



**MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y
LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para construcción

DOCUMENTO: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1

REVISIÓN No. 1

Revisión	Modificaciones	Fecha
1	Revisión 1	29/05/2026

Elaboración – Revisión – Aprobación

Revisión	Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
	Nombre	Firma	Nombre	Firma	Nombre	Firma
1	 Fredy Poveda Ingeniero Civil ESP Pavimentos Mat. 25202-170897 CND		Daniel Cárdenas Ingeniero Civil Esp. Gerencia Proyectos Construcción Mario Bonilla Ingeniero Civil MIC Geotecnia			

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	ALCANCE.....	7
3.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	8
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA ACTUAL O ZONA A INTERVENIR	9
4.	OBJETIVOS.....	11
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
4.2	OBJETIVO ESPECIFICOS.....	11
5.	RESULTADO VISITA DE CAMPO.....	12
6.	CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA ZONA.....	15
7.	CARACTERIZACION CLIMATICA DE LA ZONA.....	16
8.	TRÁNSITO DE DISEÑO.....	19
8.1	CÁLCULO Y PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO EN EL CARRIL DE DISEÑO	20
8.2	CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO	22
9.	CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE.....	24
9.1	RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	24
9.2	PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL DE SUBRASANTE	25
10.	CARACTERIZACIÓN DEL AFIRMADO EXISTENTE	35
10.1	RESULTADOS DE ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE AFIRMADO...	37
11.	DISEÑO DE PAVIMENTOS	39
11.1	TRANSITO DE DISEÑO.....	39
11.2	CBR DE DISEÑO – SUBRASANTE.....	39
11.3	CBR DE DISEÑO - AFIRMADO	42
11.4	CBR DE DISEÑO – CONJUNTO (SUBRASANTE + AFIRMADO).....	43

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

11.5	DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES – METODO AASTHO 1993	44
11.5.1	DEFINICIÓN GENERAL DEL METODO AASTHO 1993	44
11.5.2	NIVEL DE CONFIABILIDAD	45
11.5.3	DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR – ZR	46
11.5.4	ERROR ESTÁNDAR COMBINADO DE LAS PREDICCIONES DEL TRÁNSITO Y DEL DESEMPEÑO, So.	47
11.5.5	PERDIDA DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO Δ PSI.	47
11.5.6	COEFICIENTE DE DRENAJE (CD)	48
11.5.7	COEFICIENTE DE CAPA (A)	49
11.5.8	CONCRETO ASFALTICO	49
11.5.9	BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON EMULSIÓN	50
11.6	MODELACIÓN PAVIMENTOS	52
12.	RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	57
12.1	PERFILAMIENTO SUPERFICIAL Y PRESERVACIÓN DEL AFIRMADO EXISTENTE	57
12.2	OBRAS DE DRENAJE	58
12.3	CONSTRUCCIÓN DE LA BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON EMULSIÓN (MGEA)	58
12.4	COLOCACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA	58
12.5	EMPALMES CON LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE	59
13.	CONCLUSIONES	60

Índice de Ilustraciones

Ilustración 3-1	Localización General del Proyecto	9
Ilustración 5-1	Localización Zona de Análisis	12
Ilustración 6-1	Mapa Geológico del tramo Guachetá- Lenguaquaque	15
Ilustración 7-1	Estaciones hidroclimatológicas del IDEAM	17
Ilustración 8-1	Estaciones de conteo	19
Ilustración 9-1	Localización de los Apiques	26
Ilustración 9-2	Perfil Estratigráfico Guachetá - Lenguaquaque	31
Ilustración 9-3	Valores de CBR de los apiques Guachetá - Lenguaquaque	31
Ilustración 9-4	Distribución de muestras en el material granular según clasificación USCS	32

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Ilustración 9-5 Variación del contenido de humedad en la Subrasante para los apiques Guachetá - Lenguaзаque	33
Ilustración 9-6 Distribución Granulométrica de muestras de la Subrasante para los apiques Guachetá - Lenguaзаque	33
Ilustración 10-1 Localización de Apiques 2026	35
Ilustración 11-1 Selección del CBR de Diseño	41
Ilustración 11-2 Coeficiente de capa y módulo de la mezcla asfáltica	50

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Índice de Tablas

Tabla 3-1 Localización del inicio y el fin de la vía	8
Tabla 5-1 Registro Fotográfico Visita de Campo	13
Tabla 7-1 Estaciones de precipitación IDEAM	16
Tabla 7-2 Estaciones de clima CAR	16
Tabla 7-3 Resumen principal parámetros pluviométricos	17
Tabla 7-4 Resumen principales parámetros climatológicos	18
Tabla 8-1 Proyecciones de tránsito_ escenario Moderado corredor Boquerón - Guachetá	20
Tabla 8-2 Proyecciones de tránsito_ escenario Optimista_ Boquerón - Guachetá	21
Tabla 8-3 Proyecciones de tránsito_ escenario Optimista_ Boquerón - Guachetá	21
Tabla 8-4 Factores de Equivalencia de carga por tipo de vehículo	23
Tabla 8-5 Numero de Ejes Equivalentes en el Carril de Diseño escenario Optimista Tramo Boquerón - Guachetá.....	23
Tabla 8-6 Numero de Ejes Equivalentes en el Carril de Diseño escenario Moderado Tramo Boquerón -	23
Tabla 9-1 Distribución de Apiques en los tramos del proyecto	24
Tabla 9-2 Resumen de actividades / ensayos de laboratorio	25
Tabla 9-3 Coordenadas de los Apiques en la vía Guachetá - Lenguaunque.....	27
Tabla 9-4 Resumen resultados Exploración Geotécnica Guachetá - Lenguaunque.....	28
Tabla 9-5 Límites de Consistencia y Potencial de Cambio Volumétrico	34
Tabla 9-6 Determinación de suelos expansivos a partir de LL e IP y Expansión CBR.....	34
Tabla 10-1 Localización apiques	35
Tabla 10-2 Perfil estratigráfico exploración 2026	36

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción	Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
	Rev: 1	25-mayo-26

Tabla 10-3 Tabla resumen de resultados de Laboratorio Afirmado - Caracterización Física.....	37
Tabla 10-4 Tabla resumen de resultados de Laboratorio Afirmado - Caracterización Física.....	37
Tabla 10-5 Caracterización mecánica del afirmado existente	38
Tabla 11-1 Número de Ejes Equivalentes escenario optimista	39
Tabla 11-2 Resultados Ensayos CBR	40
Tabla 11-3 Percentil CBR de Diseño	41
Tabla 11-4 Caracterización mecánica del afirmado existente	42
Tabla 11-5 Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras	46
Tabla 11-6 Niveles de confiabilidad y desviación estándar sugeridos para diferentes tipos de vías.	46
Tabla 11-7 Error estándar combinado de las predicciones del tránsito y comportamiento del pavimento.	47
Tabla 11-8 Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)	48
Tabla 11-9 Coeficiente de Drenaje (CD).....	48
Tabla 11-10 Valores de coeficiente estructural del concreto Asfáltico	49
Tabla 11-11 Valores de coeficiente estructural del concreto Asfáltico	51
Tabla 11-12 Resumen de Parámetros para la Zona Homogénea 1	52
Tabla 11-13 Resumen Módulos y coeficientes de capas	52
Tabla 11-14 Modelación por método AASHTO	53
Tabla 11-15 Modelación Mecanicista por WinDepav	54
Tabla 11-16 Resultado de la Modelación por Windepav	55

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA para el Instituto de Concesiones de Cundinamarca ICCU, se establece la construcción de 477 metros de vía, la cual deberá justificarse en base a los diseños previos realizados para la contratación del presente proyecto.

2. ALCANCE

Realizar los estudios y diseños de pavimentos previos a la construcción y poder establecer si la estructura de pavimento propuesta para su construcción se encuentra correctamente diseñada o si es necesario realizar modificaciones a la misma para su correspondiente apropiación.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La vía que desde el municipio de Guachetá conduce al municipio de Lenguazaque en el sector conocido como “cruce de Boquerón”, en el corredor vial Ubaté – Lenguazaque – Guachetá. Está definida por la Resolución 263 del 26 de enero de 2018, que establece “Por la cual se expide la categorización de las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras o Red Vial Nacional correspondiente al Departamento de Cundinamarca”, como una vía de segundo orden, con código vial 45ACN05, el tramo antes especificado consta de 7,3 km aproximadamente con un ancho promedio de 6 metros y espacio suficiente para la construcción de obras de drenaje longitudinales.

En este corredor vial se evidencia la existencia carpeta asfáltica existente con diferentes grados de deterioro, además de, un tramo de 2,88 km se encuentran intervenciones recientes aproximadamente de la vigencia 2023-2024 por medio de inversiones planeadas por la Gobernación de Cundinamarca y el ICCU en los cuales se encuentra carpeta asfáltica en óptimas condiciones. Con el fin de dar continuidad al mejoramiento del tramo vial identificado, se realizarán intervenciones de la estructura de pavimento desde el K3+750 hasta el K4+227. Considerando como K0+000 el sector desde las coordenadas Latitud 5°22'47.13"N, Longitud 5°22'47.13"N en el perímetro urbano del municipio de Guachetá. Algunas condiciones técnicas de los tramos intervenidos fueron soporte para la definición de las alternativas de intervención propuestas. En la Tabla 3-1 se muestran las coordenadas de localización de los sectores analizados.

Tabla 3-1 Localización del inicio y el fin de la vía

Descripción	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Inicio de intervención anterior y K0 del corredor	5°22'47.13"N	5°22'47.13"N
Fin tramo 1 intervención anterior	5°22'9.71"N	73°42'10.52"O
Inicio tramo 2 intervención anterior	5°21'59.59"N	73°42'22.25"O
Fin tramo 2 intervención anterior	5°21'37.63"N	73°42'17.13"O

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	CONSORCIO 335 UNION YDC
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA ACTUAL O ZONA A INTERVENIR

La vía a intervenir conecta desde el municipio de Guachetá hacia el cruce denominado como “Boquerón” priorizando su intervención en un sector aproximadamente de 477 metros de pavimento. Este corredor vial está conformado por una calzada de un ancho de vía promedio de 6 metros, está en su mayoría pavimentada con asfalto en estado de conservación variable, así como otros tramos en afirmado.

El estado actual de la vía genera un nivel de servicio bajo en algunos sectores, lo cual se refleja en bajas velocidades de recorrido aumentando el tiempo de viaje, costos de operación, mantenimiento vial y de vehículos.

Ilustración 3-1 Localización General del Proyecto



	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26



Fuente: Elaboración Propia a partir de Google Earth

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar en base a la información de estudios y diseños previos del contrato ICCU 087-2021 y a la exploración y ensayos complementaria realizada en el presente contrato, el análisis de la condición de subrasante, la características del material de afirmado existente y al tránsito proyectado en los estudios y diseños previos formulados por la entidad el cálculo de la estructura de pavimento para el tramo de la vía Guachetá – Lenguaque, con el fin de determinar su idoneidad técnica y normativa, garantizando que las estructuras propuestas aseguren la vida útil proyectada.

4.2 OBJETIVO ESPECIFICOS

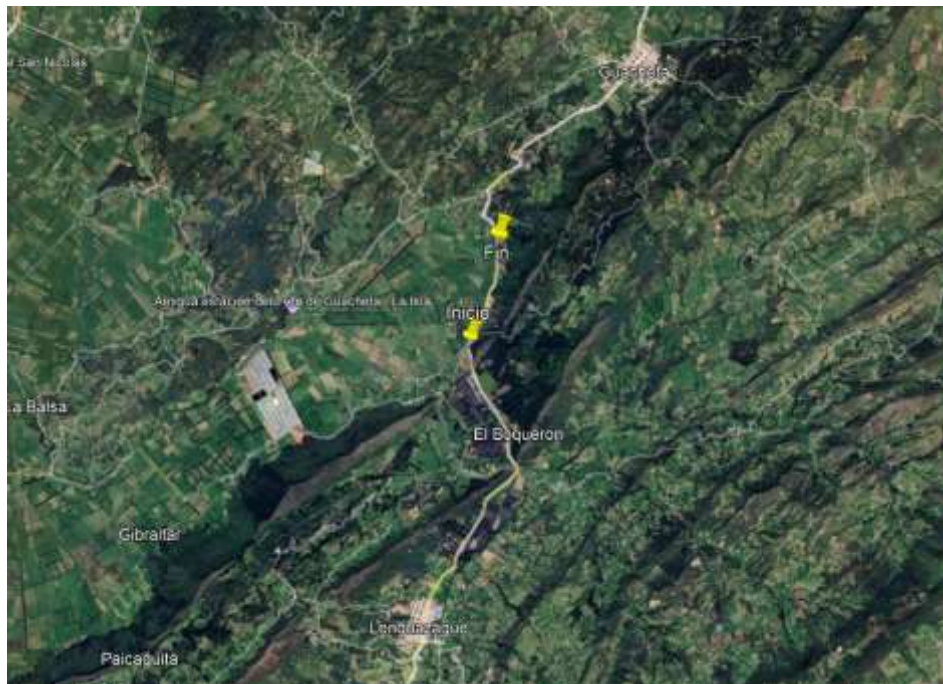
- Recopilar y analizar la información de estudios y diseños previos de la zona objeto de estudio.
- Recopilar y analizar la información secundaria y primaria correspondiente a exploración geotécnica.
- Analizar la información secundaria obtenida del tráfico del proyecto.
- Analizar y definir las variables condicionantes para el diseño de pavimentos.
- Plantear las especificaciones técnicas para los materiales y etapa de construcción.
- Realizar el cálculo de la estructura de pavimento con los datos recopilados de tránsito y geotecnia correspondiente, a nivel de diseño de detalle.
- Diseñar las estructuras de pavimentos requeridas para las vías.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	CONSORCIO 335 UNION YDC
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

5. RESULTADO VISITA DE CAMPO

Se realiza visita de campo al tramo objeto de análisis, en donde se logra establecer la zona general de intervención que posee una longitud aproximada de 1.6 km y la cual se presenta a continuación:

Ilustración 5-1 Localización Zona de Análisis



Dentro de esta zona de establecerá la real intervención del presente proyecto que corresponderá a una longitud aproximada de 477 metros, a continuación, se presenta un registro fotográfico en donde se evidencias las condiciones de la zona de intervención en general:

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
		Rev: 1	25-mayo-26

Tabla 5-1 Registro Fotográfico Visita de Campo



	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26



Como se puede observar en el registro fotográfico el tramo general de estudio presenta dos condiciones en rodadura una en donde se observa una carpeta asfáltica o tratamiento superficial asfáltico con alto deterioro manifestado en una incipiente piel de cocodrilo y pérdida de carpeta.

En otros sectores no se observa carpeta asfáltica en superficie, sino que se cuenta directamente en rodadura con un material de afirmado que en algunos sectores mantiene algo de homogeneidad superficial y en otro se observan deformaciones probablemente relacionadas con empozamientos de agua y su dinámica frente al tráfico pesado.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

6. CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA ZONA

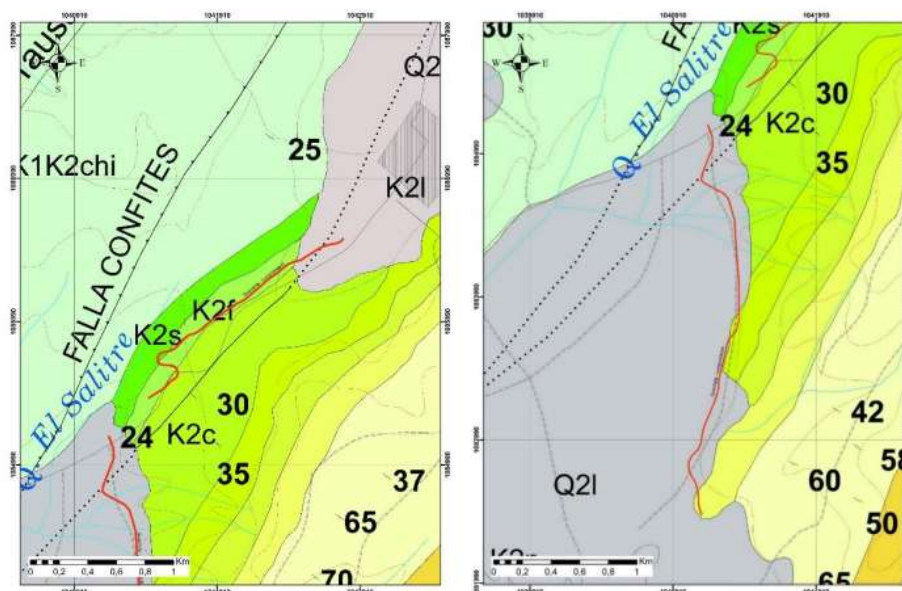
Para la caracterización de Geológica de la Zona se toma la información suministrada por la entidad en lo correspondiente al contrato ICCU-087 DE 2021 cuyo objeto es “CONSULTORÍA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS Y PUENTES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

Para el área de estudio los procesos erosionales se encuentran restringidos a las zonas montañosas, el trazado transcurre principalmente por los depósitos fluviolacustres del Valle de Ubaté.

