



“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA”

FASE 1

SE ACLARA QUE ESTA CONSULTORIA OBEDECE AL MEJORAMIENTO DE 4 TRAMOS Y UN ÁREA TOTAL DE 16.000 M2, DE LOS CUALES SE EJECUTARA LA PRIMER FASE DE ESTE PROYECTO, LA CUAL CORRESPONDE AL MEJORAMIENTO DE 2 TRAMOS CON UN AREA TOTAL DE 8.786,41 M2 Y UNA LONGITUD TOTAL DE 1104 Mt.

TRAMOS	INICIO		FIN		ABSCISAS		AREA M2	LONG. ML
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	INICIO	FIN		
TRAMO 1	3.8561	-74.936859	3.857374	-74.932113	K0+000	K0+552	3,993.96	552
TRAMO 2	3.8561	-74.936859	3.857374	-74.932113	K0+000	K0+552	4,792.45	552
							8,786.41	1104



ALCALDIA DE PURIFICACIÓN

CONTRATO DE CONSULTORIA No. 349 DEL 29 DE OCTUBRE DE 2024

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL
MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA”**

ESTUDIO DE SUELOS.

**PURIFICACIÓN-TOLIMA
2024**



1. INTRODUCCIÓN.

El siguiente escrito contiene datos e información para la determinación de un estudio de suelos para el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA” el cual se realizará en la red vial urbana del municipio en cuestión.



2. ALCANCE

Esiguiendo informe establece el estudio de suelos para el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA” el cual se realizará en la red vial urbana del municipio en cuestión.

Por tal motivo se desarrollaron diversas actividades para la recopilación y procesamiento de datos de campo, de igual manera se presentarán los siguientes puntos:

- Recopilación de la información existente proveniente de la investigación de campo. La información se relaciona con la geotecnia del sector.
- Metodología utilizada para el estudio.



3. OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO Y DISEÑO.

Realización de un diagnóstico geotécnico de la zona del proyecto utilizando las variables iniciales procedentes de los estudios previos al diseño.



4. DESCRIPCION DEL ESTUDIO Y DISEÑO

4.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se encuentra localizado en la vía Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la vía Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación del Departamento del Tolima.

El área total del proyecto es de 16.500 metros cuadrados. Esta vía presenta serias deficiencias en su estructura debido a que no se han hecho mantenimientos de fondo como lo son las rehabilitaciones de pavimentos o la construcción de la totalidad de la estructura.

Además de todo esto, cabe destacar que esta avenida no posee en su totalidad con los andenes y sardineles correspondientes y básicos para poder proteger la infraestructura vial que se requiere en el sector.

4.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA.

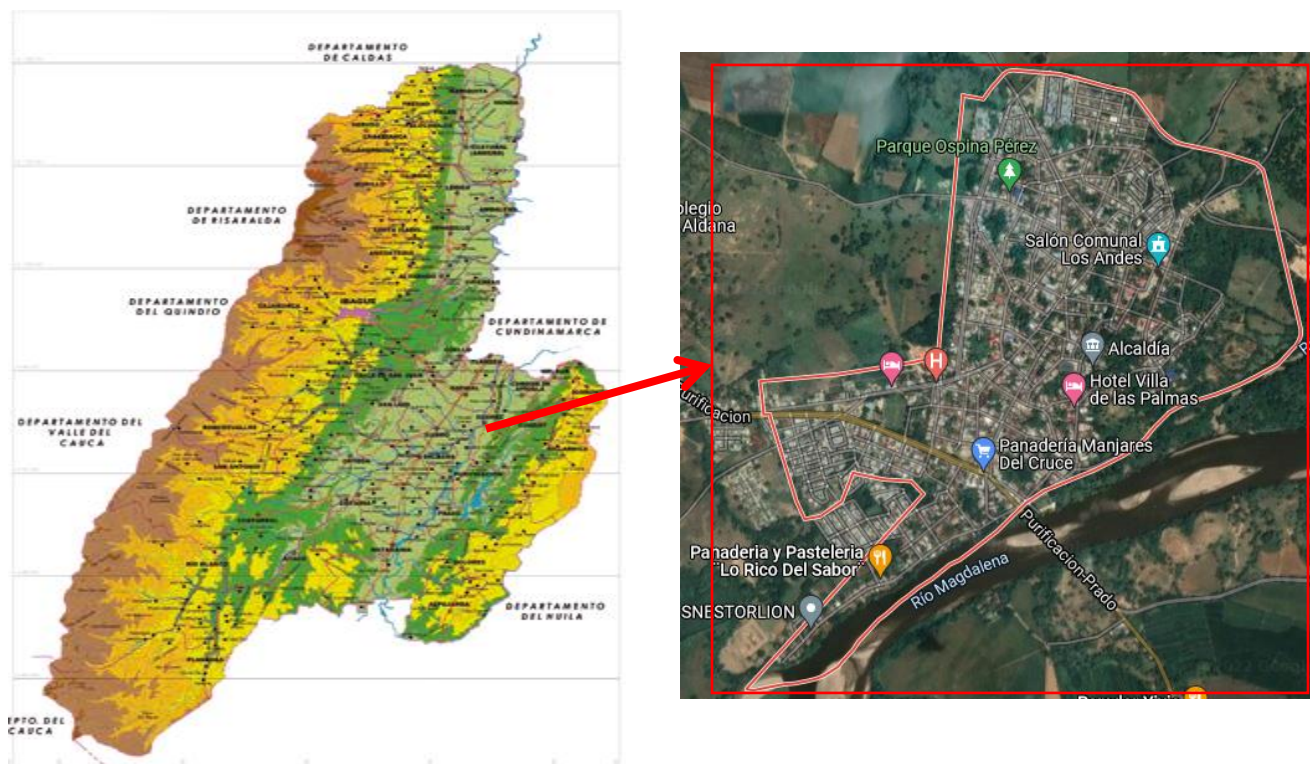
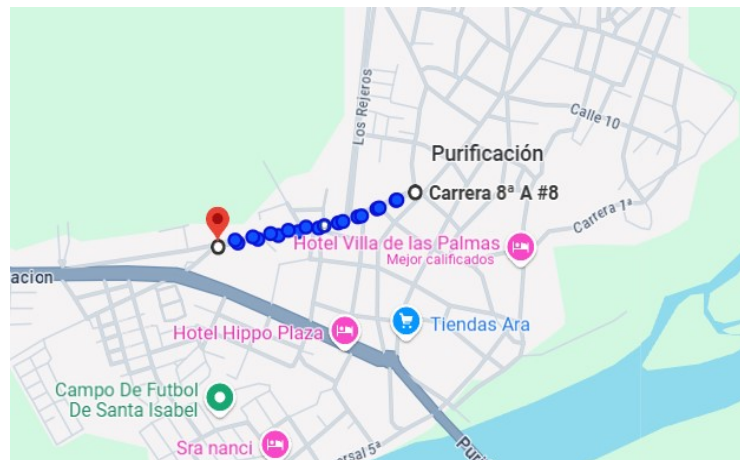


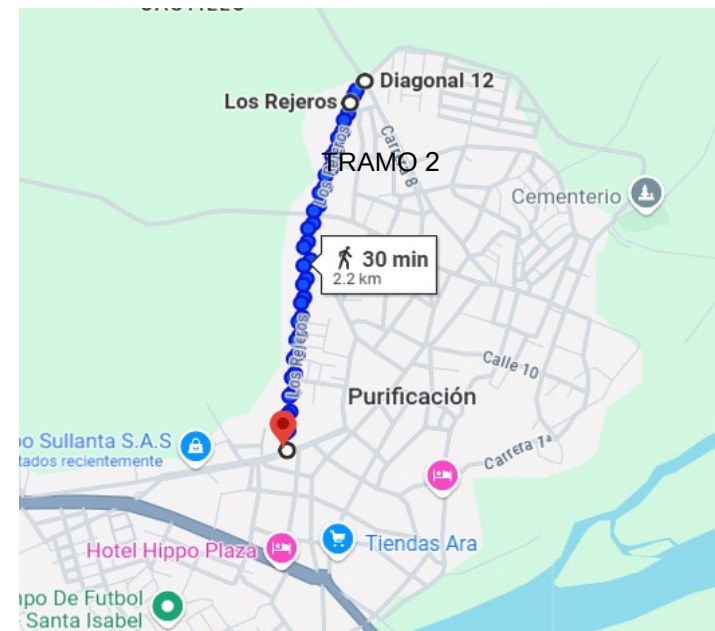
Ilustración 1 - Ubicación geográfica del municipio de Purificación.



TRAMO 1



TRAMO 2





5. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO (AREA A INTERVENIR – CARACTERISTICAS DE LA VIA).

El alineamiento general de algunas vías existentes tanto horizontal como vertical está formado por una estructura existente de pavimento tipo flexible en mal estado la cual carece de estructura en material granular que la pueda soportar y pavimento rígido en otras vías del sector.

Las vías son urbanas; en su mayoría poseen tramos rectos, presentan pocas curvaturas y su pendiente longitudinal promedio es alrededor del 0,7%.

Según La normatividad INVIAS, la tipificación de este tramo vehicular se puede clasificar como vía con una velocidad de diseño de 30 km/hora debido a que es una vía de carácter urbano.

Para el caso de la via Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la via Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación perteneciente al casco urbano del municipio de Purificación en el departamento del Tolima presenta un flujo vehicular moderado con un trafico pesado importante debido a que la vía no presenta las condiciones necesarias de transitabilidad y seguridad necesaria.

5.1 NORMATIVIDAD DE LAS ACTIVIDADES Y PARAMETROS DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PRELIMINARES.

Se recomienda implementar como mínimo las normas y especificaciones INVIAS que sean necesarias y recomendables según el tipo de labores ejecutadas e intervención.

- **CARACTERISTICAS DE LA VÍA.**

Las características de una vía son todos aquellos elementos físicos propios del diseño geométrico, que tienen influencia directa o indirecta en la capacidad y el nivel de servicio, como los que se mencionan a continuación:

Carretera típica de terreno plano.

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros.

Para el caso particular de la vía referida anteriormente perteneciente al casco urbano del municipio de Purificación en el departamento del Tolima, esta vía tiene pendientes transversales mínimas y su pendiente longitudinal es del uno coma ocho por ciento (0,7%).



Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño es un valor o dato usado para determinar las características geométricas durante algún proyecto de tipo ingenieril. Contrariamente a la concepción general, la velocidad de diseño no es necesariamente la máxima velocidad segura recomendada para una vía en cuestión, sino que puede ser sustancialmente menor.

La velocidad de diseño a su vez está asociada o ligada a los diversos tipos de terrenos y los diferentes tipos de carreteras.

En la tabla 1.1 podemos apreciar las diversas velocidades de diseño según el tipo de terreno y el tipo de carretera.

Tabla 1 - Tipos de terreno

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño Vd (km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera principal de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera terciaria	Plano →										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos con bajos volúmenes de tránsito – INVIAS.

Alineamientos de la vía proyectada.

Tanto el alineamiento vertical como el alineamiento horizontal deben ser consistentes y balanceados de forma tal que los parámetros del primero correspondan y sean congruentes con los del alineamiento horizontal. Lo primordial en este caso es la obtención de rasantes largas con un ajuste óptimo de curvas verticales y curvas horizontales a las condiciones de tránsito y a las características del terreno.

