ESTUDIO DE SUELOS PARA LA "PAVIMENTACIÓN Y REHABILITACIÓN VIAL EN LAS CALLES 23A y 23; EN EL BARRIO ALTOS DEL PIENTA DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHARALÁ, SANTANDER"



Elaborado por:

Laura Lisseth Esteban Blanco
Geóloga *Esp*. Geotecnia
M.P 3540 CPG

Agosto de 2025 Municipio de Charalá, Santander

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN....4

2. OBJETIVOS....5

3. LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO....6

3.1 Ubicación Geográfica....6

4. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SITIO....7

4.1 Clima....7

4.2 Precipitación....7

4.3 Drenajes e infiltración....9

5. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DEL SECTOR Y PRINCIPIOS DE SISMO RESITENCIA NSR 10....10

5.1 Zonas de amenaza y movimientos sísmicos de diseño....10

6. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DE CAMPO....11

6.1 Ensayos de penetrómetro dinámico de cono (PDC)....12

6.2 Ensayos de laboratorio y pruebas in situ....12

6.3 Registro fotográfico....13

6.4 Perfiles estratigráficos....14

7. PARÁMETROS CALIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE....15

7.1 Posición del nivel freático....15

7.2 Clasificación de los suelos de la subrasante....15

7.3 Calificación del potencial de expansión del suelo de la subrasante de cada una de las Unidades de Diseño....15

7.4 Determinación del CBR....16

7.5 Correlaciones clasificación del suelo Vs CBR....22

8. RESULTADOS....23

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....24

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación geográfica de la zona de estudio.....6
Ilustración 2 Distribución de las temperaturas mensuales, Estación Charalá.....7
Ilustración 3 Régimen de circulación en la zona de estudio.....9
Ilustración 4 Zonas de amenazas sísmicas.....10
Ilustración 5 Localización zona de estudio.....11
Ilustración 6 PDC y apiques.....13
Ilustración 7 Perfiles estratigráficos.....14
Ilustración 8 Penetración Vs golpes acumulados PDC 1.....20
Ilustración 9 penetración Vs golpes acumulados PDC 2.....20
Ilustración 10 penetración Vs golpes acumulados PDC 3.....21

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Precipitación media mensual del Municipio de Charalá.....8
Tabla 2 Características climáticas.....8
Tabla 3 Ubicación geográfica sondeos PDC.....12
Tabla 4 Resumen de ensayos realizados.....12
Tabla 5 Parámetros apiques.....15
Tabla 6 Correlación Límites de consistencia vs. Potencial de expansión.....16
Tabla 7 Sondeo 1.....17
Tabla 8 Sondeo 2.....18
Tabla 9 Sondeo 3.....19
Tabla 10 Resultados valores de CBR.....21
Tabla 11 Correlación AASHTO. Clasificación del suelo vs CR.....22
Tabla 12 Valores Correlaciones.....23
Tabla 13 Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR.....23
Tabla 14 Clasificación de la sub-rasante de acuerdo con su resistencia.....24

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene los aspectos técnicos resultantes de la exploración de campo, ensayos y pruebas de laboratorio, consulta de la norma y demás aspectos concernientes y relativos a las condiciones físico-mecánicas del subsuelo.

Los diferentes estudios realizados y presentados en el documento se realizaron con el fin de determinar el valor del C.B.R de los suelos, por medio del ensayo de cono dinámico con el objetivo de evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados y/o materiales compactados y otras características de los materiales que las constituyen.

2. OBJETIVOS

- Recopilar información de carácter geotécnico, del sector en estudio, con el fin de identificar las características bioclimáticas, topográficas y demás relevantes, que puedan afectar la estabilidad de los subsuelos del sitio del estudio.

- Establecer los criterios geomorfológicos, estratigrafía dominante del sector y formaciones geológicas en general con el fin de determinar el perfil estratigráfico específico para cada uno de los sondeos realizados para el presente estudio del área a intervenir con obras civiles y de infraestructura.

- Determinar el perfil estratigráfico y las propiedades geomecánicas del suelo

- Analizar y determinar las características de afectación sísmica del sector objeto del estudio Geotécnico.

- Realizar los ensayos de laboratorio de las muestras alteradas o inalteradas de los suelos encontrados, con el fin de determinar los límites de consistencia, humedad y granulometría.

- Evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados y/o materiales compactados mediante el método de ensayo de penetración del PDC, entre otros aplicables de acuerdo al tipo de suelo encontrados.

3. LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación Geográfica

El municipio de Charalá se encuentra localizado al sur del departamento de Santander. Su localización geográfica con respecto al meridiano de Greenwich es de 6° 17' 24" de latitud norte y 73° 09' 03" de longitud oeste con un área total de 414.6 Km^2 de los cuales 0.7 Km^2 corresponde al casco urbano. Sus coordenadas planas son:

X= 1'103.300 a X= 1'118.400

Y= 1'160.400 a Y= 1'196.800

Limita al norte con los municipios de Páramo, Ocamonte y Mogotes; al Oriente con Coromoro y Encino, al Sur con Duitama (Boyacá) y Gámbita; y al Occidente con Suaita, Oiba y Confines.