Dentro del contexto geológico se analiza la información disponible de la zona por parte del Servicio Geológico Colombiano SGC, IGAC y otros entes públicos y privados que brindan información secundaria valiosa para conocer el entorno geológico de la zona.

El área de estudio se encuentra ubicada en un sector tectónicamente tranquilo en el que las fallas no tienen vestigios de neotectónica. La falla cabalgante y su oculto retrocabalgamiento no muestran evidencias sobre la calzada o los taludes que indiquen actividad.

Ilustración 6-1 Mapa Geológico del tramo Guachetá- Lenguaque



	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	Rev: 1 25-mayo-26

7. CARACTERIZACION CLIMATICA DE LA ZONA

Para la caracterización de Climática de la Zona se toma la información suministrada por la entidad en lo correspondiente al contrato ICCU-087 DE 2021 cuyo objeto es “CONSULTORÍA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS Y PUENTES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

Tabla 7-1 Estaciones de precipitación IDEAM

No	CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CORRIENTE	ELEVACIÓN (msnm)
1	24010170	GUACHETÁ	PM	CUNDINAMARCA	GUACHETÁ	JENESANO	2690
2	24010070	LETICIA	PM	CUNDINAMARCA	LENGUAZAQUE	GUARINO	2650
3	21201190	LAGUNITAS	PM	CUNDINAMARCA	TAUSA	QDA. PADILLA	3100
4	24015110	LA BOYERA - AUT	CO	CUNDINAMARCA	UBATÉ	BOGOTÁ	2610
5	24011090	UBATE GRANJA	PG	CUNDINAMARCA	UBATÉ	UBATÉ	2555
6	24011080	CUCUNUBA 1	PM	CUNDINAMARCA	CUCUNUBÁ	-	-

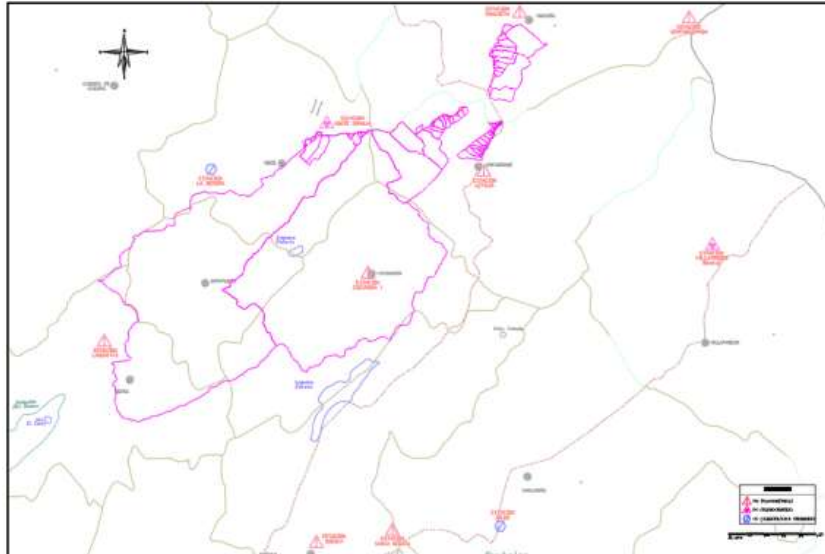
Tabla 7-2 Estaciones de clima CAR

No	CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CORRIENTE	ELEVACIÓN (msnm)
1	2401519	NOVILLEROS	CP	CUNDINAMARCA	UBATÉ	UBATÉ	2590

En la siguiente figura se puede evidenciar varias estaciones cercanas a la zona del proyecto.

MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Ilustración 7-1 Estaciones hidroclimatológicas del IDEAM



En las siguientes tablas se presenta el resumen de los principales parámetros pluviométricos y climatológicos.

Tabla 7-3 Resumen principal parámetros pluviométricos

PRECIPITACIÓN TOTAL A NIVEL MEDIO MENSUAL MULTIANUAL (mm)														
ESTACION MEDIDORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL	ANUAL
GUACHETA	51.3	55.5	97.3	122.1	86.1	49.9	33.1	30.7	44.2	121.0	127.1	81.6	75.0	899.8
LETICIA	34.9	52.2	82.5	100.5	87.8	60.5	47.0	40.0	51.0	101.0	98.9	45.6	66.8	801.8
LAGUNITAS	34.9	49.7	93.2	102.7	94.7	58.8	58.2	51.5	63.4	93.7	99.4	43.9	70.3	844.1
LA BOYERA - AUT	26.1	44.7	74.3	97.4	80.1	45.2	32.7	36.2	47.1	106.6	98.4	43.2	61.0	732.0
UBATE GRANJA	20.9	38.5	80.9	81.4	94.5	48.6	50.3	39.6	59.4	109.0	89.7	44.7	63.1	757.3
CUCUNUBA 1	33.6	42.3	80.1	79.3	73.9	40.7	33.5	26.8	34.7	85.0	88.0	44.9	55.2	662.9
PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS A NIVEL MEDIO MENSUAL MULTIANUAL (mm)														
ESTACION MEDIDORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL	ANUAL
GUACHETA	17.6	19.1	27.2	24.7	22.9	16.3	9.6	11.3	16.0	29.3	28.2	24.2	20.5	20.5
LETICIA	15.3	19.8	25.4	26.5	22.5	16.0	12.8	12.1	16.1	25.3	25.1	18.0	19.6	19.6
LAGUNITAS	11.8	17.3	26.0	23.7	21.3	11.6	11.0	11.1	18.4	21.8	21.9	13.6	17.5	17.5
LA BOYERA - AUT	10.7	16.6	21.5	26.0	22.5	13.5	8.8	11.3	15.5	24.6	24.5	14.5	17.5	17.5
UBATE GRANJA	8.6	15.7	19.2	20.7	23.2	14.1	14.1	13.3	19.4	24.3	20.3	15.2	17.3	17.3
CUCUNUBA 1	16.5	19.0	24.8	21.2	25.5	15.1	11.2	10.0	14.3	27.1	24.9	17.5	18.9	18.9
NÚMERO DE DÍAS LLUVIA MULTIANUAL (mm)														
ESTACION MEDIDORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL	ANUAL
GUACHETA	7	7	11	13	12	11	11	9	8	12	14	9	10	123
LETICIA	5	7	10	13	16	15	15	13	10	13	14	7	12	139
LAGUNITAS	14	15	18	22	26	27	27	25	22	23	23	17	22	259
LA BOYERA - AUT	7	9	12	15	16	15	15	13	12	16	15	9	13	156
UBATE GRANJA	6	9	13	13	17	16	17	14	14	17	15	9	13	159
CUCUNUBA 1	4	5	8	9	10	8	8	7	6	9	10	5	7	90

MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 7-4 Resumen principales parámetros climatológicos

ESTACIÓN NOVILLEROS - TEMPERATURA MENSUAL MULTIANUAL (°C)													
TEMPERATURA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL
MÁXIMA	23.2	23.7	23.6	22.7	21.9	21.0	20.5	21.1	21.7	22.4	22.4	22.7	22.3
MEDIA	12.6	13.2	13.7	13.6	13.5	13.1	12.6	12.6	12.7	13.1	13.1	12.8	13.0
MINIMA	-0.4	0.1	1.7	3.4	3.5	3.2	2.9	1.8	1.1	1.9	2.4	0.7	1.8
ESTACIÓN NOVILLEROS - HUMEDAD RELATIVA MENSUAL MULTIANUAL (%)													
HUMEDAD RELATIVA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL
MEDIA	71.2	70.0	73.3	76.1	77.4	76.9	76.0	75.1	73.6	75.4	77.4	75.3	74.8
MINIMA	23.7	25.0	27.7	32.8	38.3	39.7	40.6	37.6	36.0	36.2	33.3	29.9	33.4
ESTACIÓN NOVILLEROS - EVAPORACIÓN													
EVAPORACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL
MÁXIMA	181.0	123.6	135.0	126.2	108.7	100.9	98.6	98.2	104.0	101.2	111.9	111.0	116.7
MEDIA	99.6	94.4	99.2	83.6	74.7	67.1	73.4	78.7	80.2	81.8	76.3	85.6	82.9
MINIMA	21.4	49.2	36.0	24.1	47.9	40.3	48.3	53.7	38.0	34.8	44.6	49.3	40.6
ESTACIÓN NOVILLEROS - BRILLO SOLAR													
BRILLO SOLAR	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL
MÁXIMO	256.8	247.6	211.5	159.0	195.5	178.2	174.9	155.7	160.7	168.2	186.4	224.4	193.2
MEDIO	186.1	161.6	138.3	115.1	111.0	101.2	115.4	121.1	118.0	128.3	132.8	146.7	131.3
MINIMO	97.8	89.4	71.8	81.0	50.2	66.6	53.2	84.3	73.5	65.5	83.4	48.4	72.1
ESTACIÓN NOVILLEROS - PUNTO DE ROCÍO													
PUNTO DE ROCÍO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL
MÁXIMO	11.9	11.7	12.0	12.8	12.4	11.4	12.2	11.6	12.1	12.3	13.1	12.5	12.2
MEDIO	7.6	7.1	9.1	9.9	10.0	9.2	8.7	8.5	8.0	9.1	9.4	9.0	8.8
MINIMO	2.1	-12.0	5.7	5.7	5.4	5.0	4.5	3.3	3.1	3.1	6.0	4.4	3.0
ESTACIÓN NOVILLEROS - RADIACIÓN SOLAR													
RADIACIÓN SOLAR	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA MENSUAL
MÁXIMA	500.0	474.0	462.0	514.0	384.0	387.0	435.0	458.0	510.0	488.0	409.0	448.0	455.8
MEDIA	340.6	363.3	349.7	329.6	308.0	293.0	298.8	317.5	329.3	328.1	315.5	313.0	323.9
MINIMA	146.0	139.0	203.0	152.0	211.0	143.0	151.0	130.0	162.0	140.0	91.0	92.0	148.3

Según lo consignado en la estación Novilleros, la zona de estudio presenta temperaturas entre 1.8°C y 22.3°C, una temperatura media anual promedio de 13°C y una humedad relativa de hasta 74.8%.

La precipitación del agua en forma de lluvia es uno de los fenómenos más importantes que estudia la hidrología. Su interés radica en que la lluvia es una de las principales generadoras de los diferentes tipos de escurrimiento sobre el terreno, incide en la formación y el aumento de caudales, en la recarga de los acuíferos, y en los fenómenos de infiltración y evaporación.

Para el área de estudio, los meses más secos son: julio y agosto; y los meses que representan más lluvias son marzo, abril, mayo, octubre y noviembre. La precipitación total anual promedio en la estación Guachetá es de 899.8 mm y en la estación Ubaté Granja es de 757.3 mm.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	Rev: 1 25-mayo-26

8. TRÁNSITO DE DISEÑO

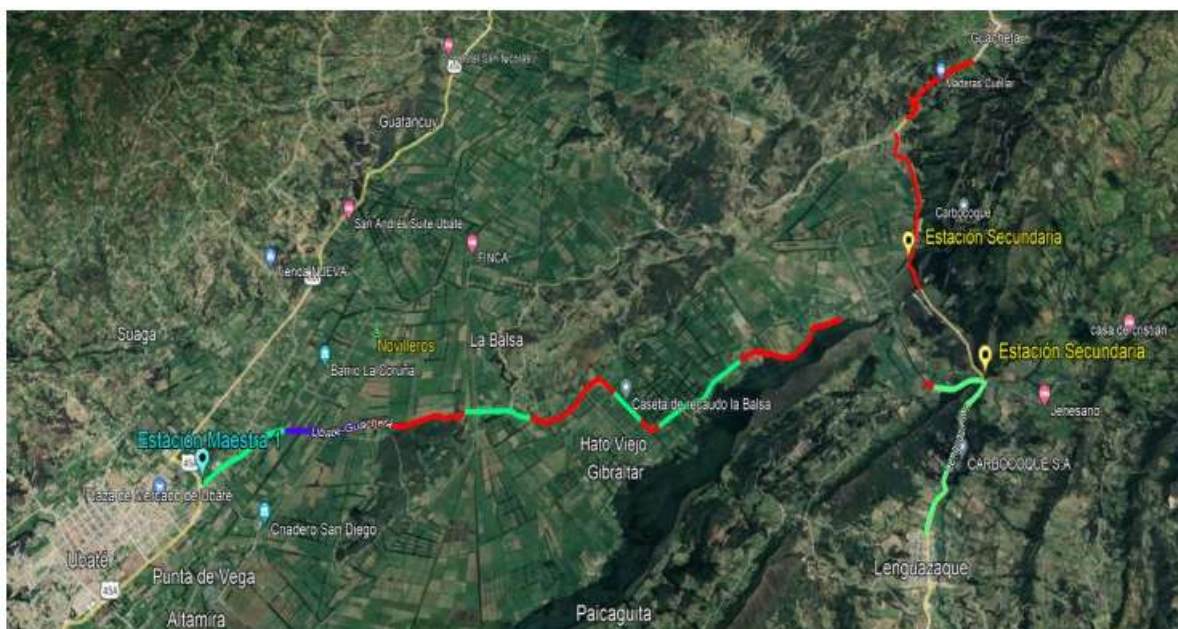
Para el tránsito de diseño se toma la información suministrada por la entidad en lo correspondiente al contrato ICCU-087 DE 2021 cuyo objeto es “CONSULTORÍA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS Y PUENTES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

La determinación del tránsito de diseño se realizó con base en las proyecciones de Tránsito Promedio Diario (TPD) consignadas en el Volumen II Estudio de Transporte P784-IN-TRAN-GRUPO 5-Versión 2 del proyecto, del cual se extraen los principales resultados para el diseño del pavimento.

El tránsito vehicular es una de las variables más importantes en el diseño de pavimentos. Su caracterización adecuada es fundamental para poder diseñar estructuras de pavimento que sean capaces de ofrecer altos desempeños bajo solicitudes mecánicas y climáticas.

A continuación, se presenta un esquema con la ubicación de las estaciones de conteo del tránsito vehicular.

Ilustración 8-1 Estaciones de conteo



MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA			
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
		Rev: 1	25-mayo-26

8.1 CÁLCULO Y PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO EN EL CARRIL DE DISEÑO

Para las proyecciones y el cálculo del número de ejes equivalentes, se estima que la vía será entregada en diciembre de 2023, por lo que se toma el año 2024 como año inicial para contar los 10 años de diseño del pavimento. Por consiguiente, el año horizonte de diseño a 10 años corresponde al año 2033. A partir de dos años luego de concluida la intervención del corredor vial, se tiene en cuenta el efecto del tránsito generado se extiende hasta finales del año 2029.

Se presentan los TPD para los dos modelos de proyección, un primer modelo relacionado con la población y el crecimiento poblacional del departamento de Cundinamarca _ escenario optimista y un segundo modelo en función de la evolución de los volúmenes vehiculares en la estación del INVIAS escenario moderado.