Alineamientos de la vía proyectada.

La pendiente que gobernará es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para vencer el desnivel determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente para cada caso será aquella que al conjugar dichos conceptos permita obtener el menor costo de construcción, conservación



y operación. Sirve de guía a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

En la tabla 1.2 la cual es tomada del manual de diseño geométrico para carreteras se tiene la relación entre pendiente máxima (%) y velocidad de diseño.

Tabla 2 - Relación entre pendiente máxima (%) y la velocidad de diseño.

Tipo de Carretera	Tipo de Terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
Carretera Principal de una calzada	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico para carreteras – INVIAS.

Ancho de calzada.

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de vehículos y constituida por dos o más carriles, entendiéndose por carril a la faja del ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. Normalmente el ancho de la calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal. Estos anchos se ven en la siguiente tabla.

Tabla 3 - Relación entre pendiente máxima (%) y la velocidad de diseño.

Tipo de Carretera	Tipo de Terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
Carretera Principal de una calzada	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Montañoso	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-	-
	Ondulado	-	7.00	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-	-
	Montañoso	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	Plano	-	5.00	6.00	6.60	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	5.00	5.00	6.00	6.60	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	5.00	5.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	5.00	5.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico para carreteras – INVIAS.



6. EXPLORACIÓN GEOTECNICA DE LA ZONA DEL PROYECTO

PROYECTO “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA”.

6.1 GENERALIDADES

Se pretende realizar el mejoramiento y rehabilitación de la via Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la via Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación.

El presente numeral tiene por objeto determinar las características geológicas y geomorfológicas del área de influencia del proyecto.

6.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1. Identificar las unidades geotécnicas ubicadas en el área de influencia del proyecto.
2. Determinar la estratigrafía del área de influencia del proyecto.
3. Determinar riesgos asociados a la geotecnia del área de influencia del proyecto.

6.3 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO GEOTECNICO

Este se realiza con el fin de caracterizar los materiales que se encuentran en el lugar del proyecto. El punto de partida para analizar dichos materiales son las Normas de ensayo de materiales para carreteras y especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS.

Para la realización de estos ensayos ha sido necesaria la recopilación de datos de campo mediante sondeos que se hicieron en seis (6) puntos distintos de la via Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la via Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación en el Departamento del Tolima.

El proyecto encontrado en el lugar son vías urbanas que tienen una estructura vial deteriorada; es decir: esta vía no ha sido sometida a ningún tipo de mejoramiento vial.

6.1 RECOPIACIÓN DE DATOS DE CAMPO.

Todo proyecto de ingeniería que vaya a ser ejecutado incluidas las acciones y obras de estabilización de laderas y taludes, debe contar con una evaluación geotécnica del terreno donde se ha propuesto su ejecución. El alcance de dicha evaluación depende de las



condiciones del terreno como tal y de las características del proyecto, y de la etapa de desarrollo que se trate. En cada caso deberá combinarse en diferente medida la información general y de conjunto, donde puede jugar un papel importante la experiencia y el conocimiento previo del área por parte del especialista, con la información puntual generada en los sondeos y ensayos de campo y de laboratorio. El resultado final de la evaluación geotécnica integral de un terreno permite hacer una apreciación general sobre su aptitud y limitaciones para el desarrollo de un proyecto en particular y presentar la caracterización geotécnica del terreno.

En el caso particular de la vía en cuestión, cabe resaltar que se hará una recopilación de datos geotécnicos con el fin de tener algún apoyo técnico a la hora de resolver problemas geotécnicos en la ejecución del proyecto.

6.2 EVALUACIÓN GEOTECNICA.

La evaluación geotécnica tiene como objetivo principal el estudio de las capas del subsuelo o capas de conformación de terreno del proyecto para determinar sus principales características y sus parámetros de resistencia ya sea para diseñar una vía con parámetros nuevos y diseñar un mejoramiento de una vía existente tomando en cuenta los valores encontrados en la estructura existente, como en el caso particular de las diferentes vías referidas anteriormente pertenecientes al casco urbano del municipio de Purificación en el departamento del Tolima.

La evaluación geotécnica establece que se ha llevado a cabo en el lugar del proyecto es en una vía de tercer orden o terciaria que carece de una estructura vial; es decir: esta vía no ha sido sometida a ningún tipo de mejoramiento vial.

Al no existir algún tipo de antecedente de estudio de la carretera ni de la geotecnia del sector se hace necesario la programación de una serie de estudios de campo y de laboratorio, inspecciones y recorridos de la zona del proyecto, evaluar y analizar dicha información con el fin de establecer una serie de normas de tipo geotécnico a las cuales se debe ceñir el proyecto y el procedimiento constructivo. De esta manera, se logra obtener una información muy valiosa acerca del terreno de fundación del proyecto, la capacidad portante del mismo, la situación actual del terreno existente además de las deficiencias técnicas actuales que se encuentran en la misma y de ser necesario la conformación de nuevas capas para garantizar un periodo de funcionamiento adecuado manteniendo el eficiente funcionamiento de toda la estructura vial incluyendo por supuesto a la capa superior o de rodadura.



Trabajo de campo realizado.

El trabajo de campo se inició con la inspección visual del terreno para programar la exploración del suelo y recopilar la información que se considera representativa.

Para obtener la información necesaria del terreno, se realizó una auscultación visual preliminar de las vías y luego una evaluación geotécnica definitiva.

La evaluación geotécnica, además de todo lo expresado anteriormente, tiene también por objeto determinar el estado actual de todas las capas de la subestructura de la vía. La toma de muestras se hizo mediante seis (6) apiques a lo largo del trayecto vial. Estos apiques fueron realizados a convenir según la auscultación técnica realizada.

La profundidad de la toma de muestras fue según los espesores de cada una de las capas de la estructura vial y en cuanto a la subrasante la profundidad promedio fue de 2,0 metros.

Para el estudio se tuvieron en cuenta todas las exploraciones realizadas.

Descripción de apiques y toma de muestras.

Se establecieron seis puntos (6) en la parte central de la vía para la realización de apiques a lo largo del tramo; de estos apiques se extrajeron muestras de material de subrasante para la realización de ensayos de resistencia (CBR); al igual que conocer el perfil estratigráfico, las variaciones de humedad, la posición del nivel freático y la clasificación de suelos presente en el lugar. Todos estos apiques se llevaron a cabo hasta una profundidad promedio de 2,05 metros.

Magnitud del estudio realizado.

Simultáneamente con la evaluación geotécnica preliminar se tomaron muestras de CBR inalterado (en los apiques), siempre en observancia con la homogeneidad del suelo.

Para el caso de las muestras del material de sitio tomadas del terreno fueron realizados los siguientes ensayos:



Tabla 4 - Caracterización del material encontrado en la zona.

CARACTERIZACION MATERIAL ENCONTRADO EN LA ZONA - MATERIAL ENCONTRADO EN LA ZONA					
APIQUE	ENSAYOS REALIZADOS				
	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SUELOS (NORMA INVIAS E - 123).	HUMEDAD NATURAL.	LIMITES DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS (NORMA E - 213 INVIAS).	CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	RELACIÓN DE SOPORTE DE SUELO CBR (NORMA INVIAS E - 148).
1	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO
2	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO
3	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO
4	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO
5	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO
6	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO	REALIZADO

Se tienen también los siguientes resultados en cuanto a los límites de consistencia y clasificación de suelos se requiere:

Tabla 5 - Límites de consistencia y clasificación de suelos.

LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACIÓN - MATERIAL ENCONTRADO EN LA ZONA									
APIQUE	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	INDICE DE GRUPO	CLASIFICACIÓN AASHTO	CLASIFICACION UCSC	HUMEDAD (%)	% PASA 200 (%)	COLOR
1	34	16	18	5	A - 6	CL	11,7	51,1	
2	38	19,7	18,3	8	A - 6	CL	11,5	55,8	
3	37,4	18,8	18,6	6	A - 6	CL	11,8	51,2	
4	37,4	18,8	18,6	6	A - 7	CL	11,8	51,2	
5	37,4	18,8	18,6	6	A - 8	CL	11,8	51,2	
6	37,4	18,8	18,6	6	A - 9	CL	11,8	51,2	

La ubicación de los apiques se realizó de la siguiente manera:



6.2.1. APIQUE 1

Descripción del perfil estratigráfico.

El perfil estratigráfico arrojó los siguientes resultados:

Tabla 6 - Perfil estratigráfico apique del proyecto 1

		REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO				Código	F-EN-03-V02
		INVESTIGACION DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA INV E-11-13				Fecha	15/01/2024
						Revisión	3.0
CLIENTE	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA					FECHA	2/11/2024
PROYECTO						APIQUE No	1
COORDENADAS	5° 4'34.67"N		ESTE	75° 7'20.16"O		ABSCISA	
PROF. M	Muestra No	Tipo	DATOS DEL CBR	SÍMBOLO	Descripción del Subsuelo	NF	Observaciones
0,050 0,100 0,150 0,200 0,250 0,300 0,350 0,400 0,450 0,500	-	-	N/A		La via se encuentra sobre una carpeta de rodadura en materialg granular, su color es gris oscuro, presenta gravas redondeadas a subreondeadas	NP	
0,550 0,600 0,650 0,700 0,750 0,800 0,850 0,900 0,950 1,000 1,050 1,100 1,150 1,200 1,250 1,300 1,350 1,400 1,450 1,500	MUESTRA 1 CON BOLSA SIPLOC PARA CLASIFICACION.	INALTERADO	MUESTRA INALTERADA TIPO CBR		Muestra de color amarillo oscuro con betas anaranjadas presenta plasticidad media y humedad alta.	NP	
1,550 1,600 1,650 1,700 1,750 1,800 1,850 1,900 1,950 2,000	FONDO DE LA EXPLORAC		FONDO DE LA EXP.		FONDO DE LA EXPLORACION..		

TIPO DE MUESTRADOR UTILIZADO PARA INALTERADOS			
Anillo Fila Cortante 6"	X	SHELBY	



Granulometría.

La granulometría o el análisis granulométrico es la determinación de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Este agrupa los materiales por rango de tamaños.

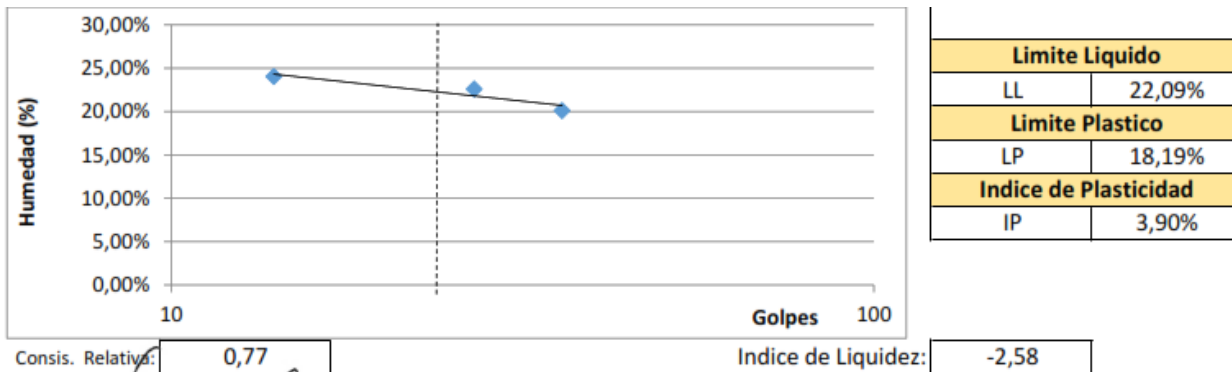
La granulometría también nos permite tener una referencia clara de que tipos de tamaños de materiales se encuentran presentes en cada una de las estructuras compuestas por materiales granulares como podría ser el caso de la sub base y la base granular que no están presentes en el lugar del proyecto.