Ilustración 1 Ubicación geográfica de la zona de estudio



Fuente: Modificado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2007)

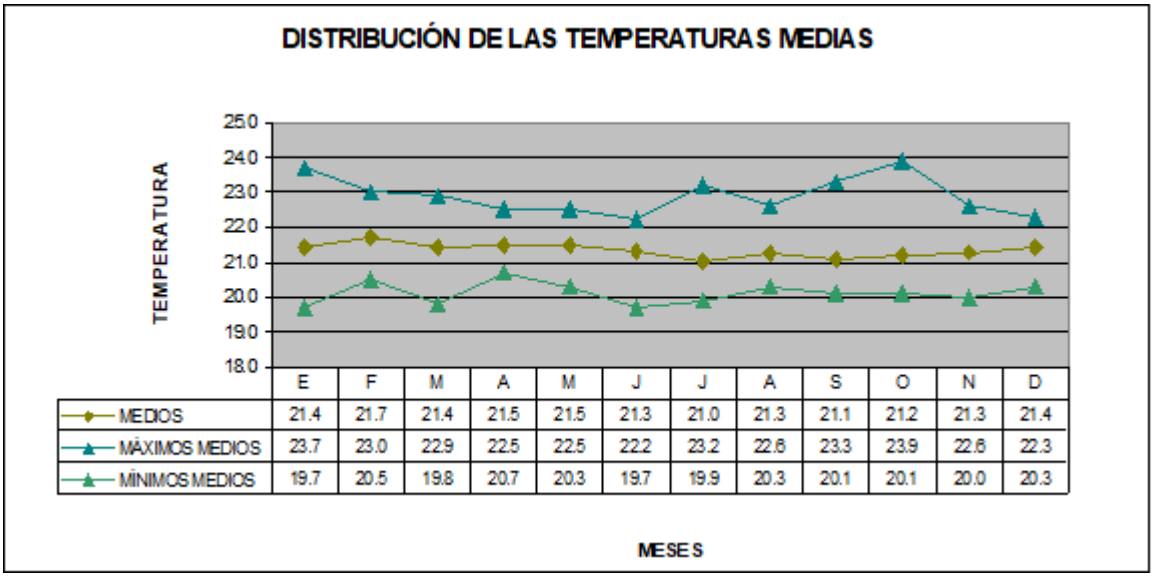
4. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SITIO

4.1 Clima

La variación de la temperatura observada está directamente relacionada con el gradiente altitudinal, pero disminuida por la humedad del ambiente.

La temperatura media anual del municipio es de 21.3 °C. El mes más caliente del año es febrero, alcanzando valores de 21.7°C y los meses más fríos son julio, septiembre y octubre 21, 21.1 y 21.2°C, respectivamente; se registra por lo tanto una variación estacional pequeña de 0.7°C.

Ilustración 2 Distribución de las temperaturas mensuales, Estación Charalá



	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MEDIOS	21.4	21.7	21.4	21.5	21.5	21.3	21.0	21.3	21.1	21.2	21.3	21.4
MÁXIMOS MEDIOS	23.7	23.0	22.9	22.5	22.5	22.2	23.2	22.6	23.3	23.9	22.6	22.3
MÍNIMOS MEDIOS	19.7	20.5	19.8	20.7	20.3	19.7	19.9	20.3	20.1	20.1	20.0	20.3

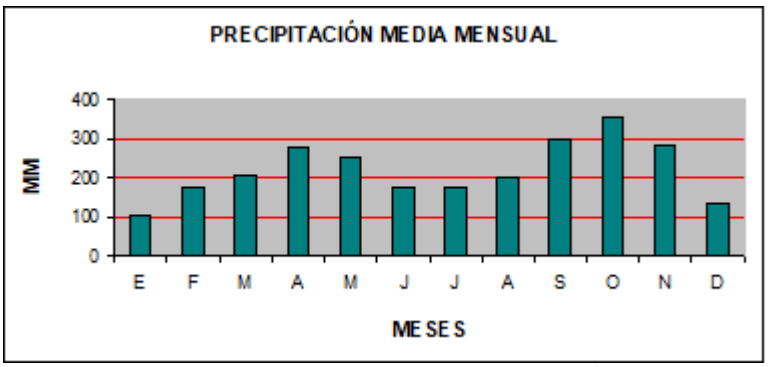
Fuente: EOT Municipio de Charalá

4.2 Precipitación

La estación más cercana a la cabecera municipal es Charalá y tiene una precipitación media anual de 2643 mm. La zona está caracterizada por ser un sector de alta pluviosidad al nivel multianual. Se puede considerar como un sector privilegiado por la pluviosidad que se presenta en su territorio.