- **Estación Secundaria Boquerón - Guachetá:**

Tránsito promedio diario semanal TPDs = 1164 vehículos mixtos / día

Tabla 8-1 Proyecciones de tránsito_ escenario Moderado corredor Boquerón - Guachetá

TPD AÑO 2.022		1164						
FACTOR DE DIRECCIONALIDAD (Fd)		60.8%						
FACTOR CARRIL (Foc)		100%						
	Automóvil	B	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6
2.022	252	31	28	69	242	71	7	131
2.023	257	32	29	71	357	72	7	133
2.024	308	38	35	85	295	86	8	160
2.025	316	39	35	87	303	89	8	164
2.026	325	40	37	90	312	91	9	169
2.027	335	42	38	92	321	94	9	174
2.028	345	43	39	95	331	97	9	179
2.029	350	43	39	96	336	98	9	182
2.030	361	45	41	100	346	101	10	188
2.031	367	46	41	101	352	103	10	191
2.032	372	46	42	103	357	104	10	194
2.033	378	47	42	104	362	106	10	197
2.034	384	48	43	106	368	107	10	199
2.035	389	48	44	107	373	109	10	202
2.036	395	49	44	109	379	111	10	205
2.037	400	50	45	110	384	112	11	208
2.038	406	50	46	112	389	114	11	211
2.039	412	51	46	113	395	115	11	214
2.040	417	52	47	115	400	117	11	217
2.041	423	52	47	116	405	118	11	220
2.042	428	53	48	118	411	120	11	223
2.043	434	54	49	120	416	122	11	226
ACUMULADO 5 AÑOS	5.95E+05	7.38E+04	6.67E+04	1.64E+05	5.70E+05	1.67E+05	1.57E+04	3.09E+05
ACUMULADO 10 AÑOS	1.26E+06	1.57E+05	1.42E+05	3.48E+05	1.21E+06	3.53E+05	3.33E+04	6.56E+05
ACUMULADO 20 AÑOS	2.75E+06	3.42E+05	3.09E+05	7.59E+05	2.64E+06	7.71E+05	7.26E+04	1.43E+06

MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 8-2 Proyecciones de tránsito_ escenario Optimista_ Boquerón - Guachetá

TPD AÑO 2.022		1164						
FACTOR DE DIRECCIONALIDAD (Fd)		60.8%						
FACTOR CARRIL (Fac)		100%						
	Automóvil	Microbús	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6
2.022	252	31	28	69	242	71	7	131
2.023	260	32	29	71	360	73	7	135
2.024	315	38	35	86	300	88	8	163
2.025	327	40	36	89	311	91	9	169
2.026	341	41	38	93	322	94	9	175
2.027	354	42	39	96	334	98	9	181
2.028	369	44	41	100	347	101	10	188

Tabla 8-3 Proyecciones de tránsito_ escenario Optimista_ Boquerón - Guachetá

TPD AÑO 2.022		1164						
FACTOR DE DIRECCIONALIDAD (Fd)		60.8%						
FACTOR CARRIL (Fac)		100%						
	Automóvil	Microbús	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6
2.029	378	45	41	102	354	103	10	192
2.030	394	46	43	106	367	107	10	199
2.031	405	47	44	108	376	110	10	204
2.032	417	48	45	110	384	112	11	208
2.033	428	49	46	113	393	115	11	213
2.034	440	50	47	115	402	117	11	218
2.035	452	50	48	118	410	120	11	222
2.036	464	51	49	120	419	122	12	227
2.037	477	52	50	123	427	125	12	232
2.038	490	53	51	125	436	127	12	236
2.039	503	54	52	128	444	130	12	241
2.040	517	55	53	130	453	132	12	245
2.041	531	56	54	133	461	135	13	250
2.042	544	57	55	135	470	137	13	255
2.043	559	57	56	137	478	140	13	259
ACUMULADO 5 AÑOS	6.23E+05	7.49E+04	6.90E+04	1.69E+05	5.89E+05	1.72E+05	1.62E+04	3.20E+05
ACUMULADO 10 AÑOS	1.36E+06	1.60E+05	1.49E+05	3.66E+05	1.27E+06	3.72E+05	3.50E+04	6.91E+05
ACUMULADO 20 AÑOS	3.18E+06	3.56E+05	3.37E+05	8.27E+05	2.88E+06	8.41E+05	7.91E+04	1.56E+06

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

8.2 CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO

Para el diseño del pavimento se requiere transformar el tráfico acumulado proyectado (vehículos) en vehículos en ejes estándar de 8.2 Ton, para ello se establece el número de ejes equivalentes NEE. En la determinación de NEE se tienen en cuenta las categorías de buses y camiones. No se tienen en cuenta los vehículos livianos que corresponde a aquellos con capacidad inferior a 5 toneladas. El NEE se obtiene mediante la ecuación:

$$NEE = TPD \times 365 \text{ días} \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times FC$$

$$NE = N \times FC = \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)} \times FC$$

$$N = \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)}$$

NEE: Número de ejes equivalentes

TPD: Es el tráfico actual T_i

A: Es la proporción de buses y camiones

B: Es el factor por carril de diseño

FC: Es el factor camión que corresponde a la ponderación de todos los daños

N: Es el tráfico acumulado para el año de diseño

Los valores utilizados para el factor de daño del pavimento son los establecidos por el Especialista en Tránsito.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
		Rev: 1	25-mayo-26

Tabla 8-4 Factores de Equivalencia de carga por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Tipo de Eje	Rueda doble	Tándem	Trídem	Factor daño flexible	Factor daño flexible
Buseta / Bus	Eje Direccional (t)	6			0.27	3.67
	Eje del Remolque o Semirremolque (t)	11			3.40	
C2-Pequeño	Eje Direccional (t)	5			0.12	3.52
	Eje del Remolque o Semirremolque (t)	11			3.40	
C2 Grande	Eje Direccional (t)	6			0.27	3.67
	Eje del Remolque o Semirremolque (t)	11			3.40	
C3	Eje Direccional (t)	6			0.27	4.95
	Eje del Remolque o Semirremolque (t)		22		4.68	
3-S2	Eje Direccional (t)	6			0.27	9.62
	Eje del Tracto-Camión (t)		22		4.68	
	Eje del Remolque o Semirremolque (t)		22		4.68	
3-S3	Eje Direccional (t)	6			0.27	6.47
	Eje del Tracto-Camión (t)		22		4.68	
	Eje del Remolque o Semirremolque (t)			24	1.52	

A continuación, se presenta el número de ejes proyectados con el modelo 1 el cual corresponde a un escenario optimista y garantiza un nivel de confianza del 90%.

Tabla 8-5 Numero de Ejes Equivalentes en el Carril de Diseño escenario Optimista Tramo Boquerón - Guachetá

Factor de Equivalencia	0	3.67	3.53	3.67	4.95	5.4	8.19	6.47	
AÑOS	Automóvil	Bus	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6	Total
ACUMULADO 5 AÑOS	0.00E+00	3.19E+05	2.82E+05	7.20E+05	3.38E+06	1.08E+06	1.54E+05	2.40E+06	8.33E+06
ACUMULADO 10 AÑOS	0.00E+00	6.82E+05	6.10E+05	1.56E+06	7.31E+06	2.33E+06	3.32E+05	5.18E+06	1.80E+07
ACUMULADO 20 AÑOS	0.00E+00	1.51E+06	1.38E+06	3.52E+06	1.65E+07	5.26E+06	7.51E+05	1.17E+07	4.06E+07

Tabla 8-6 Numero de Ejes Equivalentes en el Carril de Diseño escenario Moderado Tramo Boquerón -

Factor de Equivalencia	0	3.67	3.53	3.67	4.95	5.4	8.19	6.47	
AÑOS	Automóvil	Bus	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6	Total
ACUMULADO 5 AÑOS	0.00E+00	3.14E+05	2.73E+05	6.97E+05	3.27E+06	1.04E+06	1.49E+05	2.32E+06	8.07E+06
ACUMULADO 10 AÑOS	0.00E+00	6.66E+05	5.79E+05	1.48E+06	6.94E+06	2.21E+06	3.16E+05	4.92E+06	1.71E+07
ACUMULADO 20 AÑOS	0.00E+00	1.45E+06	1.26E+06	3.23E+06	1.52E+07	4.83E+06	6.89E+05	1.07E+07	3.74E+07

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

9. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Para la caracterización de Geotécnica de la Subrasante se toma la información suministrada por la entidad en lo correspondiente al contrato ICCU-087 DE 2021 cuyo objeto es “CONSULTORÍA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS Y PUENTES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

Se llevó a cabo una campaña geotécnica que cuenta con un total de 15 apiques distribuidos espacialmente a cada 300 m aproximadamente con profundidades máximas de exploración de 1.2m a 1.5m.

El corredor Guachetá – Lenguaque al tener diferentes tipos de intervenciones y no ser continuo resulta conveniente definir la cantidad de apiques en cada tramo, para ello se establece la tabla 9-1. Distribución de Apiques en el proyecto.

Tabla 9-1 Distribución de Apiques en los tramos del proyecto

Tramo	Abscisa Inicial real	Abscisa Final real	Longitud real	Tipo Intervención estimada	Apiques	No. Apiques
Guachetá - Lenguaque						
1	K0+000	K2+000	2000	Mejoramiento	48-53	6
2	K2+400	K5+497	3097	Mejoramiento	54-62	9

9.1 RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Los resultados de los ensayos de laboratorio se encuentran contenidos en el Anexo 1.2. Se realizaron ensayos de caracterización, clasificación y parámetros geomecánicos, tales como humedad natural, límites de Atterberg, granulometría, ensayos de CBR en condiciones inalteradas, sumergidas, registros de expansión en molde CBR, para aquellos casos en donde no se logró tomar el CBR se tomaron ensayos de Penetración Dinámica de Cono (PDC). En los apiques no se reportan la presencia de nivel freático y las profundidades máximas de exploración se presentan de 1.2m a 1.5m. El resumen de los ensayos realizados es el siguiente:

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 9-2 Resumen de actividades / ensayos de laboratorio

Actividad / Ensayo	Guachetá - Lenguaque
Apiques	15
Muestras	65
Muestras capas asfálticas	10
Humedades Naturales	35
Clasificaciones USCS	35
CBR inalterado/sumergido	6
Expansión CBR	6
Penetración Dinámica de Cono (PDC)	10

9.2 PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL DE SUBRASANTE

Es importante denotar que los apiques de estudio están localizados sobre el trazado de vía, con el fin de intervenir sobre el terreno natural (Subrasante) y proyectar información relevante sobre la capa de soporte. Los apiques fueron realizados en ambos costados de la vía para evitar sesgos en los resultados y proporcionar un análisis más aleatorio en cuanto a la recopilación de la información.

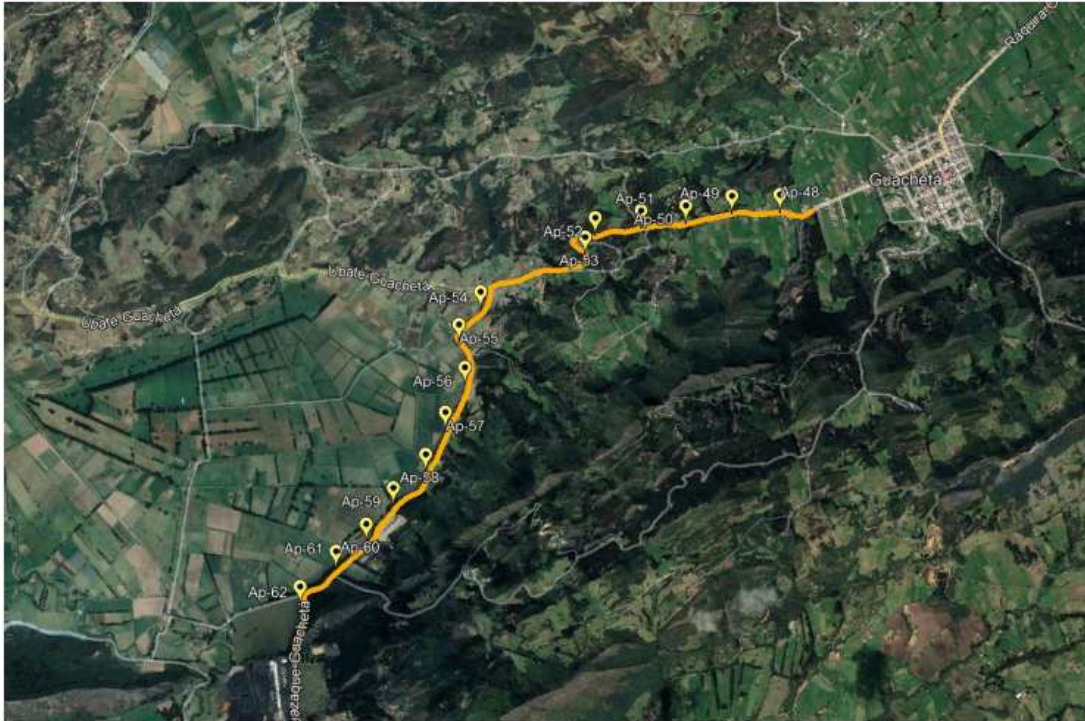
El resumen y consolidación de la información se presenta a continuación para cada tramo de estudio.

- **Resultados ensayos _ Guachetá – Lenguaque**

Se presenta un esquema general de localización de los apiques realizados a lo largo de la vía evaluada en el presente informe. Como anexo al presente documento se incluye un archivo con la ubicación de los apiques realizados a lo largo de cada tramo vial. (ANEXO 1.1).

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
		Rev: 1	25-mayo-26

Ilustración 9-1 Localización de los Apiques



La localización de cada apique es referenciada por medio de coordenadas a partir de GPS en el punto de realización, así mismo para cada apique se relaciona con su respectiva referencia geométrica (Abscisa) dentro del corredor.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 9-3 Coordenadas de los Apiques en la vía Guachetá - Lenguaque

APIQUE	ABSCISA	COORDENADAS					
		LATITUD (N)			LONGITUD (O)		
		gg	mm	ss.ss	gg	mm	ss.ss
48	K0+230	5	22	42.5	-73	41	33.8
49	K0+550	5	22	37.5	-73	41	42.9
50	K0+860	5	22	31.1	-73	41	50.8
51	K1+160	5	22	25.7	-73	41	58.9
52	K1+475	5	22	19.8	-73	42	7
53	K1+803	5	22	15.1	-73	42	7
54	K2+670	5	21	54.3	-73	42	21.7
55	K2+985	5	21	45.9	-73	42	22.6
56	K3+280	5	21	38.3	-73	42	17.2
57	K3+605	5	21	27.8	-73	42	16.5
58	K3+918	5	21	17.8	-73	42	16.1
59	K4+240	5	21	8.2	-73	42	19
60	K4+540	5	20	58.6	-73	42	20.6
61	K4+810	5	20	50.4	-73	42	23.7
62	K5+160	5	20	40.1	-73	42	27.1

A continuación, se describen los perfiles estratigráficos obtenidos, así como los resultados de los ensayos realizados al material de Subrasante y al material granular que compone la estructura de pavimento existente. El perfil estratigráfico y los resultados de los ensayos se pueden observar en la Tabla 9-4 y desde la Figura 9-2 hasta la Figura 9-6.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
		Rev: 1	25-mayo-26