El análisis granulométrico para el apique del estudio de suelos es el siguiente:

Tabla 7 - Granulometría apique 1

PESO ANTES DEL LAVADO		346,70 g	PESO DESPUES DEL LAVADO			304,50 g
TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE PASA	
No. 4	4,75	10,10	2,91%	2,91%	97,09%	
No. 10	2,00	29,40	8,48%	11,39%	88,61%	
No. 40	0,43	191,00	55,09%	66,48%	33,52%	
No. 200	0,075	74,00	21,34%	87,83%	12,17%	
P 200		42,20	12,17%			
		346,70				

Ilustración 6 - Curva granulometrica Apique 1





Como se puede ver en la gráfica de la granulometría, la curva del porcentaje que pasa de material encontrado en la zona tiene pocos finos debido a que el porcentaje retenido en los tamices mayores es importante, lo que significa que este material tiene procedencia de tipo grano grueso.

Relación de soporte de suelo CBR.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material encontrado en el lugar del proyecto.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. De penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. Y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

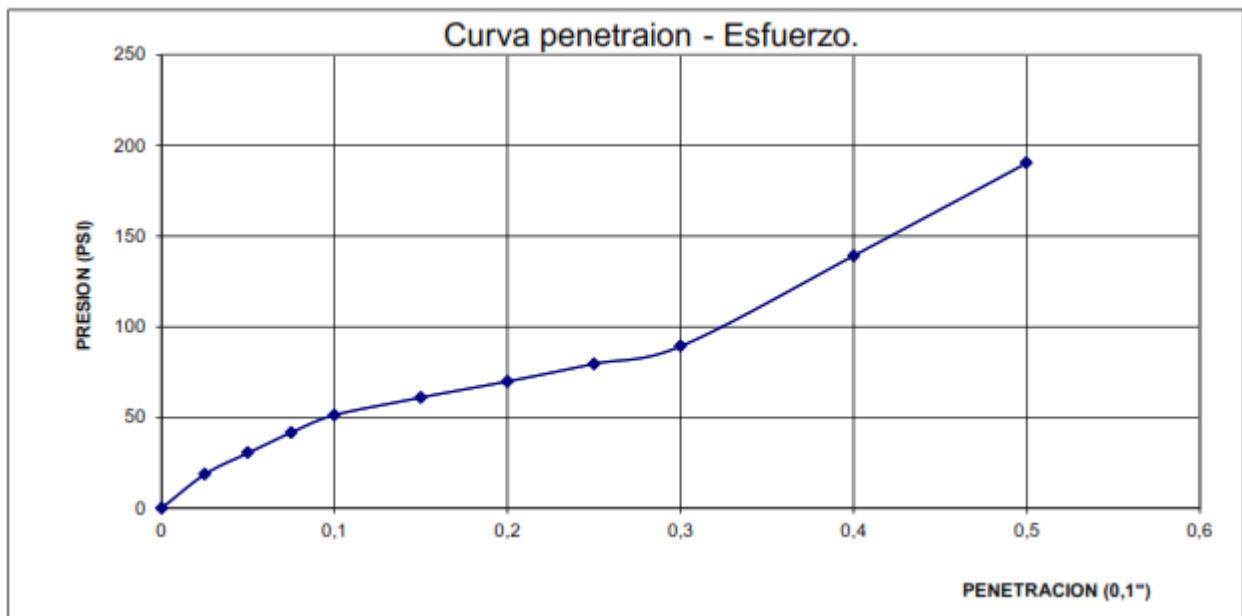
Los resultados del ensayo de relación de soporte CBR del material encontrado en el apique son los siguientes:



Tabla 8 - Ensayo CBR Apique 1

w Penetracion (%)		17,01%		
Expansion		0,13%		
MOLDE N° 1				
PENETRACION		CARGA	PRESION	CBR (%) SUMERGIDO
mm	Pulg	Libras	(psi)	
0	0	0	0	
0,635	0,025	55,817	18,61	
1,27	0,05	91,533	30,51	
1,905	0,075	125,027	41,68	
2,54	0,1	154,046	51,35	5,13%
3,81	0,15	183,076	61,03	
5,08	0,2	209,863	69,95	4,66%
6,35	0,25	238,882	79,63	
7,62	0,3	267,911	89,30	
10,16	0,4	417,493	139,16	
12,7	0,5	571,539	190,51	

Ilustración 7 - Curva del Ensayo CBR Apique 1



Como se puede apreciar, el material de tipo arena gravosa compacta en el apique del proyecto tiene una capacidad de soporte aceptable en el caso que sea una vía con un índice de tránsito medio a bajo.



Clasificación del material según el CBR.

Según el CBR a 0,1" de penetración se puede determinar de la siguiente manera:

Tabla 9 - Clasificación de la subrasante apique 1

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE	CBR EN %
S1	$0 < \text{CBR} < 2$
S2	$2 < \text{CBR} < 5$
S3	$5 < \text{CBR} < 10$
S4	$10 < \text{CBR} < 20$
S5	$\text{CBR} > 20$

Como se puede ver, el CBR nos indica que la subrasante tiene una regular capacidad de soporte en el caso que se tuviese un Tránsito de vehículos elevado.

CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA			
CLASE O TIPO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm²)	MODULO RESILIENTE (PSI)
S3	6,3%	633,461	9501,91



6.2.2. APIQUE 2

Descripción del perfil estratigráfico.

El perfil estratigráfico arrojó los siguientes resultados:

Tabla 10 - Perfil estratigráfico apique del proyecto 2

		REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO				Código	F-EN-03-V02
						Fecha	15/01/2024
						Revisión	3.0
CLIENTE	ALCALDIA MUNICIPAL DE PURIFICACION					FECHA	2/11/2024
PROYECTO	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA					APIQUE No	2
COORDENADAS	5° 4'35.61"N	ESTE	75° 7'12.58"O	ABSCISA			
PROF. M	Muestra No	Tipo	DATOS DEL CBR	SIMBOLO	Descripción del Subsuelo	NF	Observaciones
0,050 0,100 0,150 0,200 0,250 0,300 0,350	N/A	-	N/A		La via se encuentra sobre una carpeta de rodadura en materialg granular, su color es gris oscuro, presenta gravas redondeadas a subredondeadas	NP	
0,400 0,450 0,500 0,550 0,600 0,650 0,700 0,750 0,800 0,850 0,900 0,950 1,000 1,050 1,100 1,150 1,200 1,250 1,300 1,350 1,400 1,450 1,500	MUESTRA 2 CON BOLSA SIPLOC PARA CLASIFICACION.	I N A L T E R A D O	MUESTRA INALTERADA TIPO CBR		Suelo de tetura arenosa, presenta humedad alta pero no presenta plasticidad, su color es amarillo oscura.	NP	
1,550 1,600 1,650 1,700 1,750 1,800 1,850 1,900 1,950 2,000	FIN DE LA EXPLORACION.		FIN DE LA EXPLORACION		FIN DE LA EXPLORACION		
TIPO DE MUESTRADOR UTILIZADO PARA INALTERADOS							
Anillo Fio Cortante 6"		X	SHELBY				



Granulometría.

La granulometría o el análisis granulométrico es la determinación de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Este agrupa los materiales por rango de tamaños.

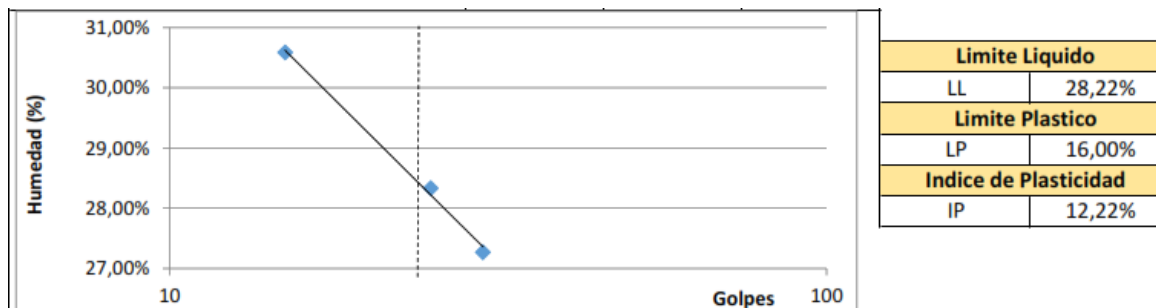
La granulometría también nos permite tener una referencia clara de que tipos de tamaños de materiales se encuentran presentes en cada una de las estructuras compuestas por materiales granulares como podría ser el caso de la sub base y la base granular que no están presentes en el lugar del proyecto.

El análisis granulométrico para el apique del estudio de suelos es el siguiente:

Tabla 11 - Granulometría apique 2

PESO ANTES DEL LAVADO		298,00 g	PESO DESPUES DEL LAVADO		225,10 g
TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE PASA
No. 4	4,75	12,50	4,19%	4,19%	95,81%
No. 10	2,00	13,70	4,60%	8,79%	91,21%
No. 40	0,43	131,70	44,19%	52,99%	47,01%
No. 200	0,075	67,20	22,55%	75,54%	24,46%
P 200		72,90	24,46%		
		298,00			

Ilustración 8 - Curva granulométrica apique 2





Como se puede ver en la gráfica de la granulometría, la curva del porcentaje que pasa de material encontrado en la zona tiene pocos finos debido a que el porcentaje retenido en los tamices mayores es importante, lo que significa que este material tiene procedencia de tipo grano grueso.

