MEJORAMIENTO A NIVEL DE PAVIMENTO DE LA VÍA CHITAMENA ALTO – DELICIAS EN EL MUNICIPIO DE TAURAMENA, DEPARTAMENTO DE CASANARE.

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO



DIEGO LEONARDO GONZALEZ PINZON
Ing. Civil – Esp. Geotecnia Vial y Pavimentos

Tauramena, Agosto de 2023

TABLA DE CONTENIDO

1INTRODUCCIÓN 7
2ALCANCE Y OBJETIVOS DEL DISEÑO 8
2.1 ALCANCE 8
2.2 OBJETIVO GENERAL 8
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
3METODOLOGIA DE TRABAJO 9
4LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 10
4.1 Localización particular 10
5CATEGORIZACION DEL CLIMA POR TEMPERATURA 11
6PERFIL DEL SUELO 14
6.1 ESTIMACIÓN RELACIÓN DE SOPORTE CBR 14
6.2 EXPANSION DE LA SUBRASANTE 15
7ANÁLISIS DE TRÁNSITO 16
8DISEÑO ESTRUCTURAL METODOLOGÍA AASHTO 93 16
8.1 SECTORIZACIÓN DE TRAMOS HOMOGÉNEOS 17
8.2 Mejoramiento por método Ivanov 17
8.3 PERÍODO DE DISEÑO 18
8.4 CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE 19
8.5 MODELACIÓN ESTRUCTURAL METODOLOGIA DE LA AASHTO 19
8.5.1 Parámetros generales de diseño 19
8.5.2 Nivel de confiabilidad y desviación estándar 20
9CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 24

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS 16
TABLA 2: CLASIFICACIÓN NIVELES DE TRÁNSITO 16
TABLA 4. CATEGORÍAS DE SUBRASANTE 19
TABLA 5. NIVEL DE CONFIABILIDAD POR FUNCIONALIDAD SEGÚN AASHTO-93 20
TABLA 6. COEFICIENTES ESTRUCTURALES *AI* 21
TABLA 7. COEFICIENTES DE DRENAJE. FUENTE: GUÍA DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – AASHTO 93 22

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO 10
ILUSTRACIÓN 2. TMAP ESTACIÓN TAURAMENA= 26.75° C 12
ILUSTRACIÓN 3 VARIACIÓN DE TEMPERATURA ESTACIÓN AGUAZUL 13
ILUSTRACIÓN 4 VARIACIÓN DE TEMPERATURA ESTACIÓN HUERTA LA GRANDE 13
ILUSTRACIÓN 5 VARIACIÓN DE TEMPERATURA ESTACIÓN TAURAMENA 14
ILUSTRACIÓN 6. CBR´S DE DISEÑO 15

GLOSARIO

Asfalto	Mezcla sólida y compacta de hidrocarburos y minerales que se emplea en el pavimento de calzadas.
Base Granular	Capa granular de un pavimento flexible situada inmediatamente debajo de la capa asfáltica.
Calzada	Zona de la vía destinada a la circulación de los vehículos.
Capa:	Parte de la subrasante o del pavimento constituida por materiales homogéneos dispuestos, generalmente con espesor uniforme.
Capa Asfáltica De Rodadura	Capa superior de un pavimento flexible.
Capacidad Vial	Es el número máximo de vehículos que pueden circular por una u otra vía durante un periodo de tiempo determinado, sin que se presenten demoras ni restricciones en la libertad de movimiento de los vehículos.
Carga Equivalente De Diseño	Carga de 80 KN por eje simple con sistema de rueda doble utilizada como referencia para la evaluación de diseño de pavimentos asfálticos.
Carretera	Vía diseñada para el tránsito de vehículos terrestres automotores.
Carril	Parte de la calzada que puede acomodar una sola fila de vehículos de cuatro o más ruedas.
Mezcla Asfáltica	Material utilizado en la ingeniería de pavimentos, formada por una combinación de agregados pétreos y un producto asfáltico.
Módulo Resiliente	Caracteriza el comportamiento a deformación elástica de suelos. En un ensayo triaxial de carga repetida a presión de confinamiento constante, es la relación entre el esfuerzo desviador y la deformación elástica unitaria axial.
Número De Ejes Equivalentes	Es el número de pasadas de un eje tipo que producirán en un pavimento el mismo grado de fallos que el ocasionado por el conjunto de los ejes del tránsito pesado real que circule por el mismo.
Número Estructural	Es un número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido, para una combinación dada de soporte del suelo de subrasante, del tránsito, de