Tabla 9-4 Resumen resultados Exploración Geotécnica Guachetá - Lenguaзаque

APIQUE	MUESTRA	ABSCISA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL SEGÚN ENSAYOS	PROFUNDIDAD		ESPESOR (m)	CLASIFICACIÓN USCS				CLASIFICACIÓN AASHTO					% w _p	LL %	LP %	IP %	LC %	CBR INALTERADO %	CBR SUMERGIDO %	EXPANSIÓN EN CBR	PDC * %	
				DESDE (m)	HASTA (m)		USCS	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	AASHTO	IG	% GRAVA	% ARENA GRUESA	% ARENA FINA										% FINOS
48	1	K0+230	Suelo granular tipo Afimado contaminado en matriz limo-arenosa de color gris y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 4"; consistencia media.	0.00	0.12	0.12	RELLENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
48	2	K0+230	Presencia de Carpeta Asfáltica.	0.12	0.20	0.08	CARPETA ASFÁLTICA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
48	3	K0+230	Arena limosa; mezclas arena-limo; de color Café; consistencia Media.	0.20	0.45	0.25	SM	42.23	44.50	13.27	A-1-a	0	61.37	12.27	13.10	13.27	7.00	-	-	NP					
48	4	K0+230	Suelo granular en matriz limo-arenosa de color negro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 5"; consistencia media.	0.45	0.85	0.40	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
48	5	K0+230	Arcilla de baja plasticidad; arcillas gravosas, arenosas, limosas o magras; de color Gris con vetas café; consistencia Alta	0.85	1.20	0.35	CL	0.00	6.14	93.86	A-7-6	20	0.49	1.72	3.93	93.86	24.00	48.18	25.16	23.00	13.00	13.66	3.29	0.56	8.80
48	6	K0+230	Suelo en matriz limo-arenosa-arcillosa de color café claro y consistencia alta.	1.20	1.50	0.30	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
49	1	K0+550	Carpeta Asfáltica	0.00	0.05	0.05	CARPETA ASFÁLTICA																		
49	2	K0+550	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Café; consistencia Media	0.05	0.50	0.45	GC	60.42	25.48	14.10	A-2-4	0	72.33	6.33	7.24	14.10	7.00	31.05	20.86	10.00					
49	3	K0+550	Arcilla de alta plasticidad; de color Café; consistencia Alta	0.50	1.10	0.60	CH	0.00	1.84	98.16	A-7-6	20	0.10	0.41	1.33	98.16	19.00	54.90	28.96	26.00	21.00	12.52	0.87	0.60	13.80
49	4	K0+550	Suelo en matriz limo-arcillo-arenosa de color café claro y consistencia alta.	1.10	1.50	0.40	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
50	1	K0+860	Suelo granular tipo Afimado en matriz limo-arenosa de color negro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 5/4"; consistencia media.	0.00	0.12	0.12	RELLENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
50	2	K0+860	Grava arcillosa mal gradada; de color Café; consistencia Media	0.12	0.32	0.20	GP - GC	68.03	23.06	8.91	A-2-4	0	80.64	5.14	5.32	8.91	7.00	28.63	18.44	11.00					
50	3	K0+860	Suelo en matriz limo-arenosa de color café oscuro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 3"; consistencia media.	0.32	0.65	0.33	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
50	4	K0+860	Suelo en matriz limo-arenosa de color gris oscuro con presencia de gravas de arcillita y consistencia media.	0.65	0.90	0.25	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
50	5	K0+860	Arcilla de alta plasticidad; de color Gris con vetas amarillas; consistencia Alta	0.90	1.50	0.60	CH	0.00	2.27	97.73	A-7-5	20	0.00	0.34	1.93	97.73	25.00	87.30	37.78	49.00	24.00	16.95	3.81	0.42	7.80
51	1	K1+160	Carpeta Asfáltica	0.00	0.09	0.09	CARPETA ASFÁLTICA																		
51	2	K1+160	Grava arcillosa mal gradada; de color Café; consistencia Media	0.09	0.50	0.41	GP - GC	60.87	27.21	11.92	A-2-4	0	73.97	7.48	6.63	11.92	6.00	30.24	20.08	10.00					
51	3	K1+160	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Café; consistencia Alta	0.50	1.50	1.00	GC	32.09	31.72	36.20	A-6	2	51.20	6.58	6.03	36.20	10.00	40.19	22.16	18.00					7.80
52	1	K1+475	Carpeta Asfáltica	0.00	0.10	0.10	CARPETA ASFÁLTICA																		
52	2	K1+475	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Café; consistencia Media	0.10	0.30	0.20	GC	46.74	33.27	19.99	A-2-4	0	61.29	9.11	9.61	19.99	7.00	28.46	19.56	8.00					
52	3	K1+475	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Café; consistencia Alta	0.30	0.60	0.30	GC	50.51	30.94	18.56	A-2-4	0	62.69	8.17	10.59	18.56	8.00	28.25	19.03	9.00					
53	1	K1+803	Suelo granular tipo Afimado en matriz arena-limosa de color negro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 4/4"; consistencia media.	0.00	0.15	0.15	RELLENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						

**MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL
MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZQUE,
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**



**Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para
construcción**

Doc: INFORME DISEÑO
PAVIMENTOS
LENGUAZQUE V1.DOCX

Rev: 1 25-mayo-26

APIQUE	MUESTRA	ABSCISA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL SEGÚN ENSAYOS	PROFUNDIDAD		ESPESOR (m)	CLASIFICACIÓN USCS				CLASIFICACIÓN AASHTO					% w _p	LL %	LP %	IP %	LC %	CBR INALTERADO %	CBR SUMERGIDO %	EXPANSIÓN EN CBR	PDC * %	
				DESDE (m)	HASTA (m)		USCS	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	AASHTO	IG	% GRAVA	% ARENA GRUESA	% ARENA FINA										% FINOS
53	2	K1+803	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Café; consistencia Media	0.15	0.70	0.55	GC	55.93	30.51	13.56	A-2-6	0	69.50	8.81	8.13	13.56	6.00	30.76	20.09	11.00					
53	3	K1+803	Suelo en matriz limo-arenosa de color café con presencia de raíces y gravas angulares con tamaño de 1/2"; consistencia media.	0.70	1.05	0.35	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
53	4	K1+803	Arcilla de baja plasticidad; arcillas gravosas, arenosas, limosas o magras; de color Café; consistencia Alta	1.05	1.50	0.45	CL	0.00	17.21	82.79	A-7-6	15	0.26	1.71	15.24	82.79	47.00	40.61	23.42	18.00	15.00	10.89	2.36	0.90	26.60
54	1	K2+670	Carpeta Asfáltica	0.00	0.08	0.08	CARPETA ASFÁLTICA																		
54	2	K2+670	Arena arcillosa; mezclas arena-arcilla; de color Amarillo; consistencia Media	0.08	0.22	0.14	SC	34.86	43.64	21.50	A-2-6	0	54.35	13.90	10.26	21.50	10.00	33.61	22.42	12.00					
54	3	K2+670	Suelo granular en matriz limo-arenosa de color negro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 6"; consistencia media.	0.22	0.45	0.23	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
54	4	K2+670	Suelo en matriz limo-arenosa de color café oscuro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 1"; consistencia media.	0.45	0.80	0.35	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
54	5	K2+670	Arena arcillosa; mezclas arena-arcilla; de color Café; consistencia Alta	0.80	1.50	0.70	SC	31.37	37.93	30.71	A-2-4	0	52.24	8.26	8.80	30.71	13.00	26.47	18.95	7.00					
55	1	K2+985	Carpeta Asfáltica	0.00	0.12	0.12	CARPETA ASFÁLTICA																		
55	2	K2+985	Arena arcillosa; mezclas arena-arcilla; de color Amarillo; consistencia Media	0.12	0.30	0.18	SC	37.94	44.68	17.37	A-2-6	0	63.31	11.73	7.59	17.37	12.00	33.09	21.77	11.00					
55	3	K2+985	Suelo granular en matriz limo-arena-arcillosa de color café claro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 5 1/2"; consistencia media.	0.30	0.60	0.30	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
55	4	K2+985	Suelo granular en matriz limo-arena-arcillosa de color café oscuro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 6"; consistencia media.	0.60	1.00	0.40	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
55	5	K2+985	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Negro; consistencia Media	1.00	1.50	0.50	GC	60.38	22.15	17.47	A-2-4	0	75.28	2.98	4.27	17.47	14.00	26.60	18.57	8.00					5.90
56	1	K3+280	Carpeta Asfáltica	0.00	0.08	0.08	CARPETA ASFÁLTICA																		
56	2	K3+280	Arena limosa; mezclas arena-limo; de color Amarillo; consistencia Media	0.08	0.25	0.17	SM	40.93	44.07	15.00	A-1-a	0	58.51	15.97	10.52	15.00	11.00	-	-	NP					
56	3	K3+280	Suelo tipo Relleno en matriz limo-arenosa de color negro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 5 1/2"; consistencia media.	0.25	1.00	0.75	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
56	4	K3+280	Arcilla de baja plasticidad; arcillas gravosas, arenosas, limosas o magras; de color Café; consistencia Alta	1.00	1.50	0.50	CL	0.00	24.83	75.17	A-6	10	0.00	1.07	23.77	75.17	13.00	27.96	14.52	13.00	12.00	22.82	2.09	0.30	8.30
57	1	K3+605	Carpeta Asfáltica	0.00	0.09	0.09	CARPETA ASFÁLTICA																		
57	2	K3+605	Arena limosa; mezclas arena-limo; de color Amarillo; consistencia Media	0.09	0.21	0.12	SM	35.38	49.01	15.61	A-1-b	0	54.94	18.42	11.03	15.61	7.00	-	-	NP					
57	3	K3+605	Suelo granular en matriz limo-arenosa de color amarillo y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 3"; consistencia media.	0.21	0.40	0.19	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
57	4	K3+605	Suelo granular en matriz limo-arenosa de color café y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 3 1/2"; consistencia media.	0.40	0.90	0.50	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
57	5	K3+605	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Café; consistencia Alta	0.90	1.20	0.30	GC	56.40	23.34	20.26	A-2-4	0	69.50	4.50	5.75	20.26	9.00	28.34	18.90	9.00					

		MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAKE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
		Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAKE V1.DOCX
				Rev: 1 25-mayo-26

APIQUE	MUESTRA	ABSCISA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL SEGÚN ENSAYOS	PROFUNDIDAD		ESPESOR (m)	CLASIFICACIÓN USCS				CLASIFICACIÓN AASHTO						%w _p	LL %	LP %	IP %	LC %	CBR INALTERADO %	CBR SUMERGIDO %	EXPANSIÓN EN CBR	PDC * %
				DESDE (m)	HASTA (m)		USCS	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	AASHTO	IG	% GRAVA	% ARENA GRUESA	% ARENA FINA	% FINOS									
58	1	K3+918	Carpeta Asfáltica	0.00	0.10	0.10	CARPETA ASFÁLTICA																		
58	2	K3+918	Arena arcillosa mal gradada; de color Amarillo; consistencia Media	0.10	0.42	0.32	SP - SC	42.18	46.84	10.98	A-2-4	0	62.77	16.33	9.92	10.98	9.00	26.66	18.92	8.00					
58	3	K3+918	Suelo granular en matriz arenosa de color café y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 4/8"; consistencia media.	0.42	1.20	0.78	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
58	4	K3+918	Arcilla de baja plasticidad; arcillas gravosas, arenosas, limosas o magras; de color Café; consistencia Media	1.20	1.50	0.30	CL	0.70	15.26	84.04	A-7-6	17	1.28	1.51	13.16	84.04	21.00	42.73	22.86	20.00	15.00	9.99	3.60	0.44	2.90
59	1	K4+240	Carpeta Asfáltica	0.00	0.06	0.06	CARPETA ASFÁLTICA																		
59	2	K4+240	Grava limo-arcillosa mal gradada; de color Amarillo; consistencia Media	0.06	0.25	0.19	GM - GC	45.39	43.36	11.26	A-2-4	0	67.48	12.84	8.43	11.26	8.00	25.62	18.66	7.00					
59	3	K4+240	Suelo granular en matriz limo-arenosa de color café y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 4/8"; consistencia media.	0.25	0.40	0.15	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
59	4	K4+240	Suelo granular tipo Relleno en matriz limo-arenosa de color negro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 3/4"; consistencia media.	0.40	0.55	0.15	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
59	5	K4+240	Grava arcillosa mal gradada; de color Café; consistencia Media	0.55	0.90	0.35	GP - GC	65.50	26.10	8.40	A-2-6	0	80.65	5.71	5.24	8.40	8.00	33.12	17.10	16.00					
60	1	K4+540	Grava arcillosa mal gradada; de color Gris con vetas amarillas; consistencia Media	0.00	0.12	0.12	GP - GC	63.84	26.58	9.57	A-2-4	0	79.78	6.18	4.46	9.57	4.00	28.16	18.96	9.00					
60	2	K4+540	Suelo granular tipo Relleno en matriz limo-arenosa de color negro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 2 1/4"; consistencia media.	0.12	0.45	0.33	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
60	3	K4+540	Suelo en matriz limo-arenosa de color café oscuro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 5/8"; consistencia media.	0.45	1.20	0.75	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
60	4	K4+540	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Café con vetas rojas; consistencia Alta	1.20	1.50	0.30	GC	62.21	18.91	18.88	A-2-6	0	76.32	0.88	3.92	18.88	16.00	34.72	18.07	17.00					32.50
61	1	K4+810	Suelo granular tipo Afirmado en matriz limo-arenosa de color gris oscuro con vetas café y gravas con tamaños de 1/2" a 4"; consistencia media.	0.00	0.20	0.20	RELLENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
61	2	K4+810	Grava arcillosa; mezclas grava-arena-arcillosas; de color Café; consistencia Media	0.20	0.50	0.30	GC	42.81	40.00	17.19	A-2-4	0	60.38	10.98	11.46	17.19	7.00	26.43	17.46	9.00					
61	3	K4+810	Suelo granular en matriz limo-arenosa de color café claro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 2 1/4"; consistencia media.	0.50	0.80	0.30	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
61	4	K4+810	Suelo en matriz limo-arenosa de color negro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 6/8"; consistencia media.	0.80	1.10	0.30	ROCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
61	5	K4+810	Grava limo arcillosa; de color Café; consistencia Alta	1.10	1.30	0.20	GM - GC	42.22	38.63	19.15	A-1b	0	58.16	9.74	12.96	19.15	10.00	21.83	16.44	6.00					
62	1	K5+160	Suelo granular tipo Afirmado, contaminado con partículas de carbón en matriz limo-arenosa de color gris oscuro y gravas angulares con tamaños de 1/2" a 5"; consistencia media.	0.00	0.25	0.25	RELLENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
62	2	K5+160	Arena limosa; mezclas arena-limo; de color Negro; consistencia Media	0.25	0.70	0.45	SM	36.27	48.15	15.58	A-1b	0	56.23	16.41	11.78	15.58	6.00	-	-	NP					
62	3	K5+160	Grava limosa bien gradada; de color Negro; consistencia Alta	0.70	1.50	0.80	GW - GM	45.53	43.27	11.19	A-1a	0	63.69	14.68	10.44	11.19	5.00	-	-	NP					32.50

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	CONSORCIO 335 UNION YDC
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

Ilustración 9-2 Perfil Estratigráfico Guachetá - Lenguaque

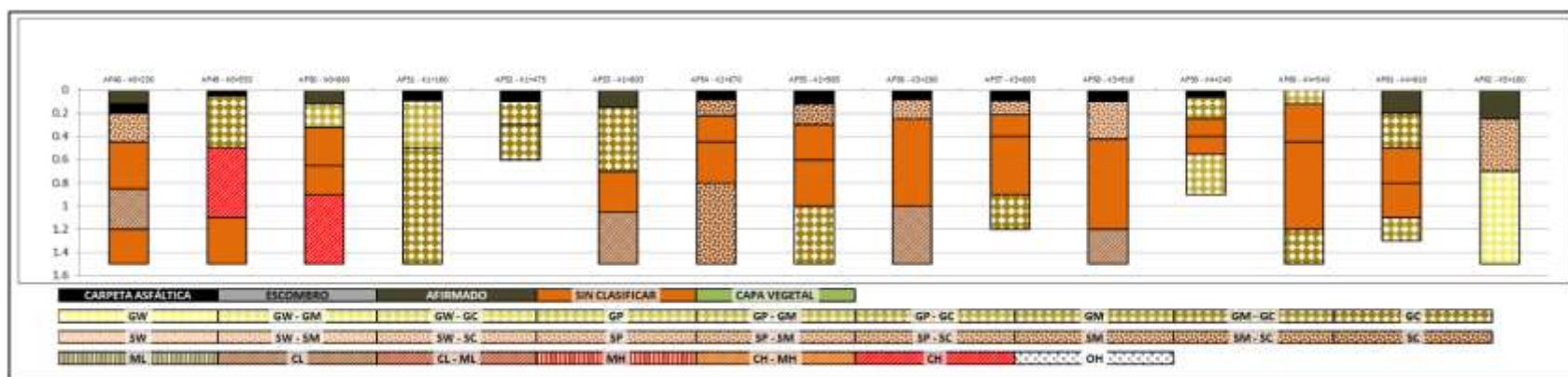
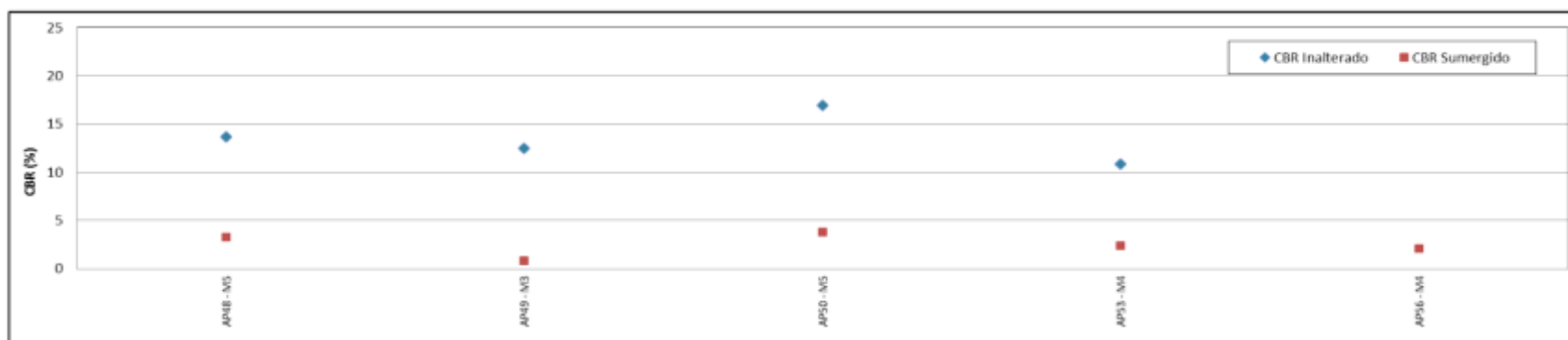