El régimen de lluvias se caracteriza concretamente por un comportamiento de tipo bimodal, es decir, una época de invierno (marzo a mayo) para el primer período y para el segundo período (septiembre a noviembre). El año hidrológico se define como el período comprendido entre el inicio del verano, pasando por el invierno, hasta el final del último invierno del año calendario. Para la zona en estudio, el año hidrológico comienza en diciembre y termina en noviembre del siguiente año.

Tabla 1 Precipitación media mensual del Municipio de Charalá



Fuente: EOT Municipio de Charalá

Los meses de mayor precipitación se presentan de marzo a mayo y de septiembre a noviembre con cantidades que varían entre 276.6 y 355.3 mm. Las épocas de menores lluvias van de diciembre a enero (135.3 y 173.9 mm) y el mes de julio (176.4 mm). Son meses de transición entre temporadas secas y húmedas febrero, junio y agosto.

En el primer semestre se presentan los meses menos lluviosos (diciembre y enero), la distribución porcentual de la lluvia por semestres es prácticamente igual (47% aporta el primero y 53% el segundo).

Las principales características climáticas, se resumen a continuación:

Tabla 2 Características climáticas

Precipitación Aproximada	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Humedad Relativa Mínima	Humedad Relativa Máxima	Brillo Solar
2643 mm	19.7 °C	23.9°C	68.0%	93.0%	1920 Horas de Sol

Fuente: EOT Municipio de Charalá

4.3 Drenajes e infiltración

En la zona objeto de estudio de presenta el régimen de circulación freático superficial, ya que el predio donde se proyecta la construcción de pavimento rígido en vías urbanas se encuentra ubicado sobre cuaternario aluvial (Qal). Este régimen de circulación presenta un grado de permeabilidad medio debido a la porosidad del suelo. De acuerdo con las perforaciones, no se encontró nivel freático in situ.

Ilustración 3 Régimen de circulación en la zona de estudio

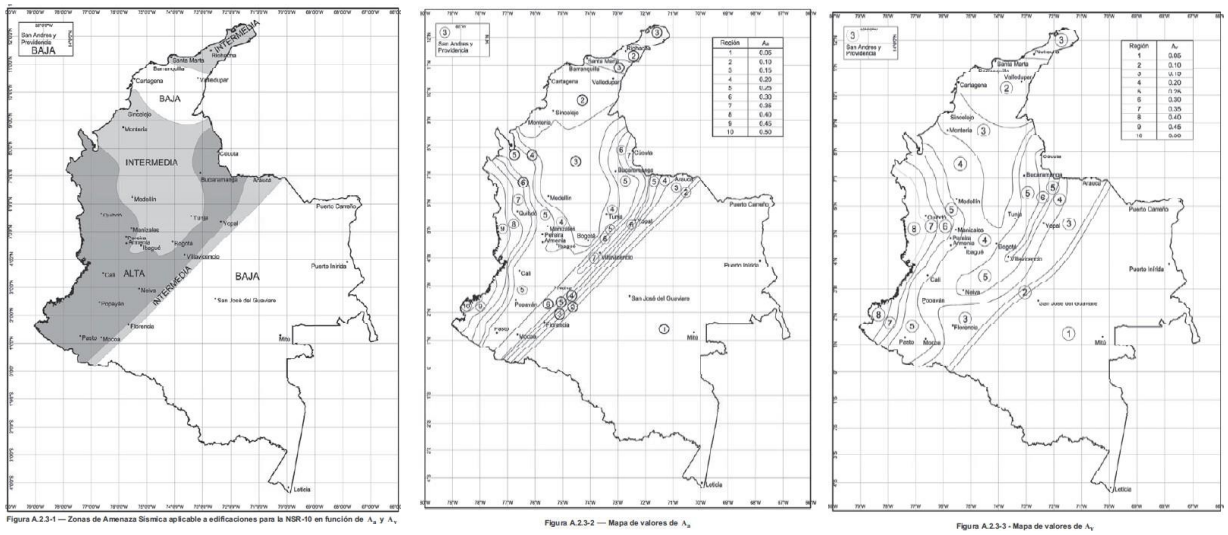


Fuente: Autor

5. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DEL SECTOR Y PRINCIPIOS DE SISMO RESITENCIA NSR 10

5.1 Zonas de amenaza y movimientos sísmicos de diseño

Ilustración 4 Zonas de amenazas sísmicas



Fuente: NSR10

Según el numeral A.2.3. Del Título A de la Norma Sismo Resistente Colombia NSR 10 debemos ubicar la zona de estudio, con el fin de determinar la zona de amenaza y por consiguientes los valores de Aa y Av.

