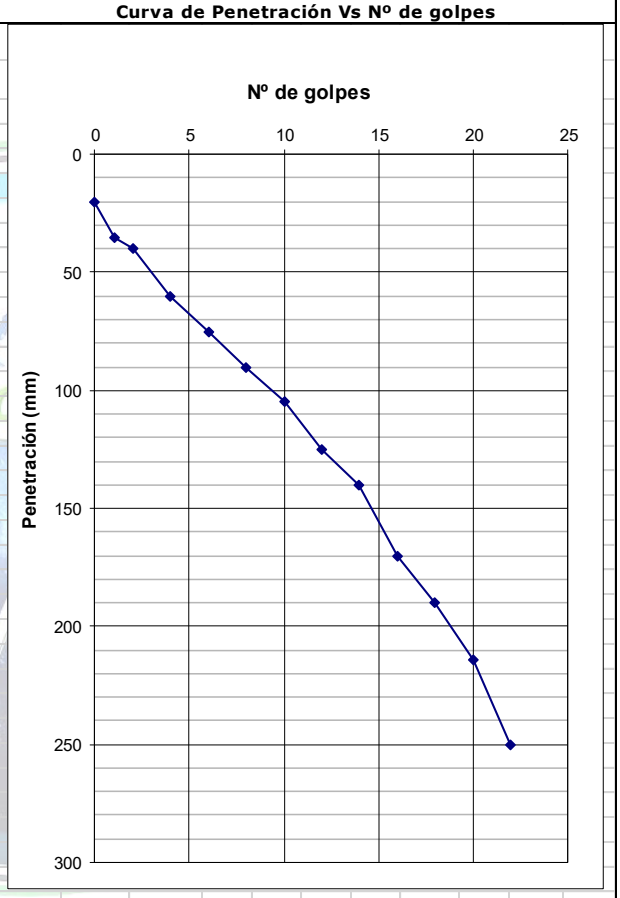
ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1		
APIQUE :	1	**Prof. (m):**	0.70
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	29/01/2021

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	20	15.0	3.7
1	1	35	15.0	3.7
1	2	40	5.0	7.4
2	4	60	10.0	4.8
2	6	75	7.5	5.7
2	8	90	7.5	5.7
2	10	105	7.5	5.7
2	12	125	10.0	4.8
2	14	140	7.5	5.7
2	16	170	15.0	3.7
2	18	190	10.0	4.8
2	20	214	12.0	4.3
2	22	250	18.0	3.3
2	24	270	10.0	4.8
2	26	324	27.0	2.6
2	28	350	13.0	4.1
2	30	380	15.0	3.7
2	32	420	20.0	3.1
2	34	445	12.5	4.2
2	36	480	17.5	3.4

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-445	P1	12.8	4.1%

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND

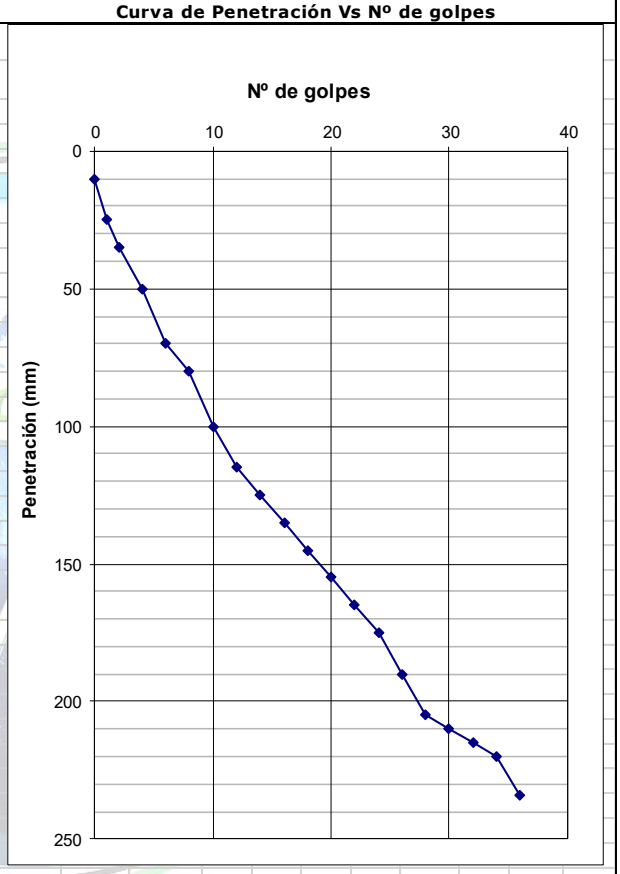
Hoja 7 de 7

PROYECTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN EL AREA RURAL		
LOCALIZACIÓN:	VEREDA SUCRE OCCIDENTAL TRAMO 1		
APIQUE :	2	**Prof. (m):**	0.70
LABORATORISTA :	FAVER GUERRERO	**Fecha:**	29/01/2021

Datos del Ensayo

Nº de Golpes	Nº de Golpes Acum	Penetración (mm)	I.PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	10	15.0	3.7
1	1	25	15.0	3.7
1	2	35	10.0	4.8
2	4	50	7.5	5.7
2	6	70	10.0	4.8
2	8	80	5.0	7.4
2	10	100	10.0	4.8
2	12	115	7.5	5.7
2	14	125	5.0	7.4
2	16	135	5.0	7.4
2	18	145	5.0	7.4
2	20	155	5.0	7.4
2	22	165	5.0	7.4
2	24	175	5.0	7.4
2	26	190	7.5	5.7
2	28	205	7.5	5.7
2	30	210	2.5	11.3
2	32	215	2.5	11.3
2	34	220	2.5	11.3
2	36	234	7.0	6.0

Curva de Penetración Vs Nº de golpes



Ecuación de Correlación:

CBR =20.0*(I.PDC.)^-0,62

PENETRACION(mm)	PENDIENTE	Indice PDC (mm/golpe)	**CBR%**
0-515	P1	7.8	5.6%

ING. LUIS FERNANDO RANGEL V.
MP 25202-322135 CND