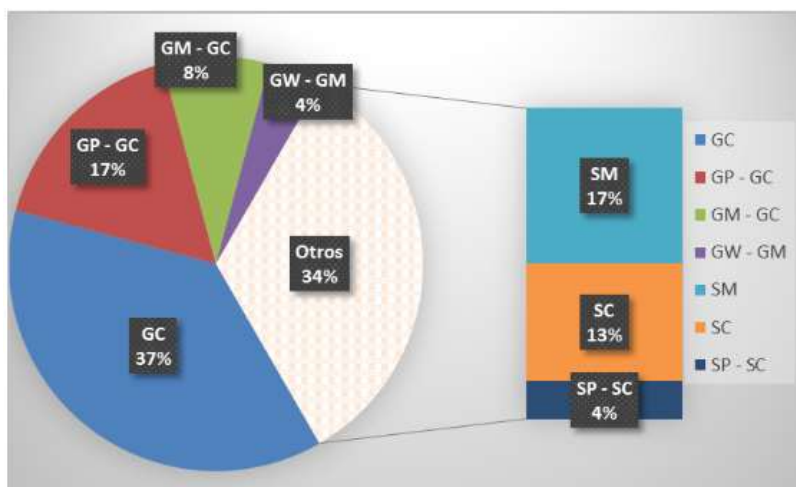
Ilustración 9-3 Valores de CBR de los apiques Guachetá - Lenguaque



	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
		Rev: 1	25-mayo-26

En la vía entre Lenguazaque y Guachetá se presenta un pavimento flexible en mal estado con una carpeta asfáltica desgastada y tramos intercalados en afirmado, tal como se aprecia en la Figura 9-4. En los apiques ubicados en las abscisas K0+230, K0+860, K1+803, K4+540, K4+810 y K5+160 se registraron capas de material en afirmado como capa de rodadura. Los espesores de carpeta asfáltica oscilan entre 0.05 m y 0.15 m con promedio de 0.085 m, seguido de un material granular el cual se encuentra principalmente conformado por Gravas arcillosas “GC, GP-GC, GM-GC”-(62.5% de las muestras), Gravas limosas bien (GW – GW 4.2%) y Arenas Limosas Arcillosas (33.3% SM, SC).

Ilustración 9-4 Distribución de muestras en el material granular según clasificación USCS



Respecto a los valores de límite líquidos para los materiales identificados como granulares los valores oscilan entre 21.8% y 40.2 % con un valor medio de 29.7% y un coeficiente de variación de los datos del 13.9%, 5 de las 24 muestras analizadas, se identificaron como materiales no plásticos, respecto al índice de plasticidad los valores oscilan entre 6% y 18% con un valor medio de 10.3% y un coeficiente de variación de los datos del 32.6%. El 100% de las muestras poseen humedades naturales inferiores a sus respectivos valores de límite plástico, es decir las muestras se encuentran en un estado óptimo de consistencia. Los valores de humedad natural varían entre 4.0% y 16.0% con un valor promedio de 8.6%.

En cuanto a la distribución de tamaños predominan los materiales granulares (arenas y gravas). La distribución de gravas posee valores mínimos del 31.4% y máximos de 68.0%, con un valor promedio de 48.3% y un coeficiente de variación de datos del 23.9%.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	CONSORCIO 335 UNION YDC
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

Ilustración 9-5 Variación del contenido de humedad en la Subrasante para los apiques Guachetá - Lenguaзаque

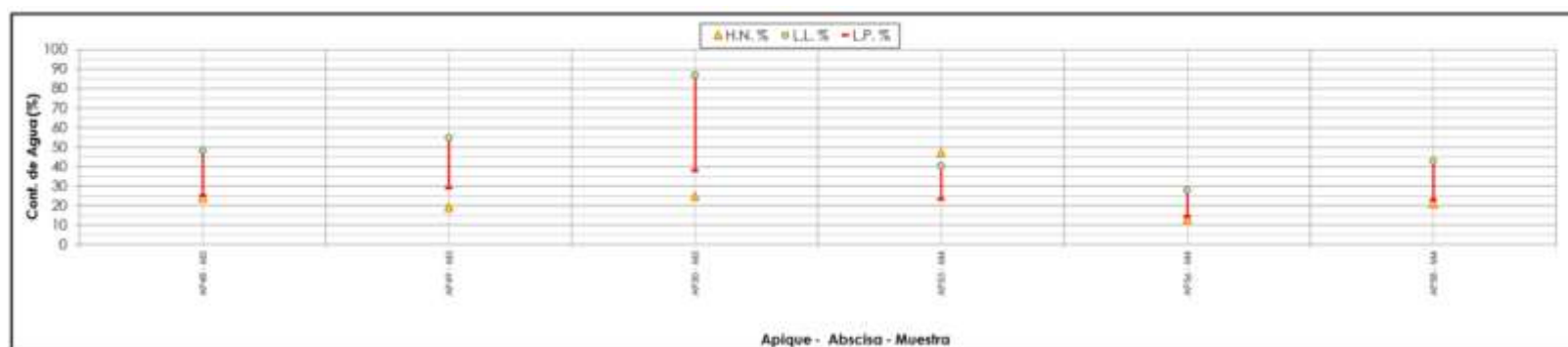
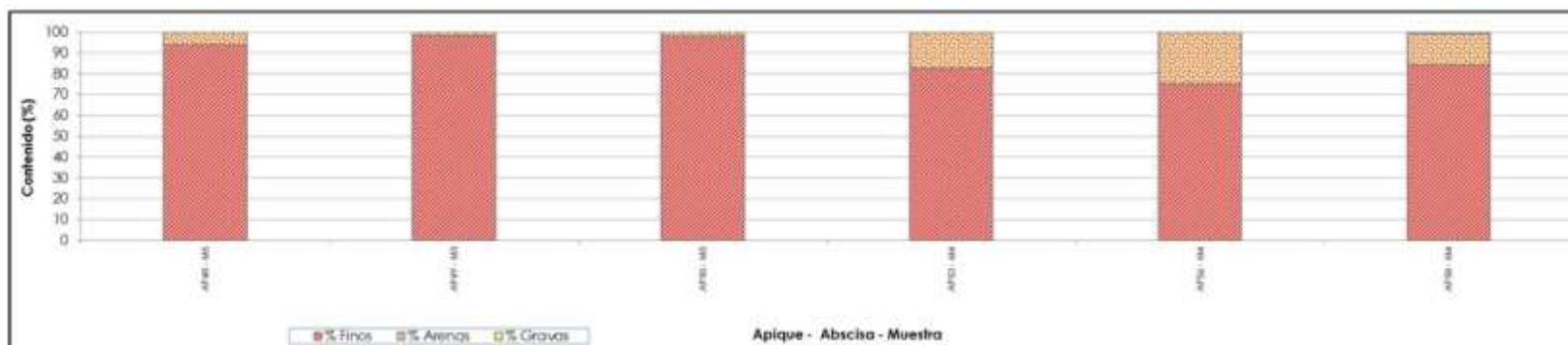


Ilustración 9-6 Distribución Granulométrica de muestras de la Subrasante para los apiques Guachetá - Lenguaзаque



	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	Rev: 1 25-mayo-26

- Análisis del Potencial de Expansividad y Contractibilidad**

En cuanto a los valores de límite de contracción obtenidos solo se encontró un valor de 12%, lo cual evidencia alguna probabilidad de presencia de suelos de naturaleza contráctil.

Por su parte, los valores de expansión en CBR obtenidos en su totalidad son inferiores al 1%, representando condiciones de expansión bajas o nulas.

A continuación, se presenta el análisis del potencial contrato-expansivo de los materiales de Subrasante, con base en los criterios de Potencial de hinchamiento a partir de los límites de Atterberg. Adicionalmente, se revisó el Potencial de Cambio Volumétrico, con base en los valores de Índice Plástico, la siguiente tabla resume el criterio de análisis.

Tabla 9-5 Límites de Consistencia y Potencial de Cambio Volumétrico

Potencial de Cambio Volumétrico	IP (Zona Húmeda)
Bajo	0 – 30
Moderado	30 – 50
Alto	> 50

Teniendo en cuenta de que la subrasante posee materiales con contenido arcilloso y con humedades muy próximas a los umbrales de plasticidad, es conveniente verificar el grado de susceptibilidad a la expansión volumétrica debida al cambio de humedad, el cual es alto solamente en la zona del apique 50.

Tabla 9-6 Determinación de suelos expansivos a partir de LL e IP y Expansión CBR

Apique - m. Muestra N°	Abscisa	Muestra	Apique	Expansión en Ensayo CBR (%)	LL	LP	IP	LC	Expansivita a Partir de CBR	Potencial Expansivo - LL	Potencial Expansivo - IP	Potencial de Cambio Volumétrico	
												IP (Zona Húmeda)	LC
AP48 - m5	K0+230	5	48	0.56	48.2	25.2	23.0	13.0	Baja a nula	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
AP49 - m3	K0+550	3	49	0.60	54.9	29.0	26.0	21.0	Baja a nula	Marginal	Marginal	Bajo	Bajo
AP50 - m5	K0+860	5	50	0.42	87.3	37.8	49.0	24.0	Baja a nula	Alto	Alto	Moderado	Bajo
AP53 - m4	K1+803	4	53	0.90	40.6	23.4	18.0	15.0	Baja a nula	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
AP56 - m4	K3+280	4	56	0.30	28.0	14.5	13.0	12.0	Baja a nula	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado

El potencial de expansividad a partir del CBR presenta un grado de baja a nula, por lo que se deben tener en cuenta protecciones de la subrasante a futuras intervenciones.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	CONSORCIO 335 UNION YDC
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
	Rev: 1	25-mayo-26

10. CARACTERIZACIÓN DEL AFIRMADO EXISTENTE

En el marco de los diseños de pavimentos realizados en el contrato ICCU-087 DE 2021, como se presentó anteriormente, se cuenta con la caracterización a nivel físico y mecánico de la subrasante, pero en cuanto al afirmado existente únicamente se cuenta con la caracterización física del mismo, por lo tanto, en el desarrollo del presente contrato y con el fin de involucrar el aporte estructural de dicho afirmado, se propuso la ejecución de 3 apiques distribuidos de la siguiente manera en el tramo objeto de :Mejoramiento:

Ilustración 10-1 Localización de Apiques 2026



Tabla 10-1 Localización apiques

Apique	Coordenada Norte	Coordenada Oeste
Apique 1	5°20'31.95"N	73°42'24.88"O
Apique 2	5°20'38.12"N	73°42'25.94"O
Apique 3	5°20'43.56"N	73°42'26.99"O

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 10-2 Perfil estratigráfico exploración 2026

Profundidad		AP 1	AP 2	AP 3
0.00	0.05	Material Granular gris con betas habanas, partículas superiores a 1 1/2" angulares	Material Granular color habano con partículas de 3" angulares, sin olor	Material Granular gris con habano partículas de 2 1/2" angulares
0.05	0.10			
0.10	0.15			
0.15	0.20			
0.20	0.25			
0.25	0.30			
0.30	0.35			
0.35	0.40			
0.40	0.45			
0.45	0.50			
0.50	0.55			
0.55	0.60			
0.60	0.65			
0.65	0.70			
0.70	0.75			
0.75	0.80			
0.80	0.85	Material Granular fino, color negro mezclado con carbón, partículas con tamaño de 3/4", partículas angulares	Material Granular fino, color negro mezclado con carbón, partículas con tamaño de 3/4", partículas angulares	Material Granular fino, color negro mezclado con carbón, partículas con tamaño de 3/4", partículas angulares
0.85	0.90			
0.90	0.95			
0.95	1.00			

Como se puede observar en el perfil estratigráfico obtenido de los registros de exploración se cuenta con dos tipos de material granular de afirmado:

Material Afirmado 1: Se encuentra en los primeros 80cm de la exploración y corresponde a un material granular de mayor tamaño con partículas angulares que varían entre 1 1/2" hasta las 3".

Material Afirmado 2: Se encuentra después de los 80cm y corresponde a un material fino con partículas de tamaño máximo 3/4", en este estrato se observa la existencia de algunas partículas de carbón.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

10.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE AFIRMADO

De acuerdo con los resultados de laboratorio desarrollados en el presente contrato se obtuvieron los siguientes resultados de los ensayos de laboratorio para la caracterización física y mecánica del material de afirmado:

Tabla 10-3 Tabla resumen de resultados de Laboratorio Afirmado - Caracterización Física

APIQUE	MUESTRA	PROFUNDIDAD	GRAVAS (%)	ARENA (%)	FINOS (%)
1	1	0 - 0.80	43.8	40	16
2	1	0 - 0.80	40.7	20.6	39
3	1	0 - 0.80	56.1	29.9	14
1	2	0.80 - 1.0	49.1	39.4	12
2	2	0.80 - 1.0	29.2	48	23
3	2	0.80 - 1.0	35.1	23.7	41

Tabla 10-4 Tabla resumen de resultados de Laboratorio Afirmado - Caracterización Física

APIQUE	MUESTRA	PROFUNDIDAD	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC (%)	HUM (%)	PASA 200 (%)	AASTHO	USC
1	1	0 - 0.80	22	15	7	2.8	2.4	16	A-2-4	GC-GM
2	1	0 - 0.80	32	15	17	1.66	3.7	39	A-6	GC
3	1	0 - 0.80	27	14	13	1.75	4.3	14	A-2-6	GC
1	2	0.80 - 1.0	28	19	9	1.4	15.6	12	A-2-4	GP-GC
2	2	0.80 - 1.0	28	15	13	1.67	6.3	23	A-2-6	SC
3	2	0.80 - 1.0	32	16	16	1.56	7	41	A-6	GC

Como se puede observar en las tablas anteriores aunque en general dentro de la exploración se establecieron dos estratos de afirmado, una vez se obtienen los resultados de laboratorio sus distribuciones granulométricas, límites, humedades naturales y por ende sus clasificaciones de acuerdo con la AASTHO y con la USC establecen que realmente corresponde al mismo material con un solo cambio perceptible en su color y en el reporte dentro de los registros de exploración en donde se informa la existencia de elementos de carbón, razón por la cual lo mantenemos discriminados en la tabla.

El material de afirmado de acuerdo con su clasificación corresponde en general a una grava arcillosa con un porcentaje de gravas variable entre 35 y 56%, contenido de arenas variable entre 20 a 48% y finos que varían entre 12 a 41%.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

En cuando a los limites se observa que el límite plástico varía entre 15 a 19% y el limite líquido entre 22 y 32%, la humedad natural en general se observa que se encuentra por debajo del límite plástico con valores que varían entre los 2.4 y 15.6%.

- **Resultados de Caracterización Mecánica del Afirmado Existente**

Tabla 10-5 Caracterización mecánica del afirmado existente

APIQUE	MUESTRA	PROFUNDIDAD	USC	CBR NAT (%)	CBR SAT (%)
1	1	0 - 0.80	GC-GM	90.8	73.9
2	1	0 - 0.80	GC	104.9	85.2
3	1	0 - 0.80	GC	43.1	27.2

En cuanto a la capacidad estructural del material de afirmado en donde los moldes fueron reconstruidos en las condiciones naturales de densidad y humedad se establece que para las mismas se alcanzan CBR entre los 43.1 y 104.9% y en condición de saturación el CBR varia entre los 27.2 y 85.2%, estableciéndose así que, aunque el material físicamente presenta un contenido importante de finos estos no alteran su capacidad portante, la cual esta dentro de los parámetros de una base granular.

Los resultados presentados y analizados de las tablas anteriores pueden consultarse con mayor detalle en el anexo 2.4.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

11. DISEÑO DE PAVIMENTOS

El presente capítulo aborda el diseño estructural de los pavimentos, estableciendo la fundamentación técnica que soporta el dimensionamiento del proyecto. A continuación, se detallan los parámetros de diseño adoptados —tales como la caracterización de la subrasante, el tránsito proyectado y las propiedades mecánicas de los materiales—, los cuales constituyen los datos de entrada fundamentales para las modelaciones estructurales ejecutadas. Mediante este análisis técnico, se sustenta la selección de la sección óptima que garantizará la durabilidad, la resiliencia estructural y el nivel de servicio exigido para la infraestructura durante su período de diseño.