	la condición inicial y final de servicio y de las condiciones ambientales.
Pavimento	Conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados, colocados sobre la sub rasante para permitir la circulación de vehículos, en las debidas condiciones de seguridad y comodidad, de manera que los esfuerzos trasmitidos al suelo de fundación sean admisibles para este.
Periodo De Diseño	Lapso de tiempo transcurrido desde que un pavimento nuevo o recién rehabilitado se da al servicio, hasta que alcanza su índice de servicio terminal.
Rasante	Línea longitudinal de una calzada que representa los niveles del centro de la superficie de rodadura a lo largo de la calzada.
Subbase	Capa de material granular situada entre la base granular de un pavimento y la sub rasante.
Subrasante	Es la capa de suelo que constituye la parte superior de las explanaciones, sobre la cual se construye el pavimento, siendo su función básica proporcionar a este un apoyo adecuado.
Tránsito	Acción de desplazamiento de personas, vehículos y animales por las vías.
Vía	Zona de uso público o privado abierta al público destinada al tránsito de público, personas y/o animales.

1 INTRODUCCIÓN

Siendo la infraestructura vial un factor relevante para el desarrollo de una sociedad y con el fin de mejorar la infraestrucura vial terciaria y la calidad de vida de los habitantes de la zona veredal del municipio de Tauramena, se desarrollaron los estudios y diseños para el "MEJORAMIENTO A NIVEL DE PAVIMENTO DE LA VÍA CHITAMENA ALTO – DELICIAS EN EL MUNICIPIO DE TAURAMENA, DEPARTAMENTO DE CASANARE", de esta forma contribuyendo al desarrollo del departamento y principalmente al municipio de Tauramena en su zona rural. La construccion de este pavimento facilitara la interconexion desde la Marginal de la Selva ruta nacional 65 con el area rural, especificamente las veredas Chitamena Alto y Las Delicias; de esta manera los habitantes del sector se beneficiaran al dinamizar sus actividades económicas y mejorando su calidad de vida.
La selección del tipo de pavimento se determinada por una serie de variables entre las que están los criterios técnicos, los factores económicos de la zona, las fuentes de materiales, su idoneidad y distancia de acarreo, ahorros en energía, materiales y otros que en determinadas ocasiones pueden determinar la decisión para construir un pavimento, es importante conocer las fuentes de materiales porque de estas depende la continuidad de la construcción de un proyecto vial, es decir el suministro de los materiales pétreos deberá estar disponible a petición del contratista, evitando asi una paralisis en los frentes de trabajo por causa de la fuente que los suministra.

El presente informe contempla la ubicación geografica de la zona donde se ejecutara el proyecto una breve descripcion del estado actual de la via, y definición de la estructura del tramo a pavimentar de 6.589,65 m.

Para el diseño del pavimento, se usó el dimensionamiento de estructura de pavimento flexible convencional y pavimento rígido por medio del algoritmo basico de AASHTO del año 1993.

Teniendo en cuenta el levantamiento topografico, visitas de campo realizadas y la informacion obtenida de los estudios de suelos realizados a la subrasante por medio de exploracion directa y asi lograr determinar con el ensayo de la relación soporte california (CBR) la calidad relativa del suelo de cada uno de los tramos, el diseño de la estructura del pavimento se realizó para una longitud de 6.589,65 m.

2 ALCANCE Y OBJETIVOS DEL DISEÑO

2.1 ALCANCE

El alcance del estudio es realizar el análisis de la información obtenida de los estudios de suelos, visitas a la zona de influencia, información suministrada por la comunidad y observación del tipo de uso que se le da a las vías.

Clasificar el tramo según sus condiciones geotécnicas, para posteriormente determinar dos estructuras de pavimento flexible, según las condiciones de tránsito del tramo vial en estudio.

En este informe se plasmarán los componentes de la estructura de pavimento para cada uno de los tramos que garantice a los usuarios de la vía durante todo el período de diseño, las condiciones de confort, velocidad, economía y seguridad, con las condiciones de tránsito y el clima de la zona.