Para el caso de nuestro estudio los valores correspondientes fueron:

Característica	Consultado	Valores
Zona de Amenaza	Figura A.2.3.-1 NSR 10	Alta
Región	Figura A.2.3.-2 NSR 10	5
Valor Aa (Horizontal)	Figura A.2.3.-2 NSR 10	0,20
Valor Av (Vertical)	Figura A.2.3.-3 NSR 10	0,25

6. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DE CAMPO

Una vez recolectada y analizada la información concerniente a la geomorfología, geografía, y ubicación de la zona de trabajo, se procedió a realizar el desplazamiento al sitio objeto del estudio, en el cual se evidenciaron las características del lugar en los aspectos geotécnicos, para dar paso a los ensayos en situ a realizar, como también a la recolección de muestras para analizar en el laboratorio y determinar las principales características geomecánicas y comportamientos de los suelos existentes.

Ilustración 5 Localización zona de estudio



Fuente: Google Earth

6.1 Ensayos de penetrómetro dinámico de cono (PDC)

Se ejecutaron 3 ensayos de penetrómetro dinámico de cono (PDC) con el fin de determinar la resistencia la resistencia in-situ de suelos inalterados.

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados y/o materiales compactados. Con los valores de rata de penetración del PDC de 8 kilogramos se estima el CBR in-situ, la resistencia al corte de las capas y otras características de los materiales que las constituyen.

Tabla 3 Ubicación geográfica sondeos PDC

PDC 1	LATITUD	LONGITUD
PDC 1	6°17'12.83"N	73° 8'38.28"W
PDC 2	6°17'12.19"N	73° 8'38.06"W
PDC 3	6°17'11.91"N	73° 8'38.56"W

Fuente: Autor

6.2 Ensayos de laboratorio y pruebas in situ

Tabla 4 Resumen de ensayos realizados

Ensayo	Norma	No. de Ensayos realizados
Investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería	INV E-101-07	1
Penetrómetro dinámico de cono	INV E-172-07	16
Análisis granulométrico de suelos por tamizado	INV E-123-07	16
Determinación del límite líquido de los suelos	INV E-125-07	16
Límite plástico e índice de plasticidad de suelos	INV E-126-07	16

Fuente: Autor

6.3 Registro fotográfico

Ilustración 6 PDC y apiques



Fuente: Autor

6.4 Perfiles estratigráficos

Ilustración 7 Perfiles estratigráficos



Fuente: Autor

<u>*De acuerdo a las exploraciones de campo, no se encontró nivel freático.</u>

7. PARÁMETROS CALIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE

Se ejecutaron 3 ensayos de cono de penetrómetro dinámico PDC distribuidos en nuestra zona de estudio.

7.1 Posición del nivel freático

De acuerdo con los sondeos y la exploración de campo, no se detectó nivel freático.

7.2 Clasificación de los suelos de la subrasante

Para la clasificación de suelos de la subrasante se siguieron las normas INV E- 123-07, INV E-125-07 e INV E-126-07, que corresponden a los ensayos de laboratorio de granulometría, límite líquido y límite plástico, respectivamente.

Dentro de los trabajos ejecutados en campo, se realizaron apiques para la toma de muestras para clasificación de laboratorio y sus propiedades se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 5 Parámetros apiques

No. MUESTRA	% LÍMITE LÍQUIDO	% LÍMITE PLÁSTICO	% ÍNDICE PLÁSTICO	CLASIFICACIÓN U.S.C
M1	N.P	N.P	N.P	SM
M2	N.P	N.P	N.P	SM
M3	16,9	15,5	1,4	ML

Fuente: Autor

7.3 Calificación del potencial de expansión del suelo de la subrasante de cada una de las Unidades de Diseño

Para la calificación del potencial de expansión, se analizan los valores del límite líquido y el índice plástico y se correlacionan con los valores presentados en la siguiente tabla.

Tabla 6 Correlación Límites de consistencia vs. Potencial de expansión

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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella

De acuerdo con los resultados de laboratorio, se tiene que las muestras analizadas presentan valores de límite líquido menores a 50% y valores de índice de plasticidad menos a 25%, por tanto, la clasificación del hinchamiento potencial es bajo.

7.4 Determinación del CBR

Teniendo en cuenta que, la naturaleza del suelo ha permitido realizar el ensayo de PDC y que el suelo corresponde a material granular, los valores de CBR se hallan bajo la correlación establecida por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos:

$$CBR = \frac{292}{(PDC)^{1.12}}$$

Con el tratamiento matemático respectivo guiados por la norma INV E-172-13, se logró determinar el % de CBR para cada tramo, así:

Tabla 7 Sondeo 1

No. De golpes	Penetración acumulada mm	Penetración por golpe colocado mm	Penetración por golpe mm	Factor de golpe del martillo	Indice PDC mm/golpe	CBR %
0	0					
1	20	20	20,0	1	20,0	10
1	30	10	10,0	1	10,0	22
1	40	10	10,0	1	10,0	22
1	50	10	10,0	1	10,0	22
1	60	10	10,0	1	10,0	22
1	85	25	25,0	1	25,0	8
1	115	30	30,0	1	30,0	6
1	140	25	25,0	1	25,0	8
1	165	25	25,0	1	25,0	8
1	200	35	35,0	1	35,0	5
1	235	35	35,0	1	35,0	5
1	265	30	30,0	1	30,0	6
1	305	40	40,0	1	40,0	5
1	350	45	45,0	1	45,0	4
1	395	45	45,0	1	45,0	4
1	450	55	55,0	1	55,0	3
1	515	65	65,0	1	65,0	3
1	595	80	80,0	1	80,0	2
1	670	75	75,0	1	75,0	2
2	740	70	35,0	1	35,0	5
2	820	80	40,0	1	40,0	5
2	930	110	55,0	1	55,0	3

Fuente: Autor

Tabla 8 Sondeo 2

No. De golpes	Penetración acumulada mm	Penetración por golpe colocado mm	Penetración por golpe mm	Factor de golpe del martillo	Indice PDC mm/golpe	CBR %
0	0					
1	25	25	25,0	1	25,0	8
1	40	15	15,0	1	15,0	14
1	65	25	25,0	1	25,0	8
1	123	58	58,0	1	58,0	3
1	155	32	32,0	1	32,0	6
1	170	15	15,0	1	15,0	14
1	215	45	45,0	1	45,0	4
1	245	30	30,0	1	30,0	6
1	280	35	35,0	1	35,0	5
1	310	30	30,0	1	30,0	6
1	320	10	10,0	1	10,0	22
1	350	30	30,0	1	30,0	6
1	380	30	30,0	1	30,0	6
1	410	30	30,0	1	30,0	6
1	440	30	30,0	1	30,0	6
1	465	25	25,0	1	25,0	8
1	510	45	45,0	1	45,0	4
1	530	20	20,0	1	20,0	10
1	580	50	50,0	1	50,0	4
1	605	25	25,0	1	25,0	8
1	635	30	30,0	1	30,0	6
1	685	50	50,0	1	50,0	4
1	700	15	15,0	1	15,0	14
1	750	50	50,0	1	50,0	4
1	785	35	35,0	1	35,0	5
1	820	35	35,0	1	35,0	5
1	845	25	25,0	1	25,0	8