Relación de soporte de suelo CBR.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material encontrado en el lugar del proyecto.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. De penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. Y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

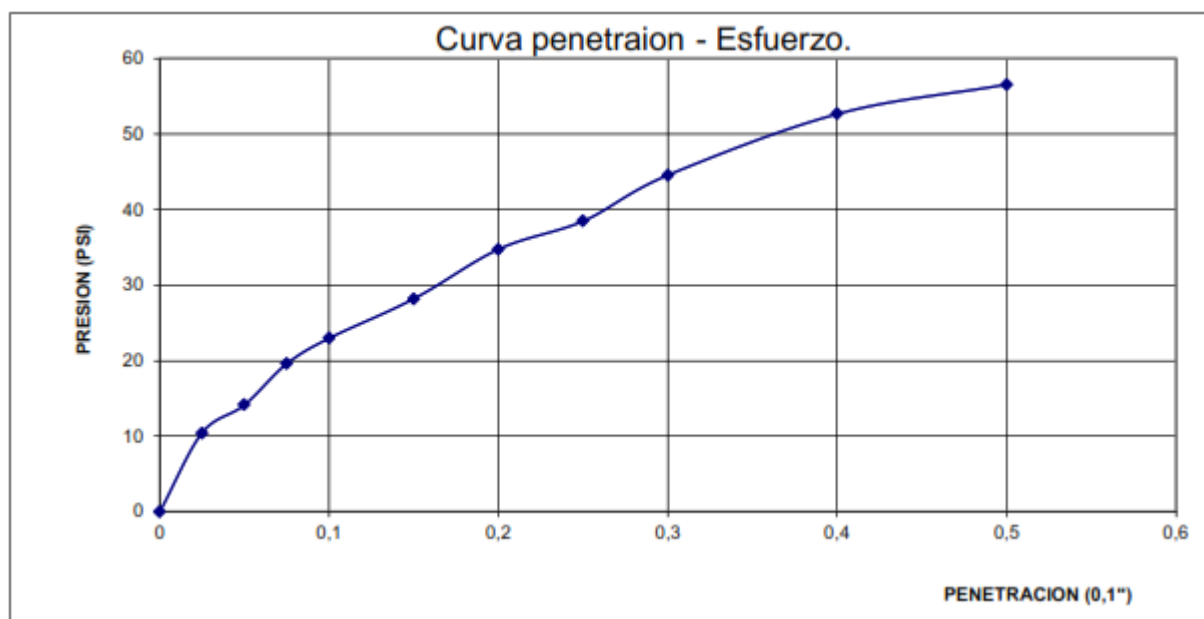
Los resultados del ensayo de relación de soporte CBR del material encontrado en el apique son los siguientes:



Tabla 12 - Ensayo CBR Apique 2

w Penetracion (%)		15,05%		
Expansion		-0,75%		
MOLDE N° 1				
PENETRACION		CARGA	PRESION	CBR (%)
mm	Pulg	Libras	(psi)	SUMERGIDO
0	0	0	0	
0,635	0,025	31,252	10,42	
1,27	0,05	42,423	14,14	
1,905	0,075	58,756	19,59	
2,54	0,1	68,754	22,95	2,94%
3,81	0,15	84,507	28,17	
5,08	0,2	103,993	37,85	2,74%
6,35	0,25	115,500	38,50	
7,62	0,3	133,637	44,55	
10,16	0,4	158,052	52,68	
12,7	0,5	169,612	56,54	

Ilustración 9 - Curva del Ensayo CBR Apique 2



Como se puede apreciar, el material de tipo arena gravosa compacta en el apique del proyecto tiene una capacidad de soporte aceptable en el caso que sea una vía con un índice de tránsito medio a bajo.



Clasificación del material según el CBR.

Según el CBR a 0,1" de penetración se puede determinar de la siguiente manera:

Tabla 13 - Clasificación de la subrasante apique 2

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE	CBR EN %
S1	$0 < \text{CBR} < 2$
S2	$2 < \text{CBR} < 5$
S3	$5 < \text{CBR} < 10$
S4	$10 < \text{CBR} < 20$
S5	$\text{CBR} > 20$

Como se puede ver, el CBR nos indica que la subrasante tiene una baja capacidad de soporte en el caso que se tuviese un Tránsito de vehículos elevado.

CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA			
CLASE O TIPO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm²)	MODULO RESILIENTE (PSI)
S2	2,7%	370,000	5550,00



6.2.3. APIQUE 3

Descripción del perfil estratigráfico.

El perfil estratigráfico arrojó los siguientes resultados:

Tabla 14 - Perfil estratigráfico apique del proyecto 3

LOGO EMPRESARIAL	REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO					Codigo	F-EN-03-V02
	INVESTIGACION DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA INV E-11-13					Fecha	15/01/2024
						Revision	3.0
CLIENTE	ALCALDIA MUNICIPAL DE PURIFICACION					FECHA	2/11/2024
PROYECTO	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA					APIQUE	3
COORDENADAS	5° 4'45.78"N	ESTE	75° 7'11.61"O	ABSCISA	No		
PROF. M	Muestra No	Tipo	DATOS DEL CBR	SIMBOLO	Descripción del Subsuelo	NF	Observaciones
0,050 0,100	N/A	-	N/A		Carpeta de rodadura en pavimento rigido deteriorada	NP	
0,150 0,200 0,250 0,300	N/A	-	N/A		muestra amarilla con bastante gravas asociadas a una basa	NP	
0,350 0,400 0,450 0,500 0,550 0,600 0,650 0,700 0,750 0,800 0,850 0,900 0,950 1,000 1,050 1,100 1,150 1,200 1,250 1,300 1,350 1,400 1,450 1,500	MUESTRA 3 CON BOLSA SIPLOC PARA CLASIFICACION.	I N A L T E R A D O	MUESTRA INALTERADA TIPO CBR		Suelo de textura arenosa de color amarillo oscuro con trazas marrones presenta baja plasticidad pero una humedad media alta.	NP	
1,550 1,600 1,650 1,700 1,750 1,800 1,850 1,900 1,950 2,000	FIN DE LA EXPLORACION.		FIN DE LA EXPLORACION		FIN DE LA EXPLORACION		



Granulometría.

La granulometría o el análisis granulométrico es la determinación de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Este agrupa los materiales por rango de tamaños.

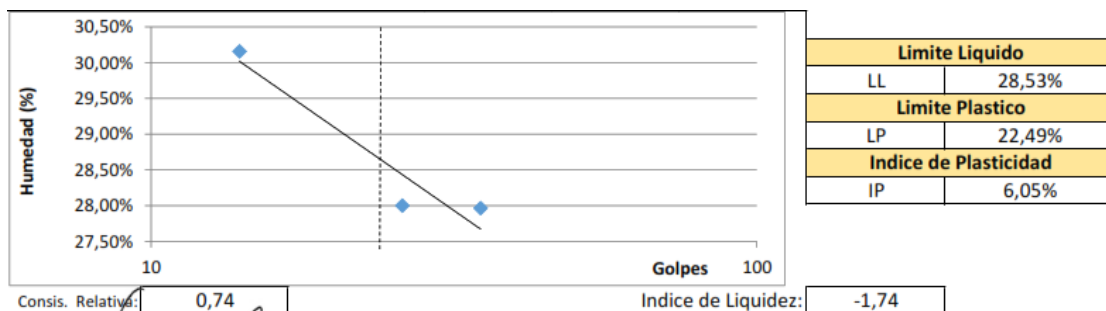
La granulometría también nos permite tener una referencia clara de que tipos de tamaños de materiales se encuentran presentes en cada una de las estructuras compuestas por materiales granulares como podría ser el caso de la sub base y la base granular que no están presentes en el lugar del proyecto.

El análisis granulométrico para el apique del estudio de suelos es el siguiente:

Tabla 15 - Granulometría apique 3

PESO ANTES DEL LAVADO <u>294,10 g</u>			PESO DESPUES DEL LAVADO <u>244,90 g</u>		
TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE PASA
No. 4	4,75	61,50	20,91%	20,91%	79,09%
No. 10	2,00	12,10	4,11%	25,03%	74,97%
No. 40	0,43	60,00	20,40%	45,43%	54,57%
No. 200	0,075	111,30	37,84%	83,27%	16,73%
P 200		49,20	16,73%		
		294,10			

Ilustración 10 - Curva granulométrica apique 3





Como se puede ver en la gráfica de la granulometría, la curva del porcentaje que pasa de material encontrado en la zona tiene pocos finos debido a que el porcentaje retenido en los tamices mayores es importante, lo que significa que este material tiene procedencia de tipo grano grueso.

Relación de soporte de suelo CBR.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material encontrado en el lugar del proyecto.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. De penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. Y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

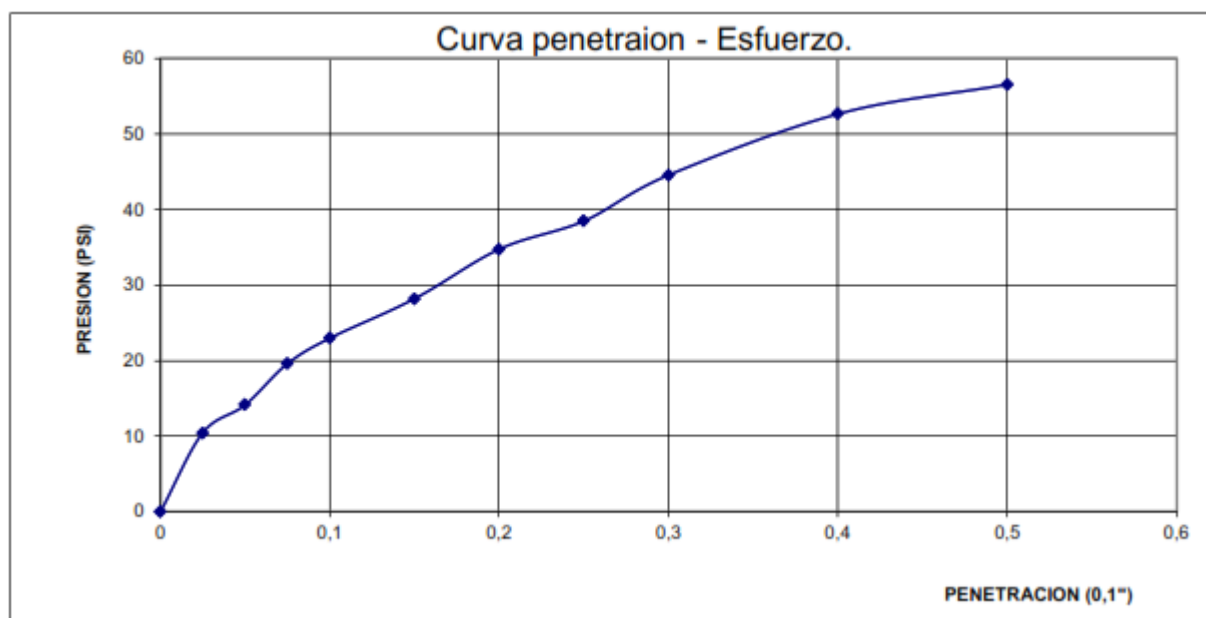
Los resultados del ensayo de relación de soporte CBR del material encontrado en el apique son los siguientes:



Tabla 16 - Ensayo CBR Apique 3

w Penetracion (%)		15,05%		
Expansion		-0,75%		
MOLDE N° 1				
PENETRACION		CARGA	PRESION	CBR (%)
mm	Pulg	Libras	(psi)	SUMERGIDO
0	0	0	0	
0,635	0,025	31,252	10,42	
1,27	0,05	42,423	14,14	
1,905	0,075	58,756	19,59	
2,54	0,1	68,961	22,99	2,30%
3,81	0,15	84,507	28,17	
5,08	0,2	104,239	34,75	2,32%
6,35	0,25	115,500	38,50	
7,62	0,3	133,637	44,55	
10,16	0,4	158,052	52,68	
12,7	0,5	169,612	56,54	

Ilustración 11 - Curva del Ensayo CBR Apique



Como se puede apreciar, el material de tipo arena gravosa compacta en el apique del proyecto tiene una capacidad de soporte aceptable en el caso que sea una vía con un índice de transito medio a bajo.