2.2 OBJETIVO GENERAL

A partir del análisis de los resultados de laboratorio tomados sobre materiales existentes de la subrasante y de la proyección de transito determinada para las condiciones de operación de la vía, se busca diseñar la alternativa de estructura de pavimento, para las solicitaciones de carga y los requerimientos de pendientes y estado de la subrasante encontradas en la prospección geotécnica y requeridas en el periodo de diseño determinado.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar los resultados de soporte de la subrasante para determinar los tramos críticos y tomar decisiones que permitan su mejoramiento.
- ✓ Realizar el dimensionamiento de la estructura de pavimento flexible y/o rígido, considerando un diseño que garantice el servicio óptimo para el periodo de tiempo que fue diseñado.
- ✓ Definir las características de los materiales a utilizar para la construcción del tipo de pavimento a construir, recomendaciones constructivas correspondientes, para flexible o rígido.

3 METODOLOGIA DE TRABAJO

A continuación, se presenta la metodología general empleada en la evaluación y el diseño de las estructuras de pavimento.

- Evaluación de los materiales de la subrasante existente. Se realizaron apiques, con el fin de determinar el perfil estratigráfico y conocer las características de la subrasante, información que es de gran importancia para definición de las nuevas estructuras de pavimentos (Capitulo - Estudio de Suelos).

- Cálculo del tránsito. Basados en lo observado en las visitas a campo, en la información suministrada por la comunidad, los antecedentes de baja movilidad en las vías y los aforos realizados, se considera aplicar los diseños con los manuales de diseños de pavimentos asfalticos para vías con bajos volúmenes de tránsito y el de medios y altos volúmenes del INVIAS. (ver capítulo Estudio de transito).

- Unidades de diseño. identificar tramo de diseño de acuerdo al análisis geotécnico.

- Diseño de estructura. Usando el procedimiento de diseño para estructura de pavimento flexible, basado en la metodología de AASHTO 1993, el diseño consiste en encontrar un numero estructural SN, donde el pavimento pueda soportar las condiciones del tráfico que se requiere, es importante tener en cuenta un factor muy importante como el clima para el diseño del pavimento, por lo anterior en el presente informe se consideraron las condiciones climáticas de la zona.

4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Tauramena está ubicado al sur-occidente del departamento de Casanare, tiene una extensión de 2607 km2, donde su cabecera municipal está localizada en las coordenadas Latitud Norte 5° 01’ 00’’ y Longitud Oeste 72° 45’ 00’’ con una altura media de 460 msnm, su extensión urbana es de 2.44km2, extensión área rural de 2604.75km2; se encentra localizado aproximadamente a 66 km de Yopal ciudad capital del departamento.

Su Temperatura media es de 25.3 ºC en su parte plana, con valores máximos que oscilan entre 33.6 ºC y 39.8 ºC y mínimos que oscilan entre 12 ºC y 19 ºC.

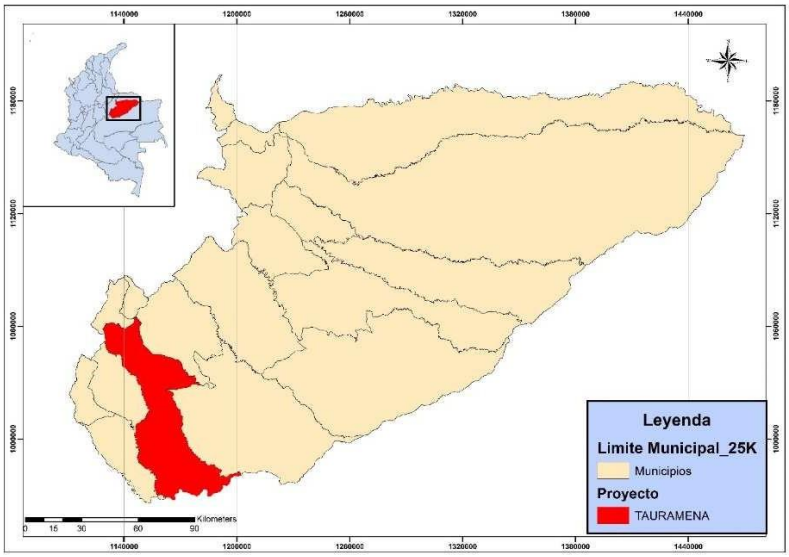


Ilustración 1. Localización general de la zona de estudio.