11.1 TRANSITO DE DISEÑO

Para el diseño del pavimento se requiere transformar el tráfico acumulado proyectado (vehículos) en vehículos en ejes estándar de 8.2 Ton, para ello se establece el número de ejes equivalentes NEE.

Tabla 11-1 Número de Ejes Equivalentes escenario optimista

Tramo	Intervención	Inicio	Fin	Longitud (m)	Est. De Afaros	NEE A 5 años	NEE A 10 años	NEE A 20 años
1	Mantenimiento	K0+000	K2+000	2000	Secundaria 1	8.33E+06	1.80E+07	4.06E+07
2	Mejoramiento	K2+400	K5+400	3000	Secundaria 1	8.33E+06	1.80E+07	4.06E+07

11.2 CBR DE DISEÑO – SUBRASANTE

Para la determinación de la capacidad de soporte del suelo, se toma el resultado de los ensayos de laboratorio obtenidos en el desarrollo del contrato ICCU-087 DE 2021 cuyo objeto es “CONSULTORÍA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS Y PUENTES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 11-2 Resultados Ensayos CBR

ID	MUESTRA	PROF. PROM. [m]	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	CBR SIN INMERSIÓN	CBR CON INMERSIÓN
AP 48	5	0.85 – 1.2	Arcilla de baja plasticidad: arcillas gravosas, limosas o magras de color gris con vetas cafés, consistencia alta.	13.66	3.29
AP 49	3	0.50 – 1.1	Arcilla de alta plasticidad de color Café consistencia alta.	12.52	0.87
AP 50	5	0.90 – 1.5	Arcilla de alta plasticidad de color gris con vetas amarillas, consistencia alta.	16.95	3.81
AP 53	4	1.05 – 1.5	Arcilla de baja plasticidad: arcilla gravosas, arenosas, limosas o magras: de color Café, consistencia alta.	10.89	2.36
AP 56	4	1.00 – 1.5	Arcilla de baja plasticidad: arcilla gravosas, arenosas, limosas o magras: de color Café, consistencia alta.	22.82	2.09
AP 58	4	1.20 – 1.5	Arcilla de baja plasticidad: arcilla gravosas, arenosas, limosas o magras: de color Café, consistencia Media	9.99	3.60

Los valores de CBR en humedad natural varían entre 9.9% y 22.82% con un promedio de 14.47%, mientras que los valores en condición sumergida varían entre 0.87% y 3.81% con un promedio de 2.67%, lo que en general indica que la subrasante cuenta con valores por debajo de 3% que permiten tener un indicador de una subrasante con una resistencia baja frente a cargas de tránsito y concluye frente a la necesidad actual de con el afirmado existente.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	CONSORCIO UNION 335 VDC
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
	Rev: 1	25-mayo-26

- **Determinación del CBR De Diseño Para la Subrasante Por El Método Del Instituto Norteamericano Del Asfalto**

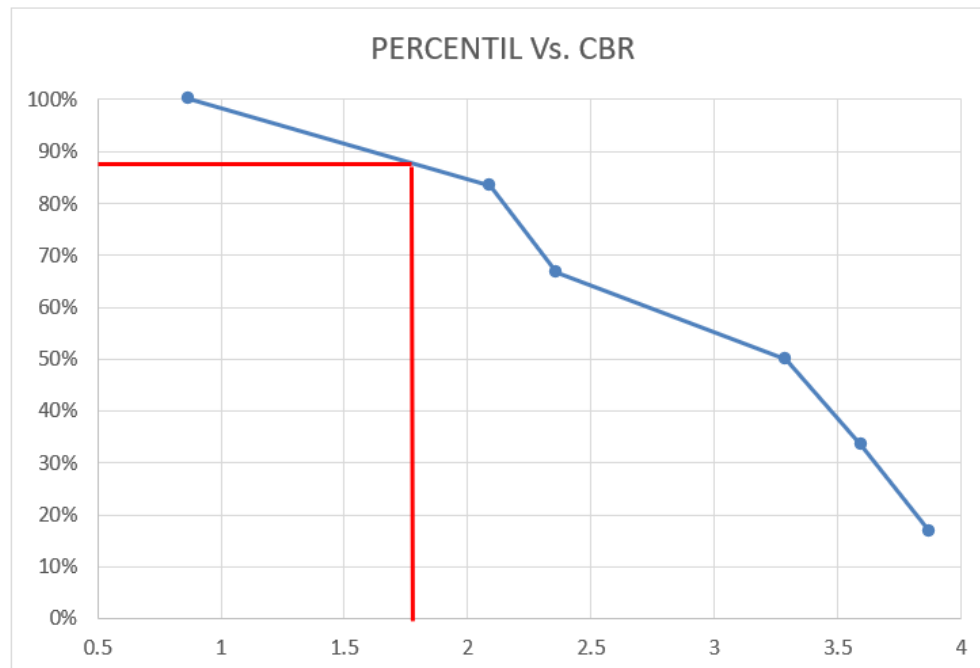
Se determina el CBR de diseño por medio del método del percentil en base al Porcentaje recomendado por el Instituto del Asfalto en base al número de ejes equivalentes de diseño para 10 años.

Tabla 11-3 Percentil CBR de Diseño

Numero de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N) para 10 años	Percentil a Seleccionar para hallar la resistencia
$< 10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
$> 10^6$	87.5

Fuente: Instituto del Asfalto

Ilustración 11-1 Selección del CBR de Diseño



	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

De acuerdo con los valores de CBR obtenido de los ensayos de las muestras inalteradas en el marco del presente estudio se determina que un CBR de diseño de:

CBR (Subrasante) = 1.8%

El módulo resiliente de la subrasante ha sido estimado en función de su CBR, mediante la siguiente correlación (National Cooperative Highway Research Program - NCHRP, 2004), de acuerdo a lo recomendado por la agencia investigadora AASHTO en su última versión MEPDG, para el nivel 2, dicho modelo se encuentra recomendado por el Manual del INVIAS para bajos volúmenes:

$$MR = 2555 (CBR)^{0.64} = 2555 \times (1.80)^{0.64}$$

$$MR = 3722 \text{ PSI} = 262 \text{ kg/cm}^2$$

11.3 CBR DE DISEÑO - AFIRMADO

Considerando que para el caso del afirmado no se cuenta con la aplicación de un percentil se empleara en general el promedio de los resultados de CBR obtenidos para este material como medida de desviación central aceptable en este caso:

Tabla 11-4 Caracterización mecánica del afirmado existente

APIQUE	MUESTRA	PROFUNDIDAD	USC	CBR NAT (%)	CBR SAT (%)
1	1	0 - 0.80	GC-GM	90.8	73.9
2	1	0 - 0.80	GC	104.9	85.2
3	1	0 - 0.80	GC	43.1	27.2

Se aplica la condición más crítica que corresponde a los resultados en condición de saturación, obteniéndose en este caso un **CBR de diseño para el material de afirmado de 62.1%** que corresponde al siguiente modulo resiliente:

Se aplica la fórmula de la AASTHO para el cálculo del módulo resiliente en granulares:

$$MR = 4326 * LN(CBR) + 241 - (PSI)$$

$$MR = 4326 * LN(62.1) + 241 = 18102 \text{ PSI} = 1273 \text{ Kg/cm}^2$$

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

11.4 CBR DE DISEÑO – CONJUNTO (SUBRASANTE + AFIRMADO)

Para establecer el módulo del estrato de soporte de la estructura de pavimento, en este capítulo se procede a calcular en base al CBR de la subrasante y en base al módulo del material de afirmado, el valor equivalente por el aporte que actualmente realiza en dicho sector este último material, para lo cual se emplea la fórmula de IVANOV que se presenta a continuación:

$$h_1 = \frac{2a}{n} * \tan \left[\frac{\left(1 - \frac{E_{\text{inferior}}}{E_{\text{equivalente}}} \right)}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}} \right)} \right]$$

$$n = \left(\frac{E_{\text{superior}}}{E_{\text{inferior}}} \right)^{1/2.5}$$

MEMORIA DE CALCULO MODULO EQUIVALENTE CBR

SUBRASANTE		AFIRMADO		AFIRMADO			
	kg/cm2	kg/cm2	cm	cm	kg/cm2	Mpa	
	Einf	Esup	a	h1	Equiv	Equiv	CBR Equiv
GRUPO 1	262	1272.7	15	80	1185.93	116.22	15.50

AFIRMADO	
CBR	62.1
FOMULA MODULO PSI	18101.96
MODULO KG CM2	1272.69

CBR EQUIVALENTE = 15.5%

MODULO EQUIVALENTE= 1.186 Kg/cm2 = 16.869 Psi

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción	Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
	Rev: 1	25-mayo-26

11.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES – METODO AASTHO 1993

La estructura de un pavimento la forman varias capas superpuestas, con diferentes características según sus propiedades geomecánicas; hay que anotar que el número de capas estructurales de un pavimento varía según la calidad de la subrasante en su capacidad de soporte.

El propósito del presente estudio es proporcionar una estructura del pavimento, que sea capaz de soportar el tránsito con un alto nivel de confianza para el periodo de diseño, en las condiciones ambientales dadas y con un aceptable nivel de servicio, sin importantes fallas estructurales. Para ello, se consideran factores de tiempo, tránsito, materiales, suelos de subrasante, condiciones ambientales, detalles constructivos y económicos; de acuerdo con los procedimientos y categorización de los parámetros establecidos por el INVIAS.

Los diseños y metodologías se basan en una combinación de métodos existentes, experiencia y la teoría fundamental de comportamiento de los materiales y las estructuras, basados en el método AASHTO.

Una vez determinadas las condiciones en las que se encuentra el corredor existente, las características y propiedades que lo componen, al igual que los materiales a emplear, se determinan la secciones que presentan comportamiento homogéneo, realizando todos los análisis correspondientes a la etapa de diseño y dimensionamiento con el respectivo estudio de alternativas de intervención para el periodo de diseño estructural determinado, analizando los diferentes aspectos relacionados con los parámetros y requerimientos planteados para el proyecto y finalmente realizar el diseño de la estructura de pavimento definitivo.

Las labores anteriores son fundamentales, si se quieren mejorar las condiciones actuales del corredor y evitar posibles fallas prematuras de las obras por falta de una aplicación adecuada de los parámetros establecidos en las normas vigentes y que optimizan la aplicación de los recursos presupuestales disponibles evitando, con antelación, la realización de obras al margen de los parámetros técnicos de diseño con las consiguientes pérdidas de recursos.

11.5.1 DEFINICIÓN GENERAL DEL METODO AASTHO 1993

La metodología de diseño de estructuras de pavimento de la ASSHTO-93 está concebida en función de parámetros de diseño tales como el tránsito, características de la subrasante y materiales del pavimento, confiabilidad del diseño, niveles de serviciabilidad, factores ambientales de temperatura y humedad y condiciones de drenaje. De acuerdo con lo anterior se tiene la siguiente ecuación:

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

$$LogW18 = Z_R S_O + 9.36 Log(SN + 1) - 0.20 + \left[\frac{Log[\Delta PSI / (4.2 - 1.5)]}{0.4 + 1094 / (SN + 1)^{5.19}} \right] + 2.32 Log M_R - 0.87$$

En donde:

$W18 (Nt)$ = Cantidad de ejes simples equivalentes a 18 kips (80 kN ó 8.2 t).

Z_R = Desviación estándar normal.

S_O = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad o diferencia entre el índice de servicio inicial (P_i) y el final (P_f).

M_R = Módulo Resiliente de la subrasante (lb/plg² = psi):

SN = Número estructural indicativo del espesor total requerido de pavimento y el cual se determina a partir de la siguiente expresión:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + \dots + a_n D_n m_n$$

Siendo:

a_i = Coeficiente estructural de la capa i

D_i = Espesor de la capa i (en pulgadas)

m_i = Coeficiente de drenaje de la capa granular i

11.5.2 NIVEL DE CONFIABILIDAD

Se refiere a la probabilidad de que una estructura diseñada se comporte satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño. El nivel de confiabilidad (R %), se puede obtener de la tabla 2.2., que se incluye en la Página II-9 del MANUAL DE DISEÑO DE LA AASHTO 93, en donde se sugieren algunos valores dependiendo del tipo o clasificación funcional de la carretera en estudio; mientras que Z_R se obtiene de la tabla 4.1., que se presenta en la Página I-62 del MANUAL AASHTO 93. En la Tabla 11-5, se presentan niveles de confiabilidad sugeridos según el tipo de vía y se resalta en color verde el nivel adoptado.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 11-5 Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

TIPO DE CARRETERA	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO (R%)			
	URBANO		RURAL	
Autopistas y carreteras ínter departamentales	85,0 -	95,0	80,0 -	99,9
Otras arterias principales	80,0 -	99,0	75,0 -	95,0
Colectoras de tránsito	80,0 -	95,0	75,0 -	95,0
Carreteras locales	50,0 -	80,0	50,0 -	80,0

Fuente: elaboración propia a partir de la Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993

Para este proyecto se adoptó un nivel de confiabilidad **R = 80%**.

11.5.3 DESVIACIÓN NORMAL ESTÁNDAR – Z_R

La desviación normal estándar se refiere al área bajo la curva de distribución normal para un nivel de confiabilidad dado. El valor de Z_R se obtiene de la Tabla 11-6, que se presenta en la Página I-62 del MANUAL AASHTO 93, y en la siguiente tabla, se presentan los valores para la desviación normal estándar, según algunos niveles de confiabilidad que se consideran típicos en el diseño de estructuras de pavimento y se demarcan con verde el valor a utilizar en el presente diseño:

Tabla 11-6 Niveles de confiabilidad y desviación estándar sugeridos para diferentes tipos de vías.

CONFIABILIDAD R (%)	DESVIACIÓN NORMAL ESTÁNDAR (Z _R)
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,34
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
99,9	-1,645

Fuente: elaboración propia a partir de la *Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993*

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Para el nivel de confiabilidad establecido del **80%**, se tiene que la desviación normal estándar es:

$$Z_R = -0.841$$

11.5.4 ERROR ESTÁNDAR COMBINADO DE LAS PREDICCIONES DEL TRÁNSITO Y DEL DESEMPEÑO, S_o .

El error estándar combinado refiere a variaciones en las predicciones del tránsito y del comportamiento desarrollado por una estructura de pavimento. En la siguiente tabla, se presentan los valores para el error estándar combinado, el cual depende del tipo de pavimento a diseñar y si se considera la varianza del tránsito futuro.

Tabla 11-7 Error estándar combinado de las predicciones del tránsito y comportamiento del pavimento.

RANGO / CASO DE ANÁLISIS	ERROR ESTÁNDAR COMBINADO			
	PAVIMENTO FLEXIBLE		PAVIMENTO RÍGIDO	
	0.4	0.50	0.30	0.40
CONSIDERANDO LA VARIANZA DEL TRÁNSITO FUTURO	0.49		0.39	
SIN CONSIDERAR LA VARIANZA DEL TRÁNSITO FUTURO	0.44		0.34	

Fuente: elaboración propia a partir de la Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993.

Para las alternativas de intervención proyectadas para pavimento flexible, se considera la incertidumbre en el comportamiento del pavimento y la varianza del tránsito futuro, por lo que se escoge un error estándar combinado **$S_o = 0.49$** .

11.5.5 PERDIDA DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO ΔPSI .

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circula en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero) significa una

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	Rev: 1 25-mayo-26

calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo, la tendencia es poder definirla con parámetros medibles como los son: el índice de perfil, índice de rugosidad internacional, coeficiente de fricción, distancias de frenado, visibilidad, etc. La serviciabilidad inicial es la calificación que tendrá el pavimento inmediatamente después de terminar su construcción. La serviciabilidad final tiene que ver con la calificación que esperamos tenga el pavimento al final de su vida útil. Los índices sugeridos por la AASHTO se presentan en la Tabla 11-10:

Tabla 11-8 Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)

Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Vías principales		2.5		2.5
Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
Condición de falla		1.5		1.5

Fuente: elaboración propia a partir de la Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993

Para la alternativa de pavimento flexible en vía secundaria o local en este caso, **el índice de serviciabilidad inicial y final se toma como, 4.2 y 2.0.**

11.5.6 COEFICIENTE DE DRENAJE (CD)

En cualquier tipo de pavimento, el drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. Es muy importante evitar que exista presencia de agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afectará en gran medida el desempeño del pavimento, debido a la pérdida de soporte causada por el lavado de finos.