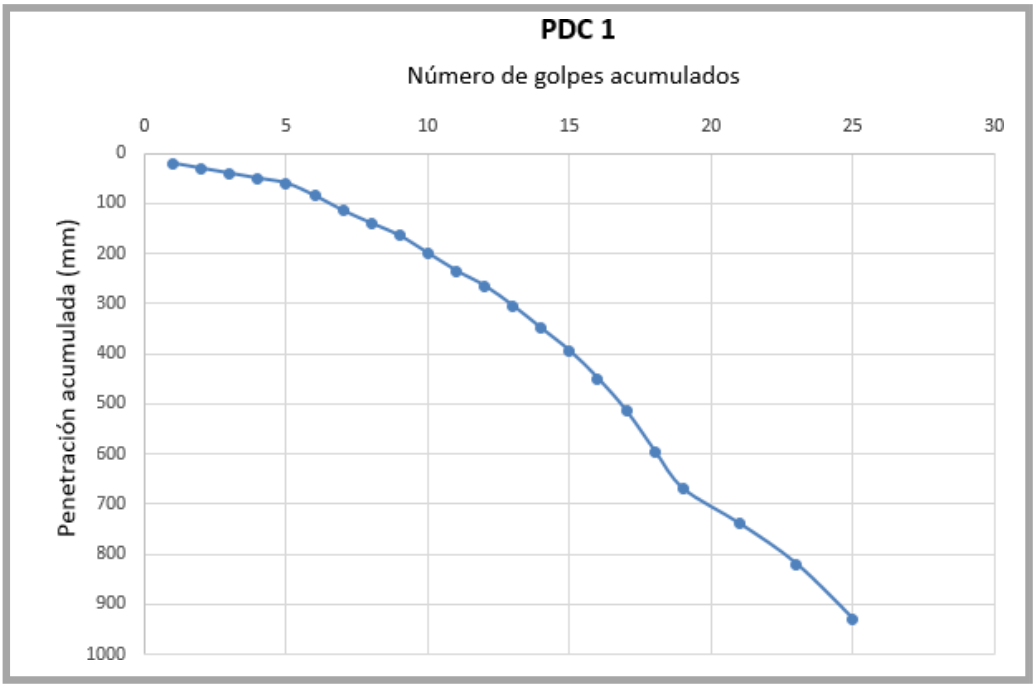
Fuente: Autor

Tabla 9 Sondeo 3

No. De golpes	Penetración acumulada mm	Penetración por golpe colocado mm	Penetración por golpe mm	Factor de golpe del martillo	Indice PDC mm/golpe	CBR %
0	0					
1	20	20	20,0	1	20,0	10
1	35	15	15,0	1	15,0	14
1	65	30	30,0	1	30,0	6
1	87	22	22,0	1	22,0	9
1	100	13	13,0	1	13,0	17
1	118	18	18,0	1	18,0	11
1	130	12	12,0	1	12,0	18
1	160	30	30,0	1	30,0	6
1	175	15	15,0	1	15,0	14
1	220	45	45,0	1	45,0	4
1	265	45	45,0	1	45,0	4
1	315	50	50,0	1	50,0	4
1	360	45	45,0	1	45,0	4
1	400	40	40,0	1	40,0	5
1	420	20	20,0	1	20,0	10
1	450	30	30,0	1	30,0	6
1	490	40	40,0	1	40,0	5
1	530	40	40,0	1	40,0	5
1	565	35	35,0	1	35,0	5
1	620	55	55,0	1	55,0	3
1	700	80	80,0	1	80,0	2
1	740	40	40,0	1	40,0	5
1	785	45	45,0	1	45,0	4
1	840	55	55,0	1	55,0	3