Clasificación del material según el CBR.

Según el CBR a 0,1" de penetración se puede determinar de la siguiente manera:

Tabla 13 - Clasificación de la subrasante apique 3

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE	CBR EN %
S1	$0 < \text{CBR} < 2$
S2	$2 < \text{CBR} < 5$
S3	$5 < \text{CBR} < 10$
S4	$10 < \text{CBR} < 20$
S5	$\text{CBR} > 20$

Como se puede ver, el CBR nos indica que la subrasante tiene una baja capacidad de soporte en el caso que se tuviese un Tránsito de vehículos elevado.

CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA			
CLASE O TIPO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm²)	MODULO RESILIENTE (PSI)
S2	2,3%	370,000	5550,00



6.2.4. APIQUE 4

Descripción del perfil estratigráfico.

El perfil estratigráfico arrojó los siguientes resultados:

Tabla 18 - Perfil estratigráfico apique del proyecto 4

REGISTRO DE EXPLORACIÓN DE CAMPO Y PERFIL ESTRATIGRAFICO APIQUE 4					
PROFUNDIDAD (m).	PERFIL ESTRATIGRAFICO	CLASIFICACIÓN UCSC	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
0		-----	-----	SE INICIA SONDEO CON MATERIAL TIPO PAVIMENTO FLEXIBLE (e=0.10 mts), SEGUIDO DE MEJORAMIENTO TIPO RECEBO, COMPACTO, CONTAMINADO.	NO SE RECUPERO MUESTRA PARA ENSAYO DE LABORATORIO.
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50		C.B.R.	Muestra Inalterada Para Calculo de C.B.R TOMADO In Situ. (ARENA TIPO PEÑON)		C.B.R. CORREGIDO A 0,1" = 7,1
0,60					C.B.R. CORREGIDO A 0,2" = 7,5
0,70					
0,80					
0,90		A - 1 - a	SP	ARENA GRAVOSA DE GRANO MEDIO A GRUESO TIPO PEÑON, CON PRESENCIA DE MATERIAL FINO (0.4%), DE COMPACIDAD RELATIVA MEDIA, POBREMENTE GRADADA, COLOR AMARILLO, CON PRESENCIA DE MATERIAL TIPO GRAVA (28.5%).	HUMEDAD NATURAL 4,4% Limte Liquido: N.L. Limite Plastico: N.P. Indice de Plasticidad: N.I.P. CLASIFICACION AASHTO A - 1 - a INDICE DE GRUPO = 0
1,00					
1,10					
1,20					
1,30					
1,40					
1,50					
1,60					
1,70					
1,80					
1,90					
2,00					

Como se puede apreciar, Se inicia sondeo con material tipo pavimento flexible (e=0.10 mts), seguido de mejoramiento tipo recebo, compacto, contaminado; luego de este estrato de material esta un estrato de material tipo arena gravosa de grano medio a grueso tipo peñon, con presencia de material fino (0.4%), de compacidad relativa media, pobremente gradada, color amarillo, con presencia de material tipo grava (28.5%).



Granulometría.

La granulometría o el análisis granulométrico es la determinación de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Este agrupa los materiales por rango de tamaños.

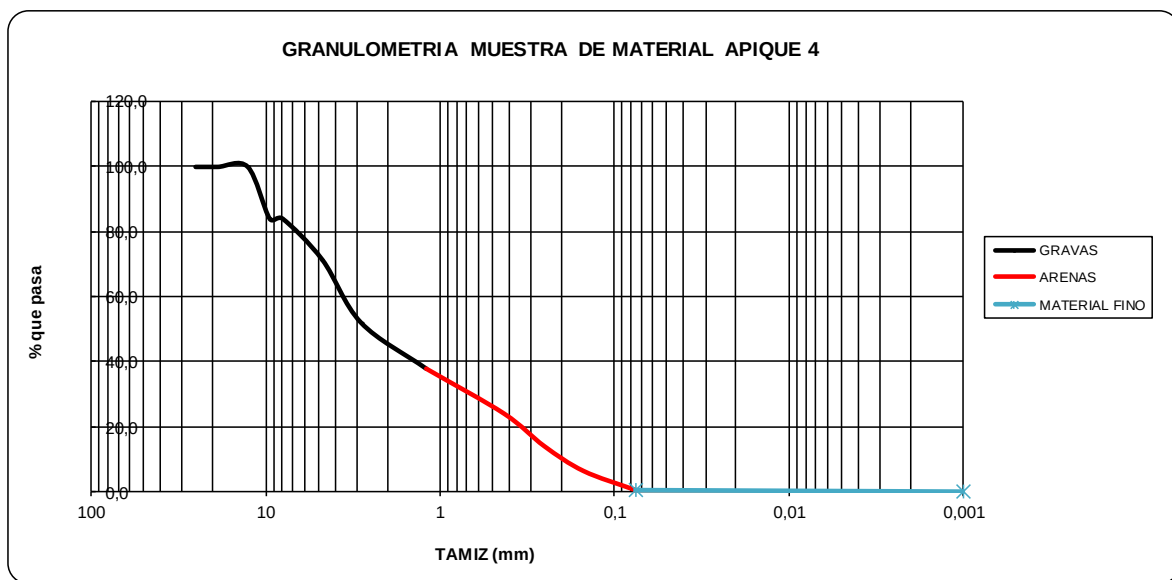
La granulometría también nos permite tener una referencia clara de que tipos de tamaños de materiales se encuentran presentes en cada una de las estructuras compuestas por materiales granulares como podría ser el caso de la sub base y la base granular que no están presentes en el lugar del proyecto.

El análisis granulométrico para el apique del estudio de suelos es el siguiente:

Tabla 19 - Granulometría apique 4

GRANULOMETRIA APIQUE 4					
TAMIZ	TAMIZ	Retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasa
in	mm	(gr)	(%)	(%)	(%)
1"	25,4	0,0	0%	0%	100,0
3/4"	19	0,0	0%	0%	100,0
1/2"	12,700	0,0	0%	0%	100,0
3/8"	9,500	22,6	16%	16%	84,1
1/4"	8,000	0,0	0%	16%	84,1
N.4	4,726	17,9	13%	29%	71,5
N.8	2,830	27,4	19%	48%	52,1
N.16	1,190	20,1	14%	62%	38,0
N.40	0,425	19,8	14%	76%	24,0
N.60	0,250	14,3	10%	86%	14,0
N.100	0,149	10,9	8%	94%	6,3
N.200	0,075	8,4	6%	100%	0,4
fondo	0,001	0,5	0%	100%	0,0
		141,9			
GRAVA (gr)	28,54%	ARENA (gr)	65,19%	FINO (gr)	6,27%
TOTAL	100,00%	PESO RETENIDO NORMAL	141,9		gr

Ilustración 12 - Curva granulométrica apique 4





Como se puede ver en la gráfica de la granulometría, la curva del porcentaje que pasa de material encontrado en la zona tiene pocos finos debido a que el porcentaje retenido en los tamices mayores es importante, lo que significa que este material tiene procedencia de tipo grano grueso.

Relación de soporte de suelo CBR.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material encontrado en el lugar del proyecto.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. De penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. Y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

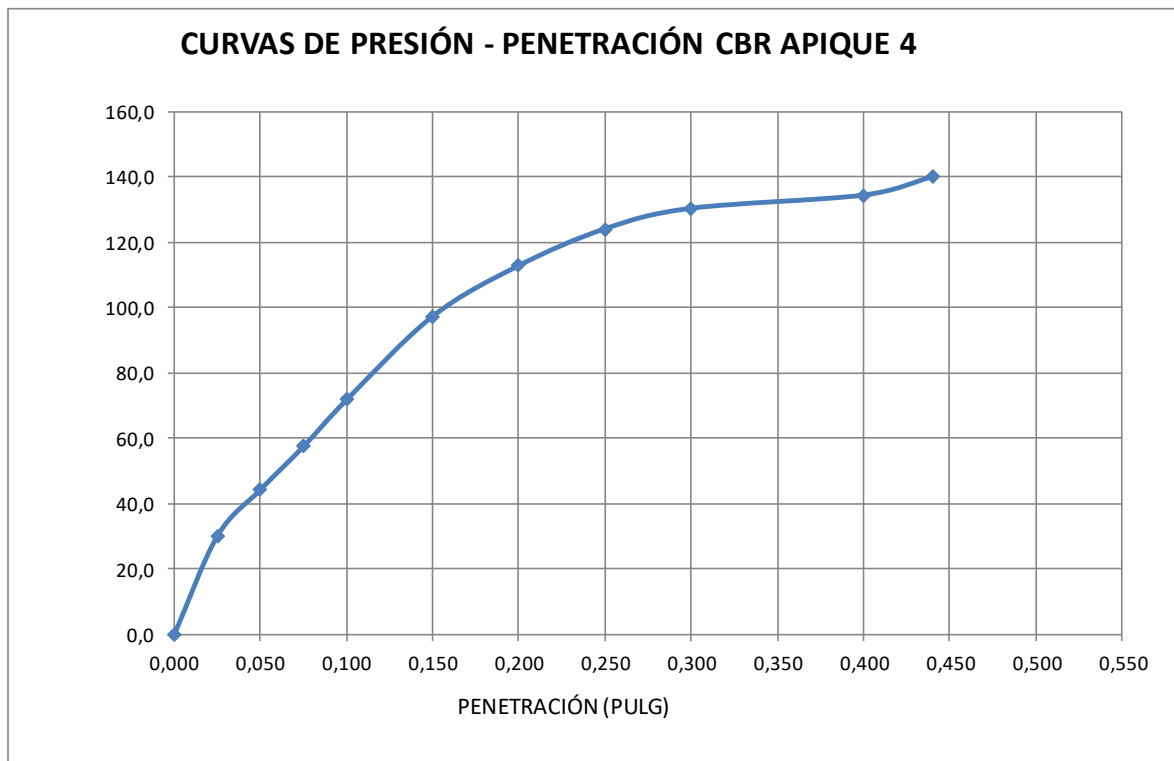
Los resultados del ensayo de relación de soporte CBR del material encontrado en el apique son los siguientes:



Tabla 20 - Ensayo CBR Apique 4

ENSAYO CBR APIQUE 4	
PENETRACIÓN (Pulg)	Esfuerzo (Psi)
0,000	0,0
0,025	30,1
0,050	44,3
0,075	57,5
0,100	71,8
0,150	97,4
0,200	112,9
0,250	124,1
0,300	130,4
0,400	134,4
0,440	140,1
RESULTADOS	
CBR CORREGIDO 0,1"	7,18
CBR CORREGIDO 0,2"	7,53

Ilustración 13 - Curva del Ensayo CBR Apique



Como se puede apreciar, el material de tipo arena gravosa compacta en el apique del proyecto tiene una capacidad de soporte aceptable en el caso que sea una vía con un índice de tránsito medio a bajo.



Clasificación del material según el CBR.

Según el CBR a 0,1" de penetración se puede determinar de la siguiente manera:

Tabla 21 - Clasificación de la subrasante apique 4

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE	CBR EN %
S1	$0 < \text{CBR} < 2$
S2	$2 < \text{CBR} < 5$
S3	$5 < \text{CBR} < 10$
S4	$10 < \text{CBR} < 20$
S5	$\text{CBR} > 20$

Como se puede ver, el CBR nos indica que la subrasante tiene una moderada capacidad de soporte en el caso que se tuviese un Tránsito de vehículos elevado.

CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA			
CLASE O TIPO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm²)	MODULO RESILIENTE (PSI)
S3	7,18%	654,037	9810,56



6.2.5. APIQUE 5

Descripción del perfil estratigráfico.

El perfil estratigráfico arrojó los siguientes resultados:

Tabla 22 - Perfil estratigráfico apique del proyecto 5

REGISTRO DE EXPLORACIÓN DE CAMPO Y PERFIL ESTRATIGRAFICO APIQUE 5					
PROFUNDIDAD (m).	PERFIL ESTRATIGRAFICO	CLASIFICACIÓN UCSC	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
0		-----	-----	SE INICIA SONDEO CON MATERIAL TIPO PAVIMENTO FLEXIBLE (e=0.10 mts), SEGUIDO DE MEJORAMIENTO TIPO RECEBO, COMPACTO, CONTAMINADO.	NO SE RECUPERO MUESTRA PARA ENSAYO DE LABORATORIO.
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50		C.B.R.	Muestra Inalterada Para Calculo de C.B.R TOMADO In Situ. (ARENA TIPO PEÑON)		C.B.R. CORREGIDO A 0,1" = 6,7
0,60					C.B.R. CORREGIDO A 0,2" = 7,2
0,70					
0,80					
0,90					
1,00		A - 1 - a	SP	ARENA GRAVOSA DE GRANO MEDIO A GRUESO TIPO PEÑON, CON PRESENCIA DE MATERIAL FINO (5,16%), DE COMPACIDAD RELATIVA MEDIA, POBREMENTE GRADADA, COLOR AMARILLO, CON PRESENCIA DE MATERIAL TIPO GRAVA (37,33%). PRESETA SOBRETAMAÑOS DE ROCA > A 10".	HUMEDAD NATURAL 3,4% Limite Liquido: N.L. Limite Plastico: N.P. Indice de Plasticidad: N.I.P. CLASIFICACION AASHTO A - 1 - a INDICE DE GRUPO = 0
1,10					
1,20					
1,30					
1,40					
1,50					
1,60					
1,70					
1,80					
1,90					
2,00					

Como se puede apreciar, Se inicia sondeo con material tipo pavimento flexible (e=0.10 mts), seguido de mejoramiento tipo recebo, compacto, contaminado; luego de este estrato de material esta un estrato de material tipo arena gravosa de grano medio a grueso tipo peñon, con presencia de material fino (5.16%), de compacidad relativa media, pobremente gradada, color amarillo, con presencia de material tipo grava (37.33%).



Granulometría.

La granulometría o el análisis granulométrico es la determinación de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Este agrupa los materiales por rango de tamaños.

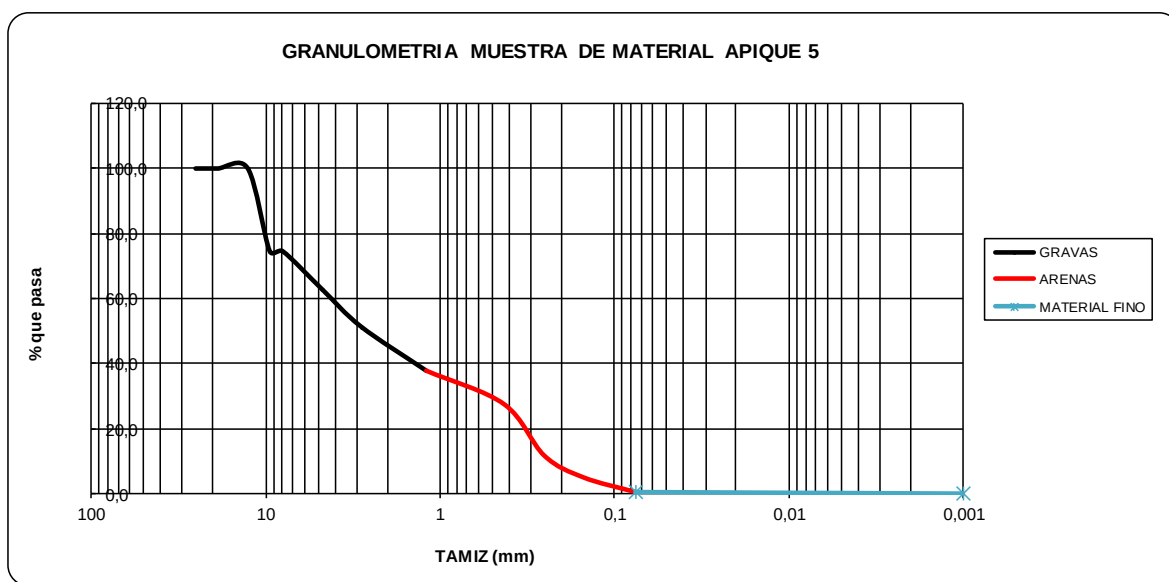
La granulometría también nos permite tener una referencia clara de que tipos de tamaños de materiales se encuentran presentes en cada una de las estructuras compuestas por materiales granulares como podría ser el caso de la sub base y la base granular que no están presentes en el lugar del proyecto.

El análisis granulométrico para el apique del estudio de suelos es el siguiente:

Tabla 23 - Granulometría apique 5

GRANULOMETRIA APIQUE 5					
TAMIZ	TAMIZ	Retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasa
in	mm	(gr)	(%)	(%)	(%)
1"	25,4	0,0	0%	0%	100,0
3/4"	19	0,0	0%	0%	100,0
1/2"	12,700	0,0	0%	0%	100,0
3/8"	9,500	44,0	26%	26%	74,5
1/4"	8,000	0,0	0%	26%	74,5
N.4	4,726	20,4	12%	37%	62,7
N.8	2,830	19,7	11%	49%	51,2
N.16	1,190	23,5	14%	62%	37,6
N.40	0,425	17,6	10%	73%	27,4
N.60	0,250	27,0	16%	88%	11,8
N.100	0,149	11,4	7%	95%	5,2
N.200	0,075	7,7	4%	99%	0,7
fondo	0,001	1,2	1%	100%	0,0
		172,5			
GRAVA (gr)	37,33%	ARENA (gr)	57,51%	FINO (gr)	5,16%
TOTAL	100,00%	PESO RETENIDO NORMAL	172,5		gr

Ilustración 14 - Curva granulométrica apique 5





Como se puede ver en la gráfica de la granulometría, la curva del porcentaje que pasa de material encontrado en la zona tiene pocos finos debido a que el porcentaje retenido en los tamices mayores es importante, lo que significa que este material tiene procedencia de tipo grano grueso.

Relación de soporte de suelo CBR.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material encontrado en el lugar del proyecto.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. De penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. Y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

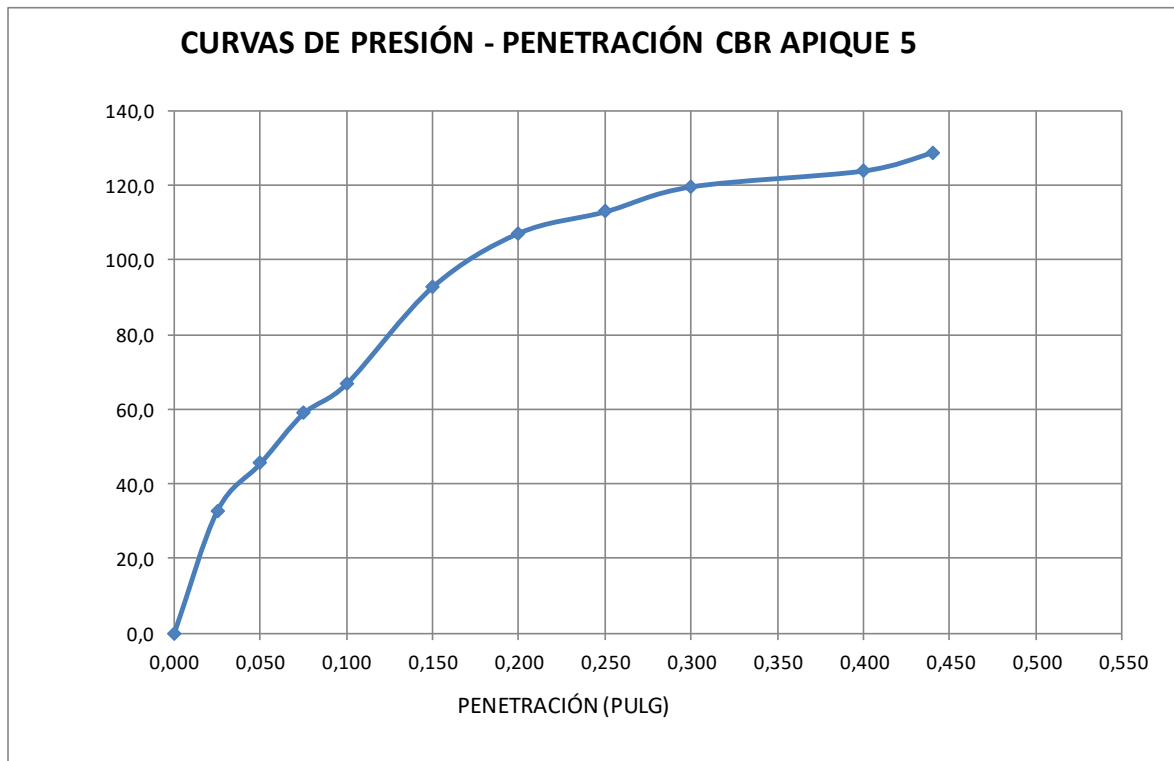
Los resultados del ensayo de relación de soporte CBR del material encontrado en el apique son los siguientes:



Tabla 24 - Ensayo CBR Apique 5

ENSAYO CBR APIQUE 5	
PENETRACIÓN (Pulg)	Esfuerzo (Psi)
0,000	0,0
0,025	32,8
0,050	45,6
0,075	58,9
0,100	66,9
0,150	92,9
0,200	107,3
0,250	113,0
0,300	119,7
0,400	124,0
0,440	128,8
RESULTADOS	
CBR CORREGIDO 0,1"	6,69
CBR CORREGIDO 0,2"	7,15

Ilustración 15 - Curva del Ensayo CBR Apique



Como se puede apreciar, el material de tipo arena gravosa compacta en el apique del proyecto tiene una capacidad de soporte aceptable en el caso que sea una vía con un índice de tránsito medio a bajo.



Clasificación del material según el CBR.

Según el CBR a 0,1" de penetración se puede determinar de la siguiente manera:

Tabla 25 - Clasificación de la subrasante apique 5

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE	CBR EN %
S1	$0 < \text{CBR} < 2$
S2	$2 < \text{CBR} < 5$
S3	$5 < \text{CBR} < 10$
S4	$10 < \text{CBR} < 20$
S5	$\text{CBR} > 20$

Como se puede ver, el CBR nos indica que la subrasante tiene una moderada capacidad de soporte en el caso que se tuviese un Tránsito de vehículos elevado.

CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA			
CLASE O TIPO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm²)	MODULO RESILIENTE (PSI)
S3	6,69%	668,735	10031,02



6.2.6. APIQUE 6

Descripción del perfil estratigráfico.

El perfil estratigráfico arrojó los siguientes resultados:

Tabla 26 - Perfil estratigráfico apique del proyecto 6

REGISTRO DE EXPLORACIÓN DE CAMPO Y PERFIL ESTRATIGRAFICO APIQUE 6					
PROFUNDIDAD (m).	PERFIL ESTRATIGRAFICO	CLASIFICACIÓN UCSC	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
0		-----	-----	SE INICIA SONDEO CON MATERIAL TIPO PAVIMENTO FLEXIBLE (e=0.10 mts), SEGUIDO DE MEJORAMIENTO TIPO RECEBO, COMPACTO, CONTAMINADO.	NO SE RECUPERO MUESTRA PARA ENSAYO DE LABORATORIO.
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50		C.B.R.	Muestra Inalterada Para Calculo de C.B.R TOMADO In Situ. (ARENA TIPO PEÑON)		C.B.R. CORREGIDO A 0,1" = 7,7
0,60					C.B.R. CORREGIDO A 0,2" = 8,2
0,70					
0,80					
0,90		A - 1 - a	SP	ARENA GRAVOSA DE GRANO MEDIO A GRUESO TIPO PEÑON, CON PRESENCIA DE MATERIAL FINO (0.3%), DE COMPACIDAD RELATIVA MEDIA, POBREMENTE GRADADA, COLOR AMARILLO, CON PRESENCIA DE MATERIAL TIPO GRAVA (42.9%). PRESETA SOBRETAMAÑOS DE ROCA > A 10".	HUMEDAD NATURAL 4,6% Limite Liquido: N.L. Limite Plastico: N.P. Indice de Plasticidad: N.I.P. CLASIFICACION AASHTO A - 1 - a INDICE DE GRUPO = 0
1,00					
1,10					
1,20					
1,30					
1,40					
1,50					
1,60					
1,70					
1,80					
1,90					
2,00					

Como se puede apreciar, Se inicia sondeo con material tipo pavimento flexible (e=0.10 mts), seguido de mejoramiento tipo recebo, compacto, contaminado; luego de este estrato de material esta un estrato de material tipo arena gravosa de grano medio a grueso tipo peñon, con presencia de material fino (0.3%), de compacidad relativa media, pobremente gradada, color amarillo, con presencia de material tipo grava (42.9%).



Granulometría.

La granulometría o el análisis granulométrico es la determinación de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Este agrupa los materiales por rango de tamaños.

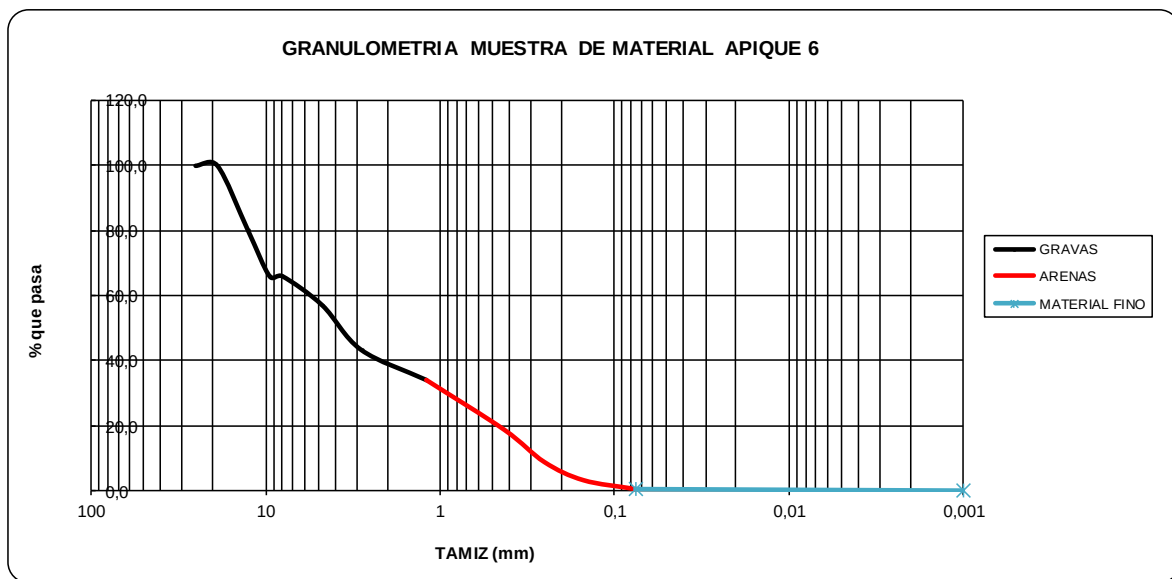
La granulometría también nos permite tener una referencia clara de que tipos de tamaños de materiales se encuentran presentes en cada una de las estructuras compuestas por materiales granulares como podría ser el caso de la sub base y la base granular que no están presentes en el lugar del proyecto.

El análisis granulométrico para el apique del estudio de suelos es el siguiente:

Tabla 27 - Granulometría apique 6

GRANULOMETRIA APIQUE 6					
TAMIZ	TAMIZ	Retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasa
in	mm	(gr)	(%)	(%)	(%)
1"	25,4	0,0	0%	0%	100,0
3/4"	19	0,0	0%	0%	100,0
1/2"	12,700	39,7	20%	20%	80,2
3/8"	9,500	28,6	14%	34%	66,0
1/4"	8,000	0,0	0%	34%	66,0
N.4	4,726	17,9	9%	43%	57,1
N.8	2,830	27,4	14%	57%	43,4
N.16	1,190	18,7	9%	66%	34,1
N.40	0,425	30,9	15%	81%	18,7
N.60	0,250	20,1	10%	91%	8,7
N.100	0,149	11,3	6%	97%	3,1
N.200	0,075	5,5	3%	100%	0,3
fondo	0,001	0,7	0%	100%	0,0
		200,8			
GRAVA (gr)	42,93%	ARENA (gr)	53,98%	FINO (gr)	3,09%
TOTAL	100,00%	PESO RETENIDO NORMAL	200,8		gr

Ilustración 16 - Curva granulométrica apique 6





Como se puede ver en la gráfica de la granulometría, la curva del porcentaje que pasa de material encontrado en la zona tiene pocos finos debido a que el porcentaje retenido en los tamices mayores es importante, lo que significa que este material tiene procedencia de tipo grano grueso.

Relación de soporte de suelo CBR.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material encontrado en el lugar del proyecto.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1"), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. De penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. Y quede retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

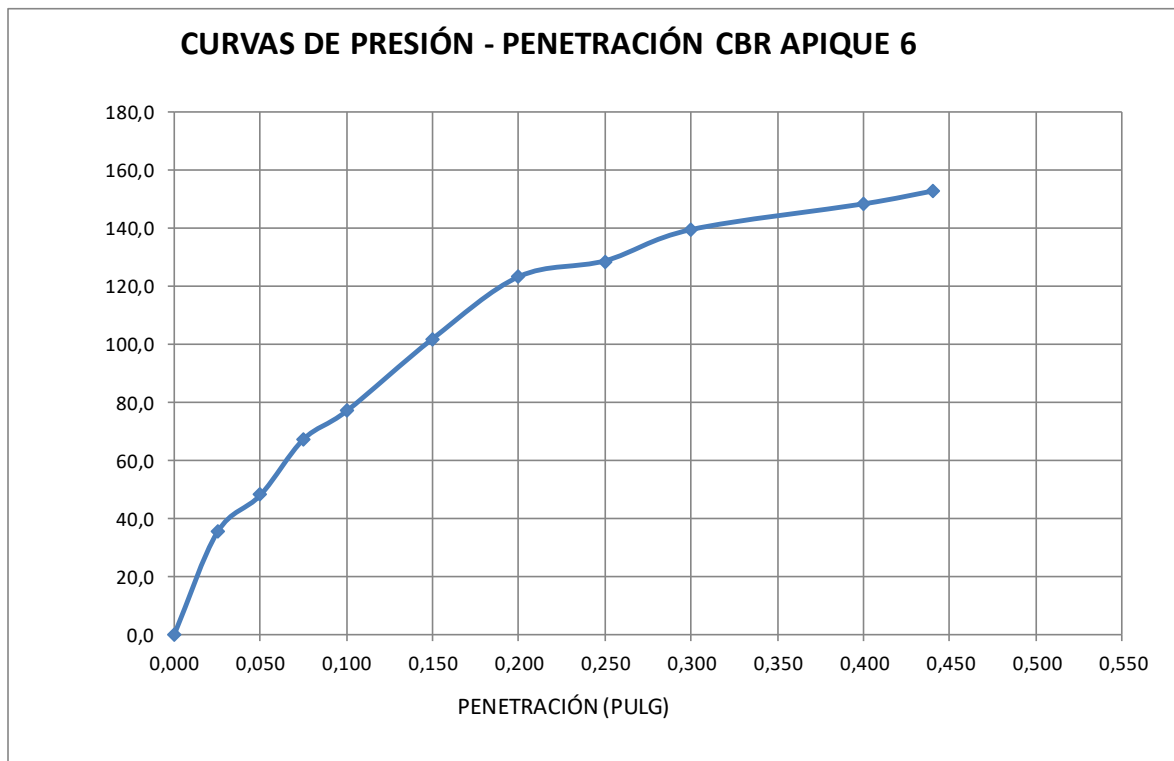
Los resultados del ensayo de relación de soporte CBR del material encontrado en el apique son los siguientes:



Tabla 28 - Ensayo CBR Apique 6

ENSAYO CBR APIQUE 6	
PENETRACIÓN (Pulg)	Esfuerzo (Psi)
0,000	0,0
0,025	35,2
0,050	48,0
0,075	67,2
0,100	76,9
0,150	101,8
0,200	123,1
0,250	128,5
0,300	139,3
0,400	148,1
0,440	152,5
RESULTADOS	
CBR CORREGIDO 0,1"	7,69
CBR CORREGIDO 0,2"	8,21

Ilustración 17 - Curva del Ensayo CBR Apique



Como se puede apreciar, el material de tipo arena gravosa compacta en el apique del proyecto tiene una capacidad de soporte aceptable en el caso que sea una vía con un índice de tránsito medio a bajo.



Clasificación del material según el CBR.

Según el CBR a 0,1" de penetración se puede determinar de la siguiente manera:

Tabla 29 - Clasificación de la subrasante apique 6

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE	CBR EN %
S1	$0 < \text{CBR} < 2$
S2	$2 < \text{CBR} < 5$
S3	$5 < \text{CBR} < 10$
S4	$10 < \text{CBR} < 20$
S5	$\text{CBR} > 20$

Como se puede ver, el CBR nos indica que la subrasante tiene una moderada capacidad de soporte en el caso que se tuviese un Tránsito de vehículos elevado.

CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA			
CLASE O TIPO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm2)	MODULO RESILIENTE (PSI)
S3	7,69%	768,678	11530,16



6.3 SELECCIÓN DEL CBR PARA LA UNIDAD TÍPICA (CBR DE DISEÑO).

Para determinar el CBR de diseño para la unidad típica se tomaron varias muestras inalteradas y se sumergieron en el agua por un periodo cercano a las 72 horas, debido a las condiciones de tránsito y al NESE acumulado para el cual se va a calcular se tomó el percentil adecuado para realizar el cálculo del CBR de diseño de la sub rasante.