Tabla 11-9 Coeficiente de Drenaje (CD)

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: elaboración propia a partir de la Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción	Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
	Rev: 1	25-mayo-26

Debido a que estamos en zonas de baja pendiente se considerara que el pavimento puede llegar a estar expuesto más del 25% del tiempo, pero con una buena calidad de las estructuras de drenaje y su evaluación, por lo cual se obtiene un valor de **coeficiente de drenaje de 1.0 para la carpeta Asfáltica y 0.9 para los materiales granulares.**

11.5.7 COEFICIENTE DE CAPA (A)

El coeficiente de capa a_i expresa la relación empírica entre el SN (número estructural) y el espesor y es una medida de la habilidad relativa del material para funcionar como un componente estructural del pavimento.

A continuación, se presenta el cálculo del coeficiente de cada capa de la estructura del pavimento.

11.5.8 CONCRETO ASFALTICO

Siguiendo los requerimientos para MDC-19 y MD-25 de las especificaciones del INVIAS y sabiendo la carpeta asfáltica se trata de una mezcla densa en caliente, para poder establecer el numero estructural de la mezcla, la misma tiene una relación directa con la TMAP de la zona, en donde se obtiene la siguiente información:

Temperatura Media Anual Promedio en Cali

La temperatura media anual (TMAP) en la zona es de aproximadamente 24.5 °C (76.1 °F). El clima del proyecto se clasifica como cálido.

Se selecciona un coeficiente a_1 de 0.37, esto justificado en que, si bien se tienen medias temperaturas en la zona.

Tabla 11-10 Valores de coeficiente estructural del concreto Asfáltico

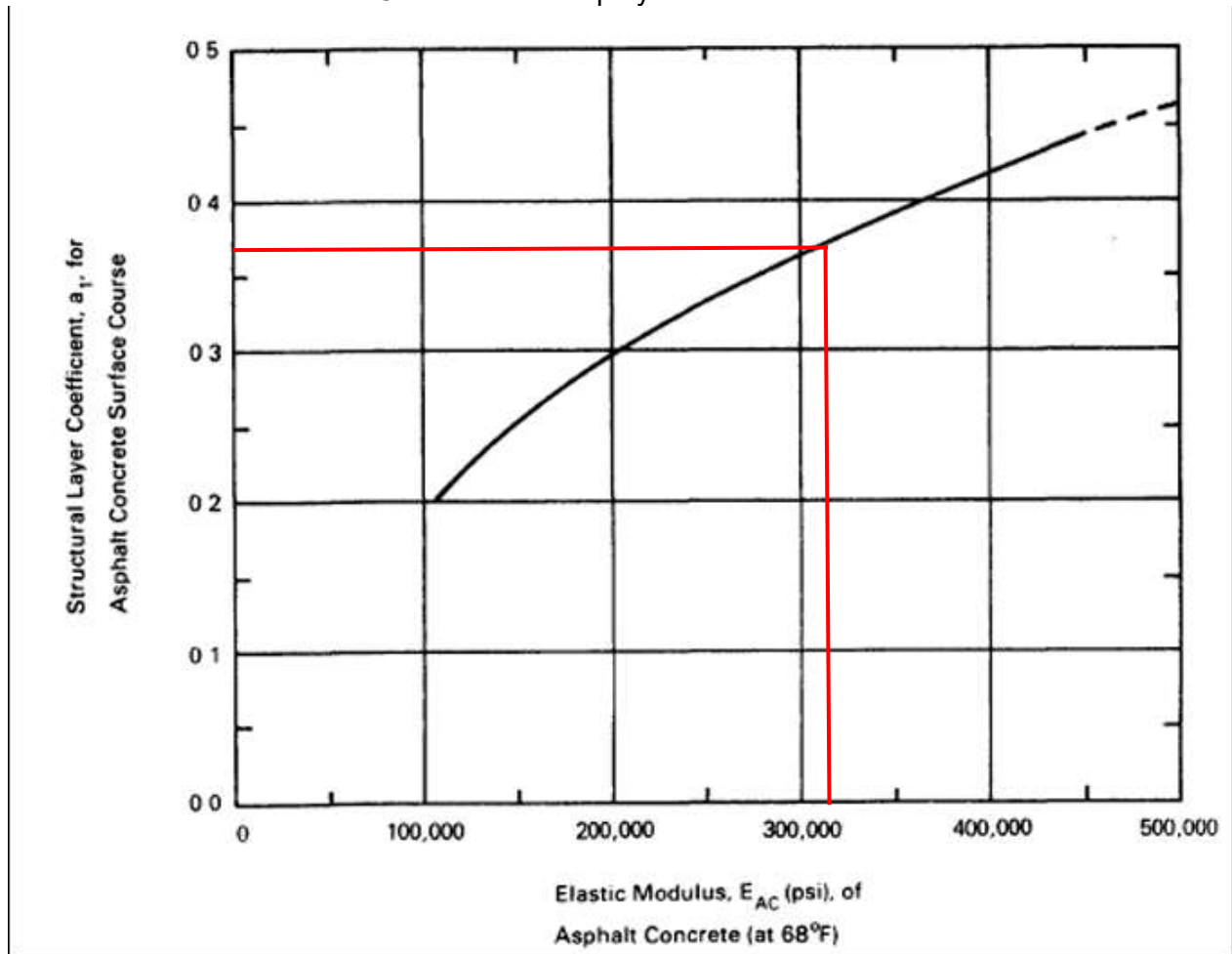
MEZCLA DENSA EN CALIENTE	MDC $a_1 = 0.44$	TMAP < 13 °C
	MDC $a_1 = 0.37$	13 °C ≤ TMAP < 20 °C
	MDC $a_1 = 0.30$	20 °C ≤ TMAP ≤ 30 °C
MEZCLA DENSA EN FRÍO	MDF $a_1 = 0.8 \times 0.44$	TMAP < 13 °C
	MDF $a_1 = 0.8 \times 0.37$	13 °C ≤ TMAP < 20 °C
	MDF $a_1 = 0.8 \times 0.33$	20 °C ≤ TMAP ≤ 30 °C
BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	BEE-1 $a_1 = 0.20$	Agregado grueso
	BEE-2 $a_1 = 0.20$	Agregado medio
	BEE-3 $a_1 = 0.14$	Suelo
BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	BEC-1 $a_1 = 0.16$	A-1-a; A-1-b
	BEC-2 $a_1 = 0.14$	A-3; A-2-4; A-2-5
	BEC-3 $a_1 = 0.13$	A-2-6; A-2-7; A-4 A-5; A-6; A-7

Fuente: Manual INVIAS pavimentos con medios y altos volúmenes de tránsito, 1998.

El valor del módulo se halla con base en la guía AASHTO para el diseño de pavimentos, Ilustración 11-2:

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	CONSORCIO UNION 335 VDC
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Ilustración 11-2 Coeficiente de capa y módulo de la mezcla asfáltica



Fuente: AASTHO 1993

El módulo de la mezcla asfáltica es de 310.000 psi.

11.5.9 BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON EMULSIÓN

Siguiendo los requerimientos para MGEA o BEE Base granular estabilizada con asfalto BEE-1 de las especificaciones del INVIAS se emplea para el coeficiente estructural lo establecido en el manual de INVIAS para medios y altos volúmenes de tráfico:

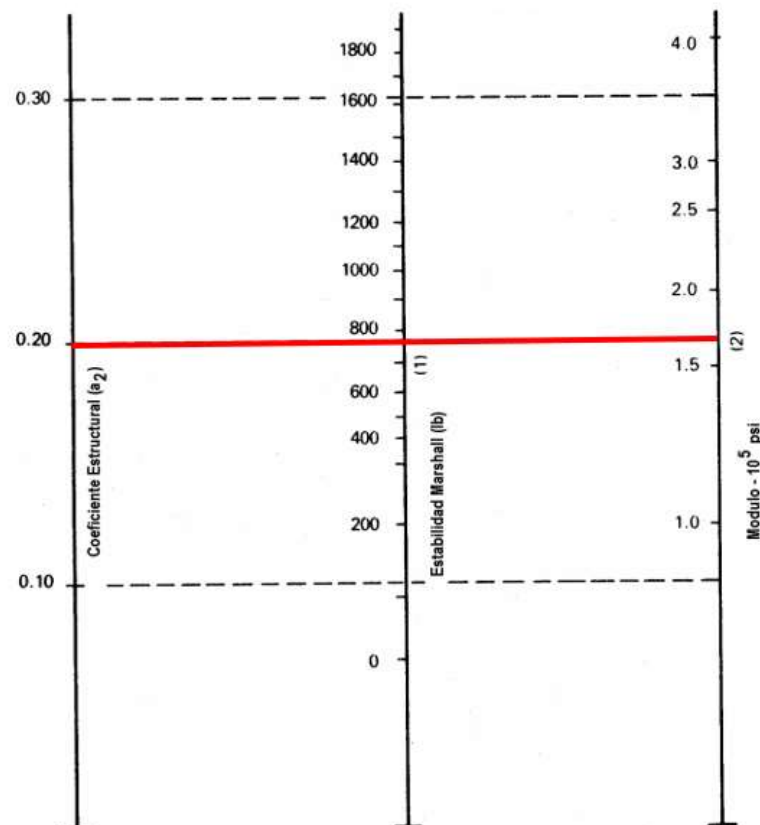
Se selecciona un coeficiente a_2 de 0.20

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
		Rev: 1	25-mayo-26

Tabla 11-11 Valores de coeficiente estructural del concreto Asfaltico

MEZCLA DENSA EN CALIENTE	MDC $a_1 = 0.44$	TMAP < 13 °C
	MDC $a_1 = 0.37$	13 °C ≤ TMAP < 20 °C
	MDC $a_1 = 0.30$	20 °C ≤ TMAP ≤ 30 °C
MEZCLA DENSA EN FRÍO	MDF $a_1 = 0.8 \times 0.44$	TMAP < 13 °C
	MDF $a_1 = 0.8 \times 0.37$	13 °C ≤ TMAP < 20 °C
	MDF $a_1 = 0.8 \times 0.33$	20 °C ≤ TMAP ≤ 30 °C
BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	BEE-1 $a_1 = 0.20$	Agregado grueso
	BEE-2 $a_1 = 0.20$	Agregado medio
	BEE-3 $a_1 = 0.14$	Suelo
BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	BEC-1 $a_1 = 0.16$	A-1-a; A-1-b
	BEC-2 $a_1 = 0.14$	A-3; A-2-4; A-2-5
	BEC-3 $a_1 = 0.13$	A-2-6; A-2-7; A-4 A-5; A-6; A-7

Fuente: Manual INVIAS pavimentos con medios y altos volúmenes de tránsito, 1998.



El módulo de la Base Granular Estabilizada con Emulsión es de 170.000 psi.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

11.6 MODELACIÓN PAVIMENTOS

En la Tabla 11-12, se presenta el resumen de los valores para el diseño de pavimentos flexibles. Número de ejes equivalentes de 8.2 Tn.

Tabla 11-12 Resumen de Parámetros para la Zona Homogénea 1

PARÁMETRO	VALOR
Confiabilidad del diseño R (%)	80
Desviación Estándar So	0.49
PSI Inicial	4.2
PSI Final	2.0
Número de ejes equivalentes de 8.2 Tn (10 años)	18.000.000

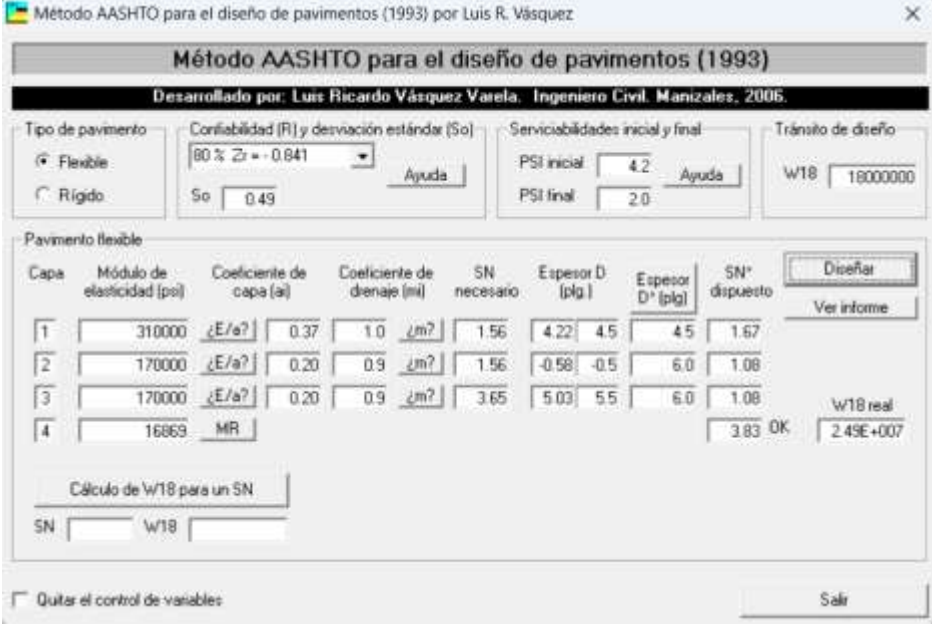
En la Tabla 11-13, se presenta el resumen de los valores de las capas de pavimento y la subrasante.

Tabla 11-13 Resumen Módulos y coeficientes de capas

Capa	CBR (%)	Módulo (psi)	Módulo (kg/cm2)	Coeficiente estructural a
Concreto asfáltico	-	310.000	21.795	0.37
Base Granular Estabilizada con Emulsión MGEA	-	170.000	11.952	0.20
Subrasante y/o Afirmado Existente	15.5	16.869	1.186	

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 11-14 Modelación por método AASHTO



Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela, Ingeniero Civil, Manizales, 2005.

Tipo de pavimento: ☒ Flexible ☐ Rígido

Confiabilidad (R) y desviación estándar (So):
 80 % $Z_r = -0.841$
 So: 0.49

Serviciabilidades inicial y final:
 PSI inicial: 4.2
 PSI final: 2.0

Tránsito de diseño: W18: 18000000

Pavimento flexible

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	SN necesario	Esesor D (plg)	Esesor D* (plg)	SN* dispuesto
1	310000	0.37	1.0	1.56	4.22	4.5	1.67
2	170000	0.20	0.9	1.56	-0.58	-0.5	1.08
3	170000	0.20	0.9	3.65	5.03	5.5	1.08
4	16869	MR					3.83 OK

W18 real: 2.49E+007

Calculo de W18 para un SN:
 SN: W18:

☐ Quitar el control de variables

GUÍA AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)
 Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO FLEXIBLE

Confiabilidad : 80 % $Z_r = -0.841$
 Desviación estándar (So) : 0.49
 PSI inicial : 4.20
 PSI final : 2.00
 Tránsito de diseño (W18) : 1.800E+007
 Módulo resiliente de la subrasante (Mr)-psi- : 1.687E+004

Capa	Módulo (psi)	a ()	m ()
1	3.100e+005	0.37	1.00
2	1.700e+005	0.20	0.90
3	1.700e+005	0.20	0.90

SN necesario: 3.65. SN dispuesto: 3.83

SN	D (plg)	D redon (plg)	D* (plg)	SN*
1.56	4.22E+00	4.50E+00	4.50E+00	1.67
1.56	-5.80E-01	-5.00E-01	6.00E+00	1.08
3.65	5.03E+00	5.50E+00	6.00E+00	1.08

Tránsito real para la estructura dispuesta : 2.495E+007

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción	Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	Rev: 1
		25-mayo-26

METODO MECANICISTA – ANALISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES, PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

A continuación, se presenta la verificación mecanicista de la estructura anteriormente propuesta

Estructura:

Carpeta Asfáltica = 15 cm – $E = 21795 \text{ Kg/cm}^2$ - $\mu = 0.35$

Base Granular Estabilizada con Emulsión MGEA= 25 cm – $E = 11952 \text{ Kg/cm}^2$ - $\mu = 0.35$

Subrasante $E = 1186 \text{ Kg/cm}^2$ - $\mu = 0.40$

Tabla 11-15 Modelación Mecanicista por WinDepav



WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Vásquez Varela, M.Sc.