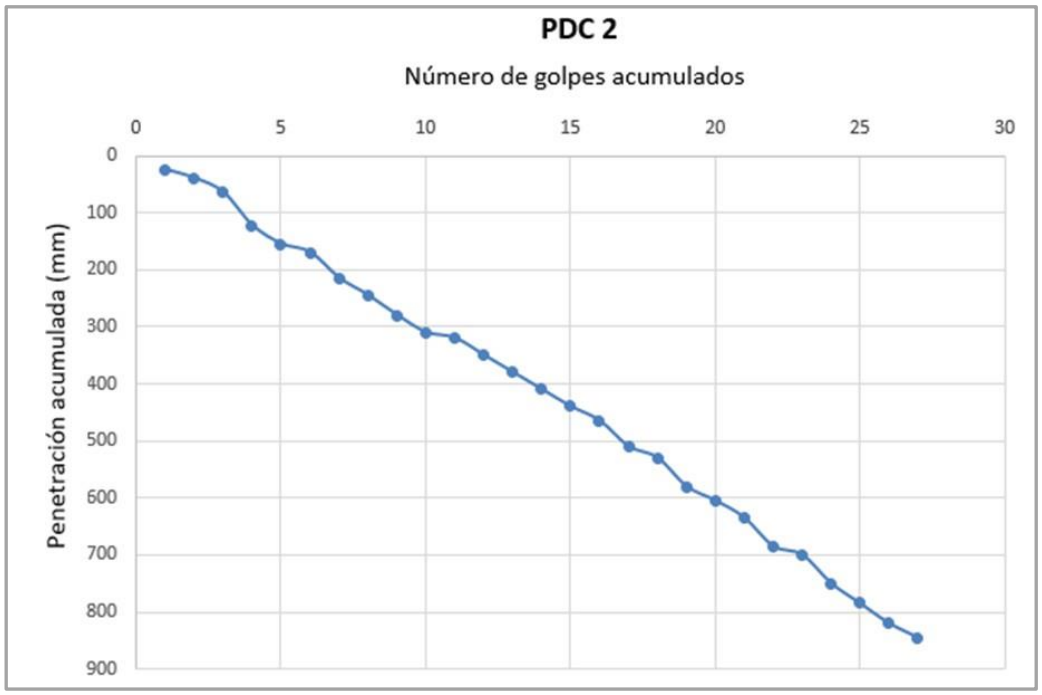
Fuente: Autor

Ilustración 8 Penetración Vs golpes acumulados PDC 1



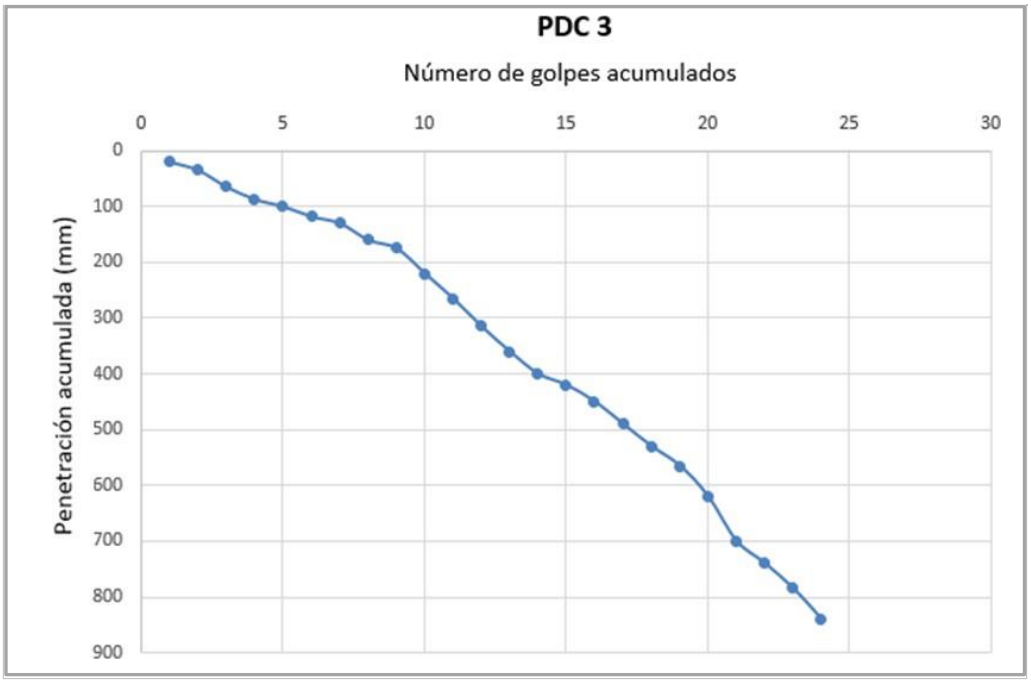
Fuente: Autor

Ilustración 9 penetración Vs golpes acumulados PDC 2



Fuente: Autor

Ilustración 10 penetración Vs golpes acumulados PDC 3



Fuente: Autor

En las gráficas anteriores, el número PDC representa la penetración obtenida por golpe y se expresa en mm/golpe, que es el valor de la pendiente de la curva; cuando más vertical sea la curva, menor será la resistencia del suelo.

A continuación, se resumen los resultados obtenidos bajo la norma INV E-172- 13:

Tabla 10 Resultados valores de CBR

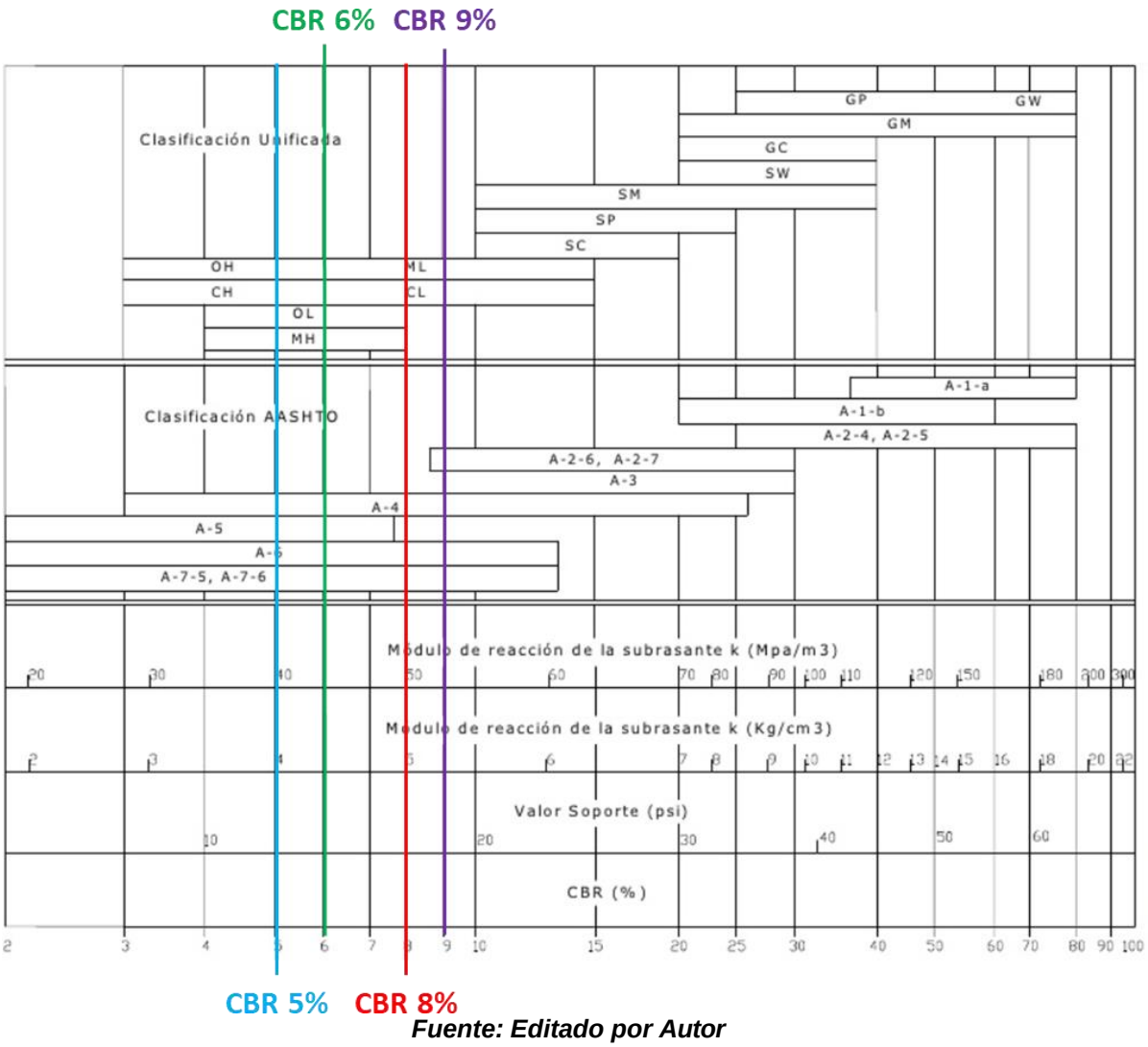
SONDEO	% CBR
S1	8
S2	8
S3	6

Fuente: Autor

7.5 Correlaciones clasificación del suelo Vs CBR

De acuerdo con los valores establecidos de CBR, se correlacionan parámetros como se muestra en la siguiente tabla, para el valor menor promediado.

Tabla 11 Correlación AASHTO. Clasificación del suelo vs CR



Fuente: Editado por Autor

Definidos los valores de CBR, determinados mediante correlaciones con el PDC, se diseñará el pavimento según los siguientes parámetros:

Tabla 12 Valores Correlaciones

% CBR	VALOR SOPORTE EN PSI	MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE K (Kg/cm3)	MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE K (Mpa/m)
5	12,57	4	40
6	14,28	4,35	43,52
8	17,42	5	50
9	18,71	5,27	52,77

Fuente: Autor

8. RESULTADOS

Definidos los porcentajes de CBR, determinados mediante correlaciones con el PDC, se tomarán dichos valores para ser utilizados en su estado natural en la construcción de sub-rasante en estructuras de pavimentos (ver tabla), ya que cumple con los valores especificados en las normas internacionales que se tomaron como referencia.

Tabla 13 Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR

CBR	cación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Sub-rasante
5 - 8	Mala	Sub-rasante
8 - 20	Regular - Buena	Sub-rasante
20 - 30	Excelente	Sub-rasante
30 - 60	Buena	Sub-base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: Assis A., 1998

La clasificación de la sub-rasante se hace con base en la relación de soporte de california del suelo CBR y correlaciona un valor de módulo de reacción de la sub-rasante K (parámetro utilizado en la ecuación de Diseño), según la tabla clasificación de la sub-rasante de acuerdo con su resistencia.

Tabla 14 Clasificación de la sub-rasante de acuerdo con su resistencia

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (Kg/cm²)
S1	< 2	<200
S2	2-5	200 -500
S3	5-10	500-1000
S4	20-10	1000-2000
S5	> 20	>2000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos en concreto, 2007

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Del análisis geotécnico en donde se tuvieron en cuenta factores geológicos, geomorfológicos, topográficos, hidráulicos y demás parámetros obtenidos en campo y recopilación de información técnica del sector, citados en el presente informe, se puede determinar que no existen amenaza, vulnerabilidad ni riesgo geotécnico para adelantar obras en el sitio.

- Se realizaron 3 apiques a cielo abierto tomando muestras inalteradas para clasificación de suelos.

- De acuerdo con las exploraciones de campo, no se encontró nivel freático.

- En cada sitio de exploración se tomaron pruebas de CBR inalterado, mediciones de PDC medidas en la sub-rasante, lo que permitió evaluar la resistencia del perfil del subsuelo explorado.

- El C.B.R. obtenido mediante los cálculos realizados tiene valores entre el 5% y el 9%, por lo que este tipo de suelo tendría su uso en cuanto a construcción de pavimentos en la sub-rasante.

- Durante el proceso de colocación y compactación de los materiales granulares de la sub base y base granular, se deberá mantener un control de la densidad en el terreno, la cual deberá ser superior o igual al 95% del Proctor Modificado en el caso de la Sub base (Art. 320-07) y del 100% del Proctor Modificado para la Base granular (Art. 330-07).

-

10. ANEXOS

- Laboratorios
- Documentos profesionales

LAURA LIS$ETH ESTEBAN BLANCO

Geóloga Esp. Geotecnia

M.P 3540 CPG

11. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAJA M. DAS, 1999, Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Cuarta Edición, California State University, Sacramento, International Thomson Editores.

JOHN WILEY Geotechnical Engineering – Foundation Design, p. 255., 1995 Código

Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCP 95)

Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-10 Guía de diseño

de pavimentos con placa-huella, INVIAS 2015 Manual de Drenaje para Carreteras,

INVIAS 2009

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DE DESARROLLO TERRITORIAL,

2010, Decreto Número 926 de 2010 Po el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR10.

INVIAS Instituto Nacional de Vías - Ministerio de Transporte Colombia, 2007, Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras.

Páginas web

http://www.sgc.gov.co/

http://geoportal.igac.gov.co/

http://geoapps.ideam.gov.co/

https://www.google.es/maps, Google Earth

https://www.idu.gov.co/web/content/7570/ET-Cap4.pdf