Al hallar un NESE acumulado superior a $1,505 \times 10^6$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas, y teniendo en cuenta la tabla de los LIMITES PARA LA SELECCIÓN DE RESISTENCIA, hallamos el PERCENTIL A SELECCIONAR PARA HALLAR LA RESISTENCIA:

Tabla 30 - Límites para la selección de resistencia

LIMITES PARA LA SELECCIÓN DE RESISTENCIA	
NESEi ACUMULADO	Percentil a seleccionar para hallar CBR de diseño
< 10^4	60
$10^4 - 10^6$	75
> 10^6	87,5

De esta manera, sabemos que el percentil de diseño seleccionado es de 87,5%.

Luego de hallar los CBR que se requieren para el cálculo del CBR de la unidad, procedemos a hallar el CBR de la unidad:

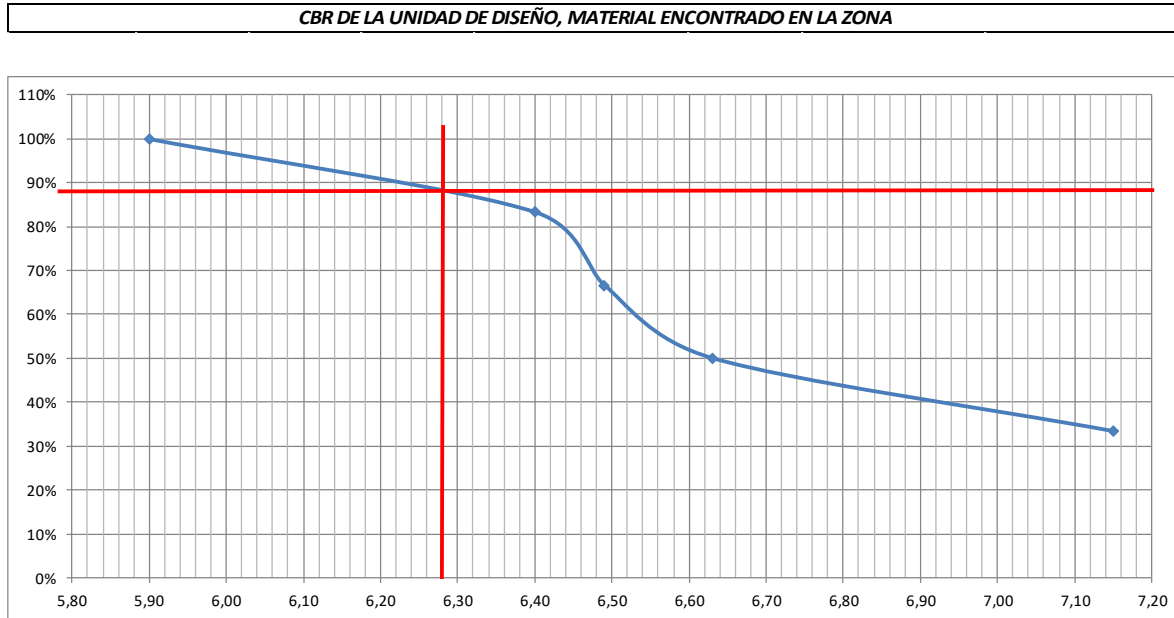
Tabla 31 - Tabla de organización de los CBR para el CBR de diseño

CBR'S ORGANIZADOS DE MENOR A MAYOR	# CBR IGUALES	# DE VALORES IGUALES O MAYORES	% DE VALORES IGUALES O MAYORES
5,90	1	6	100%
6,40	1	5	83%
6,49	1	4	67%
6,63	1	3	50%
7,15	1	2	33%
7,18	1	1	17%
	6		

La gráfica para hallar el CBR de diseño es la siguiente:



Ilustración 18 - CBR de la unidad de diseño



DE ESTA MANERA, EL CBR DE DISEÑO DE LA UNIDAD ES DE 6,28%

Ilustración 19 - CBR de diseño de la unidad resultante

CBR DISEÑO	6,28%
-------------------	--------------

CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA			
CLASE O TIPO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm2)	MODULO RESILIENTE (PSI)
S3	6,28%	6,28	9420

ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL CBR DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE.

La clasificación de la sub rasante es la siguiente:

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE	CBR EN %
S1	0 < CBR < 2
S2	2 < CBR < 5
S3	5 < CBR < 10
S4	10 < CBR < 20
S5	CBR > 20



Podemos concluir que se hace necesario la sustitución de la subrasante para no arriesgar la estabilidad del proyecto y del diseño en cuestión.

DIMENSIONAMIENTO DEL MATERIAL DE REEMPLAZO DE SUBRASANTE		
RESULTADOS		
FACTOR		TOTAL
h	Espesor material granular requerido sin geotextil de estabilización [m]	0,60
h	Espesor material granular requerido con geotextil de estabilización [m]	0,41
ds	Disminución del espesor empleando geotextil [%]	32%

CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE DE ACUERDO CON SU RESISTENCIA			
CLASE O TIPO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm2)	MODULO RESILIENTE (lb/pulg2)
S4	10,000%	1000	15000

CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE DE ACUERDO A SU RESISTENCIA.		
CLASE O TIPO	CBR (%)	Modulo Resiliente (Kg/cm2)
S1	< 2	< 200
S2	2 A 5	200 - 500
S3	5 A 10	500 - 1000
S4	10 A 20	1000 - 2000
S5	> 20	>2000



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las zonas que contenga alto grado de contaminación, es recomendable el retiro total del material del material que se encuentre fuertemente alterado.
- Si se llega a presentar un perfil estratigráfico o del terreno diferente a los citados en este informe es necesario informar y solicitar la visita del ingeniero Diseñador.
- Se recomienda el uso de un geotextil de separación tejido que permita controlar la migración de finos.
- El perfil consignado dentro del informe corresponde a las condiciones encontradas de humedad y consistencia de la época en la cual se desarrolla la exploración geotécnica.
- Se recomienda proyectar un filtro longitudinal que permita controlar la entrada de agua a la estructura de pavimento esto considerando que la matriz de la subrasante es arenosa y es susceptible a perder volumen en presencia de agua.
- Se aclara que dentro de la Vía analizada en el presente informe no se evidenciaron obras complementarias

Hernando Restrepo Huelgos.

Ingeniero Civil

Esp. Geotecnia ambiental

MP. 70202-086288 TLM

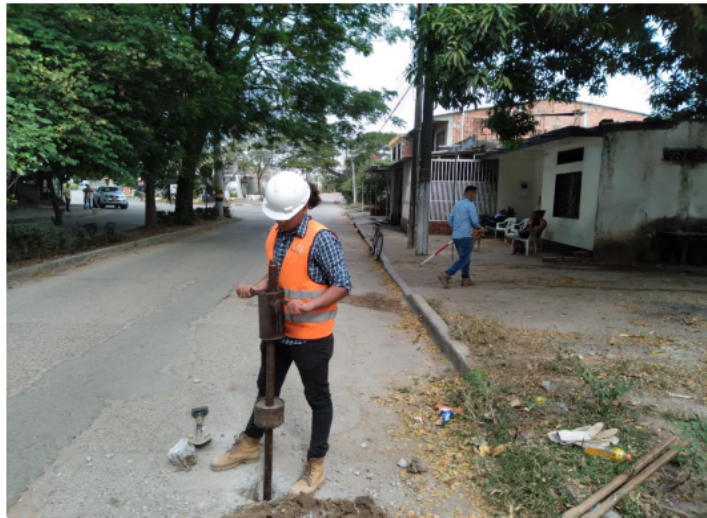


8. BIBLIOGRAFIA

- NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE ENSAYOS PARA MATERIALES INVIAS.



REGISTRO FOTOGRAFICO



SONDEO No. 1



SONDEO No. 2



SONDEO No. 3



SONDEO No. 4



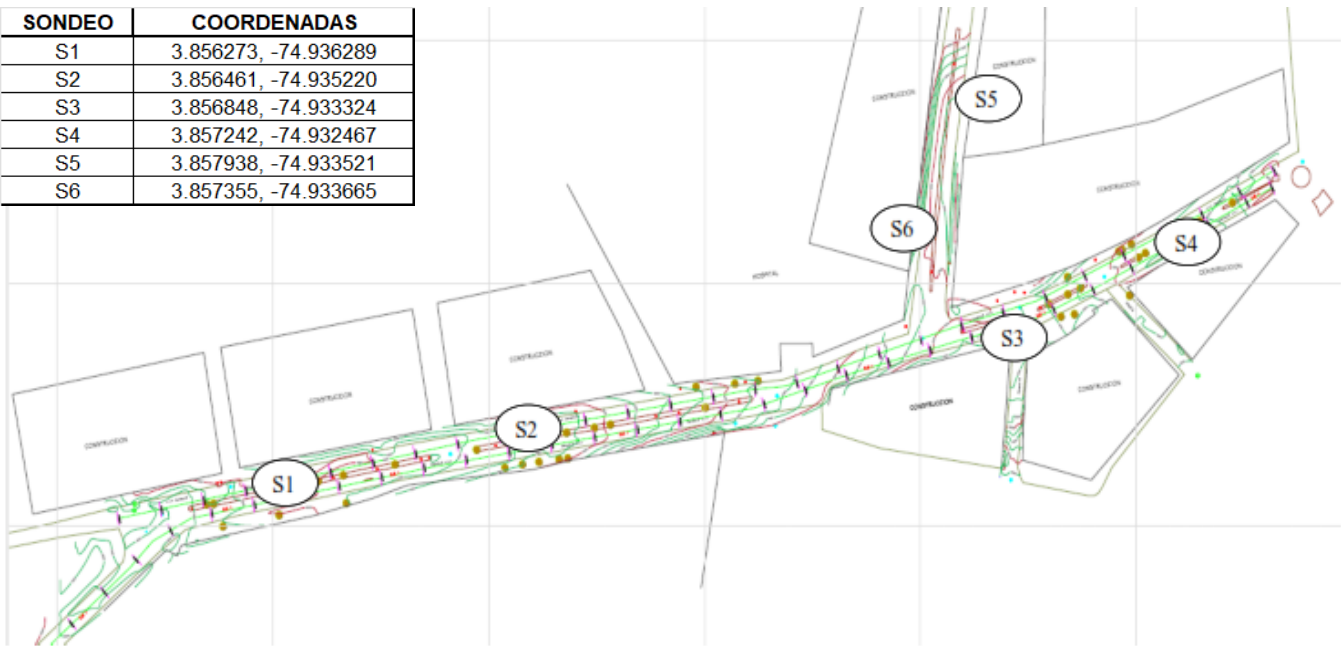
SONDEO No. 5



SONDEO No. 6



SONDEO	COORDENADAS
S1	3.856273, -74.936289
S2	3.856461, -74.935220
S3	3.856848, -74.933324
S4	3.857242, -74.932467
S5	3.857938, -74.933521
S6	3.857355, -74.933665



PLANO LOCALIZACION SONDEOS 1 AL 6.