Archivo DEPAV Acerca de

Descripción del proyecto (no use comas): DISEÑO LENGUAZAQUE

Archivo:

Número de capas: 2 3 4 5 6

Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuecamiento

Capa	E (kgf/cm²)	v	h (cm)	Liga	C*k1*(1/E)^k3	Daño por tensión k2	N esperado	Daño por compresión k4	k5	N esperado
1	21795	0.35	15	☒						
2	11952	0.35	25	☒						
3	1186	0.40		☒						

Carga en la superficie del pavimento

Seleccionar modelo de carga

Radio del área de contacto (cm) 10.80

Distancia entre ruedas (cm) 32.40

Presión de contacto (kgf/cm²) 5.594

IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba al correo electrónico: ingepav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.

Luis Ricardo Vásquez Varela, 2017.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX
		Rev: 1 25-mayo-26

Tabla 11-16 Resultado de la Modelación por Windepav

Resultados del análisis

Archivo

Descripción del proyecto

DISEÑO LENGUAZAQUE

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm)

10.80

Distancia entre los centros de las ruedas (cm)

32.40

Fresión de contacto de las ruedas (kg/cm²)

5.594

Posición del valor máximo para una carga

A

B

C

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (.csv)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahueamiento.

Número de capas

3

No.	E (kgf/cm²)	v	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm²)	Sigma Z (kgf/cm²)	Epsilon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Epsilon Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	2.180E+04	0.35	0.00	6.898E+00	5.598E+00	124.0			-62.4		
	Continuo		15.00	-9.106E-01	2.131E+00	-66.5			124.0		
2	1.195E+04	0.35	15.00	-1.071E-02	2.131E+00	-66.5			173.0		
	Continuo		40.00	-1.550E+00	2.825E-01	-99.2			108.0		
3	1.186E+03	0.40	40.00	7.974E-03	2.825E-01	-99.2			226.0		

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm)

22.38

Radio de curvatura (m)

450.21

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100)

10077.0

Salir y descartar los resultados

Con el empleo del SOFTWARE CEDAP se estiman los esfuerzos y deformaciones admisibles:

Estudios, Deformaciones y Deflexión Admisibles

Archivo

Resultados

Acerca de CEDAP

Proyecto

LENGUAZAQUE

Parámetros de Entrada

Tránsito

18000000 Ejes de 8.2 Ton.

Rigidez de Mezcla

2137 MPa

Vol. de Asfalto

10 %

Factor de Calaje

5

CBR Subyacente

15.5 %

Shell

NC = 50%

NC = 85%

NC = 95%

Calcular

Esfuerzos, Deformaciones y Deflexión Admisible

Deformaciones - SHELL

Defomación de Tracción

2.061E-04 strain

Defomación Vertical

2.753E-04 strain

Esfuerzo Vertical

Domon-Keshoven

1.785E+00 kg/cm²

CRR de Bélgica

5.617E-01 kg/cm²

Deflexión

Criterio de Yang Huang

4.482E-01 mm

Reporte

Salir

Archivo: Informe Diseño Pavimentos Lenguaquake V1.docx

55 de 61

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
		Rev: 1	25-mayo-26

CAPA	PARAMETRO	VALOR SERVICIO	VALOR ADMISIBLE		CUMPLE
CA	ϵ_r	66.5	<	206	SI
SUBRASANTE AFIRMADO Y/O	ϵ_z	226	<	276	SI
SUBRASANTE AFIRMADO Y/O	σ_z	0.282	<	1.79	SI
			<	0.562	SI
MODELO ESTRUCTURAL AHUELLAMIENTO	Δ	0.224	<	0.448	SI

Como se puede observar la estructura obtenida del modelo AASTHO 1993 cumple con los esfuerzos y deformaciones tanto en la carpeta asfáltica como el contacto del granular con el material de apoyo que en este caso corresponde al afirmado existente, obteniéndose así la siguiente estructura de pavimento:

Espesor	Material	Especificación INVIAS
7 cm	MD19	450-22
8 cm	MD-25	450-22
25 cm	MGEA BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON EMULSIÓN	340-22
80 cm	AFIRMADO EXISTENTE	Ver Tratamiento en el numeral 12.1

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción	Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
	Rev: 1	25-mayo-26

12. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Con base en los resultados del estudio geotécnico, la caracterización del afirmado existente y la estructura de pavimento diseñada para el tramo K3+750 – K4+227 de la vía Guachetá – Lenguaque, se presentan las siguientes recomendaciones constructivas orientadas a garantizar el desempeño estructural esperado, preservar el soporte del sistema existente y asegurar la durabilidad de la intervención durante su vida útil proyectada.

12.1 PERFILAMIENTO SUPERFICIAL Y PRESERVACIÓN DEL AFIRMADO EXISTENTE

El afirmado existente constituye un elemento estructural de alto valor para el sistema de soporte, con un CBR de diseño de 62.1% en condición saturada y un espesor promedio de 80 cm, que en conjunto con la subrasante aporta un módulo equivalente de 1.186 kg/cm². Por esta razón, se recomienda lo siguiente:

- a) **Escarificación superficial:** La preparación de la superficie de apoyo de la nueva estructura de pavimento debe limitarse a una escarificación superficial de perfilamiento, restringida únicamente a la regularización y nivelación de la plataforma existente, sin profundizar en el paquete de afirmado. No se deben realizar excavaciones que afecten la integridad ni el confinamiento del material granular en profundidad, dado que cualquier descapote o desconfinamiento innecesario reduce el módulo de soporte del sistema y puede comprometer el desempeño estructural diseñado.
- b) **Retiro de Sobretamaños:** Se deberá realizar un retiro de los sobre tamaños superiores a 1 ½" de acuerdo con la norma INVIAS 311-22 Afirmados".
- c) **Compactación:** Se debe humedecer el afirmado hasta alcanzar la humedad óptima y compactar al 95% del Proctor modificado hasta obtener una superficie homogénea con la superficie requerida, para garantizar que las capas superiores tengan los espesores definidos en toda el área.
- d) **Control de nivelación y perfilado:** El perfilamiento debe efectuarse con motoniveladora, garantizando pendientes transversales mínimas del 2% al 3% según se indica en diseño geométrico para facilitar el drenaje superficial de la plataforma. Las zonas donde se identifiquen deformaciones localizadas (baches, hundimientos) deben corregirse con material de igual o superior calidad granulométrica al afirmado existente.
- e) **Protección del afirmado durante la construcción:** El tráfico de maquinaria y equipo pesado sobre el afirmado perfilado debe minimizarse al máximo para evitar la generación de ahuellamientos y la pérdida de confinamiento del material fino.
- d) **Verificación de la capacidad de soporte antes de la pavimentación:** Se recomienda realizar ensayos de densidad en campo (cono y arena) sobre la plataforma perfilada y compactada, para verificar que los niveles de compactación alcanzados son acordes con los parámetros de diseño. En caso de identificarse sectores blandos o inestables,

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción	Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
	Rev: 1	25-mayo-26

deberán ser retirados y sustituidos por material que cumpla las especificaciones técnicas INVIAS 311-22 Afirmados y compactados al 95% del Proctor modificado.

12.2 OBRAS DE DRENAJE

El drenaje es el factor de mayor incidencia en la durabilidad de la estructura de pavimento, especialmente considerando que la zona del proyecto se ubica en el corredor Ubaté – Lenguaque – Guachetá, caracterizado por suelos con presencia de arcillas de alta plasticidad y subrasante de baja resistencia en condición saturada (CBR = 1.8%). La correcta ejecución de las obras de drenaje una recomendación generalizada para todo el corredor en lo que corresponde a Cunetas y alcantarillas, y en caso de ser necesario proyectar los filtros que se requieran.

12.3 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON EMULSIÓN (MGEA)

La base MGEA de 25 cm es el elemento estructural más crítico del diseño, dada la baja resistencia de la subrasante. Su correcta ejecución es determinante para el desempeño global de la estructura. Se recomienda:

- a) **Colocación en capas:** El material MGEA debe extenderse y compactarse en capas de espesor máximo de 15 cm (densificado), siguiendo las especificaciones del Artículo 340-22 del INVIAS. Cada capa debe ser verificada con ensayos de densidad en campo antes de proceder con la siguiente, garantizando un grado de compactación mínimo del 98% del Proctor Modificado.
- b) **Control de la emulsión y rotura:** El proceso de estabilización con emulsión debe seguir los parámetros de dosificación establecidos en el diseño de mezcla, controlando el contenido de humedad del granular previo a la aplicación. Debe verificarse la rotura completa de la emulsión antes de iniciar la compactación final, y el curado de la capa debe completarse antes de la colocación de la carpeta asfáltica.
- c) **Imprimación:** Una vez terminada y curada la base MGEA, debe aplicarse riego de imprimación (MC-30 o equivalente) en los días previos a la colocación de la mezcla asfáltica, garantizando la adherencia y la protección superficial contra la acción del agua. No debe permitirse tráfico sobre la base imprimada sin la aplicación de la carpeta asfáltica correspondiente.

12.4 COLOCACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA

La carpeta asfáltica está compuesta por dos capas de mezcla densa en caliente: 8 cm de MD-25 como capa intermedia y 7 cm de MDC-19 como capa de rodadura. Para su correcta ejecución se recomienda:

- a) **Temperatura de colocación y compactación:** La mezcla asfáltica debe colocarse dentro del rango de temperatura definido en el diseño de mezcla Marshall y en las especificaciones del Artículo 450-22 del INVIAS, evitando la colocación en condiciones

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción	Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
	Rev: 1	25-mayo-26

de lluvia o cuando la temperatura ambiente sea inferior a 10°C, condición susceptible de presentarse en el altiplano Cundiboyacense. La compactación debe iniciarse tan pronto la mezcla sea trabajable y concluirse antes de que la temperatura descienda por debajo de los 80°C.

- b) **Riego de liga entre capas:** Entre la capa de MD-25 y la MDC-19 debe aplicarse un riego de liga con emulsión asfáltica de rotura rápida (CRR-1 o equivalente), garantizando la adherencia entre capas y evitando el deslizamiento o desprendimiento de la rodadura bajo carga de tráfico.
- c) **Juntas de construcción:** Las juntas longitudinales y transversales de construcción deben ejecutarse correctamente, asegurando cortes verticales limpios en caliente, aplicación de liga en las caras expuestas y continuidad en la compactación en la zona de junta. Las juntas longitudinales deben desplazarse al menos 15 cm respecto a las de la capa inferior para evitar planos de debilidad coincidentes.

12.5 EMPALMES CON LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE

El tramo a intervenir colinda con sectores de carpeta asfáltica en buen estado, construidos durante las intervenciones anteriores. Para garantizar la continuidad estructural e hidráulica del corredor, se recomienda:

- a) **Corte recto en cabezas de pavimento:** Los empalmes con el pavimento existente deben realizarse mediante corte vertical recto perpendicular al eje de la vía, eliminando los bordes irregulares o degradados que puedan generar discontinuidades estructurales o infiltración de agua. La carpeta existente en buen estado debe aprovecharse como apoyo, aplicando liga en la interfaz antes de la colocación del material nuevo.
- b) **Transición de cotas de rasante:** Debe verificarse que las cotas de rasante del tramo nuevo sean compatibles con las del pavimento existente en los puntos de empalme, garantizando una transición suave sin escalones que representen riesgo vial o concentración de esfuerzos en la junta.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción	Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX	
	Rev: 1	25-mayo-26

13. CONCLUSIONES

El presente informe de diseño de pavimentos para el proyecto de Mejoramiento de la Vía entre el municipio de Guachetá y Lenguaque, Departamento de Cundinamarca, permitió analizar de manera integral las condiciones geotécnicas, climáticas, de tránsito y estructurales del tramo de intervención comprendido entre el K3+750 y el K4+227, con una longitud aproximada de 477 metros. A continuación, se presentan las principales conclusiones derivadas del estudio:

- La visita de campo permitió constatar que el tramo objeto de intervención presenta condiciones de deterioro variable en su superficie de rodadura. Se identificaron dos situaciones críticas: sectores con carpeta asfáltica o tratamiento superficial con alto grado de deterioro manifestado en piel de cocodrilo y pérdida de carpeta, y sectores sin carpeta asfáltica donde la rodadura se apoya directamente sobre material de afirmado con deformaciones asociadas al empozamiento de agua y dinámica del tráfico pesado. Estas condiciones generan un nivel de servicio bajo, con impacto directo en las velocidades de recorrido, los costos de operación vehicular y el mantenimiento vial.
- Los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras inalteradas de la subrasante arrojaron valores de CBR en humedad natural entre 9.9% y 22.82% (promedio de 14.47%), mientras que en condición sumergida los valores varían entre 0.87% y 3.81% (promedio de 2.67%). Aplicando el método del percentil del Instituto del Asfalto para el número de ejes equivalentes de diseño, se determinó un CBR de diseño de 1.8% para la subrasante, correspondiente a un módulo resiliente de 3.722 PSI (262 kg/cm²). Este valor clasifica la subrasante como de resistencia baja (S1), lo que justifica la necesidad de una estructura de pavimento robusta y reforzada para garantizar la vida útil proyectada.
- El material de afirmado existente presentó valores de CBR en condición saturada entre 27.2% y 85.2%, con un CBR de diseño de 62.1% en la condición más crítica (saturación), equivalente a un módulo resiliente de 18.102 PSI (1.273 kg/cm²). Considerando el aporte conjunto del afirmado existente (espesor promedio de 80 cm) sobre la subrasante, mediante la fórmula de Ivanov se obtuvo un módulo equivalente del estrato de soporte de 1.186 kg/cm², correspondiente a un CBR equivalente de 15.5%, valor que incorpora el soporte real del sistema existente y que fue utilizado como parámetro de entrada en el diseño estructural.

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA ENTRE EL MUNICIPIO DE GUACHETA Y LENGUAZAQUE, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	
Informe de especialidad de ingeniería pavimentos para para construcción		Doc: INFORME DISEÑO PAVIMENTOS LENGUAZAQUE V1.DOCX Rev: 1 25-mayo-26

- Con base en la información de tránsito del contrato ICCU-087-2021 y el análisis de proyecciones para los escenarios moderado y optimista del corredor Boquerón – Guachetá, se determinó un número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño de 18.000.000 ESAL para un periodo de diseño de 10 años bajo el escenario optimista. Este valor corresponde a una vialidad de tránsito medio-alto, consistente con la categoría de la vía como carretera de segundo orden según la Resolución 263 de 2018 del INVIAS.
- Empleando el método AASHTO 1993 con los parámetros de confiabilidad $R = 80\%$, desviación estándar $S_o = 0.49$, índice de serviciabilidad inicial $P_i = 4.2$ y final $P_t = 2.0$, coeficiente de drenaje de 1.0 para la carpeta asfáltica y 0.9 para los materiales granulares, se diseñó la siguiente estructura de pavimento flexible:

Capa de Rodadura: 7 cm de Mezcla Densa en Caliente MDC-19 (Especificación INVIAS 450-22)

Capa Intermedia: 8 cm de Mezcla Densa en Caliente MDC-25 (Especificación INVIAS 450-22)

Base: 25 cm de Base Granular Estabilizada con Emulsión MGEA (Especificación INVIAS 340-22)

Los coeficientes estructurales adoptados fueron $a_1 = 0.37$ para el concreto asfáltico (módulo de 310.000 PSI) y $a_2 = 0.20$ para la base granular estabilizada con emulsión (módulo de 170.000 PSI), valores consistentes con las temperaturas medias anuales de la zona del proyecto.

- La estructura diseñada fue sometida a verificación mecanicista mediante el software CEDAP (método de análisis de esfuerzos y deformaciones para pavimentos flexibles – WinDepav), confirmándose que todos los parámetros estructurales cumplen los valores admisibles: la deformación horizontal en la carpeta asfáltica ($\epsilon_r = 66.5 \mu\epsilon$) es inferior al límite admisible ($206 \mu\epsilon$); la deformación vertical en la subrasante ($\epsilon_z = 226 \mu\epsilon$) cumple frente al límite ($276 \mu\epsilon$); el esfuerzo vertical sobre la subrasante ($\sigma_z = 0.282 \text{ kg/cm}^2$) es inferior al admisible (1.79 kg/cm^2); y el modelo estructural de ahuellamiento ($\Delta = 0.224 \text{ cm}$) es inferior al límite de 0.448 cm. Estos resultados validan la idoneidad técnica de la estructura propuesta para las condiciones de tránsito y soporte del proyecto.