4.1 Localización particular

El proyecto se ubica en cercanías al rio Chitamena en la vía de tercer orden de la vereda Alto – Delicias del municipio de Tauramena, departamento de Casanare. Iniciando en proximidad con la intersección del corredor vial Villavicencio - Yopal, de la Concesionaria Vial del Oriente - COVIORIENTE, correspondiente a la ruta nacional 65 del código vial 6512; el punto de acceso está ubicado aproximadamente en el PR 37+520 de este corredor vial. el tramo del proyecto inicia en las coordenadas Norte: 1035749,742; Este: 822766,825; Cota: 267 msnm y finalizando en las coordenadas Norte:

1035934,425; Este: 816768,458; Cota: 400 msnm (Sistema de coordenadas Magna Colombia Bogotá).

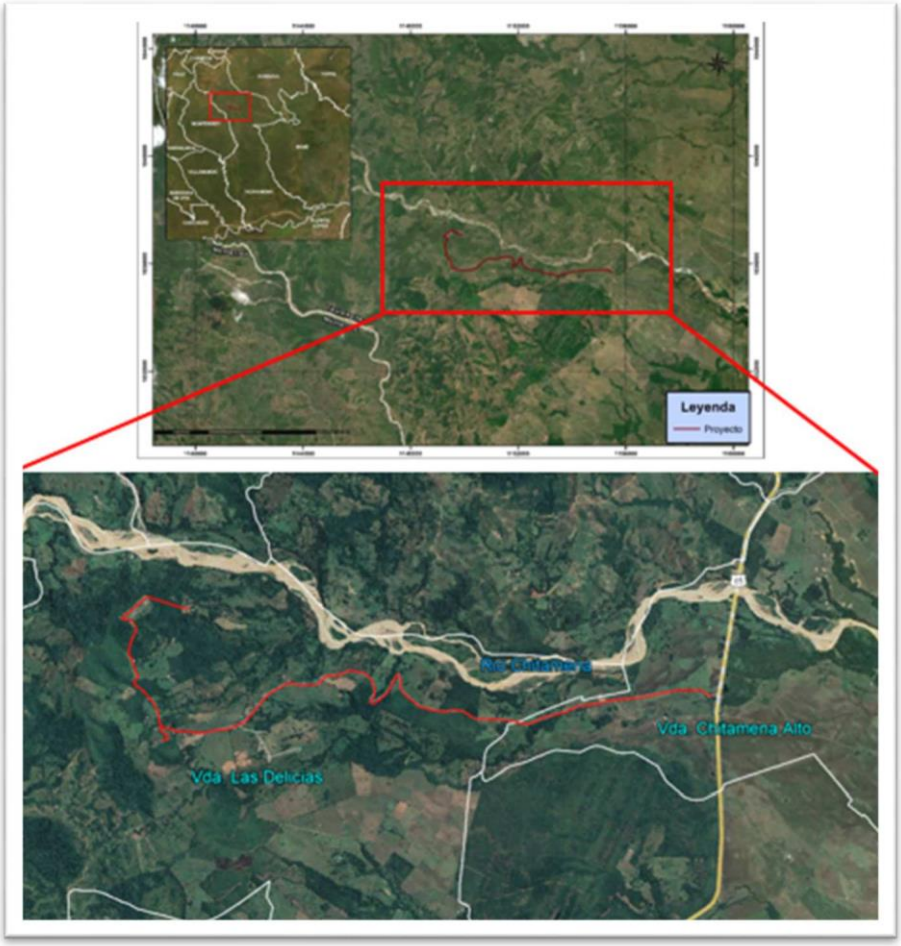


Ilustración 2. Localización particular de la zona de estudio.

5 CATEGORIZACION DEL CLIMA POR TEMPERATURA

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un lapso y en un lugar o región dada, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático (atmósfera, hidrósfera, litósfera, criósfera, biósfera y antropósfera).

El clima de la Tierra depende del equilibrio radiactivo de la atmósfera, el cual a su vez depende de la cantidad de la radiación solar que ingresa al sistema y de la concentración atmosférica de algunos gases variables que

ejercen un efecto invernadero (gases traza con actividad radiactiva), de las nubes y de los aerosoles. Estos agentes de forzamiento radiactivo, varían tanto de forma natural como por la actividad humana, produciendo alteraciones en el clima del planeta.

Criterios de evaluación

El criterio para categorizar el clima de la zona del proyecto desde el punto de vista de la temperatura se basa en la temperatura media diaria del aire ponderada TMAP.

La temperatura media, para el sector, se describe de manera aceptable mediante los registros obtenidos de las estaciones y su posterior interpolación para la zona de estudio, siendo el valor medio anual de 26,75 °C.

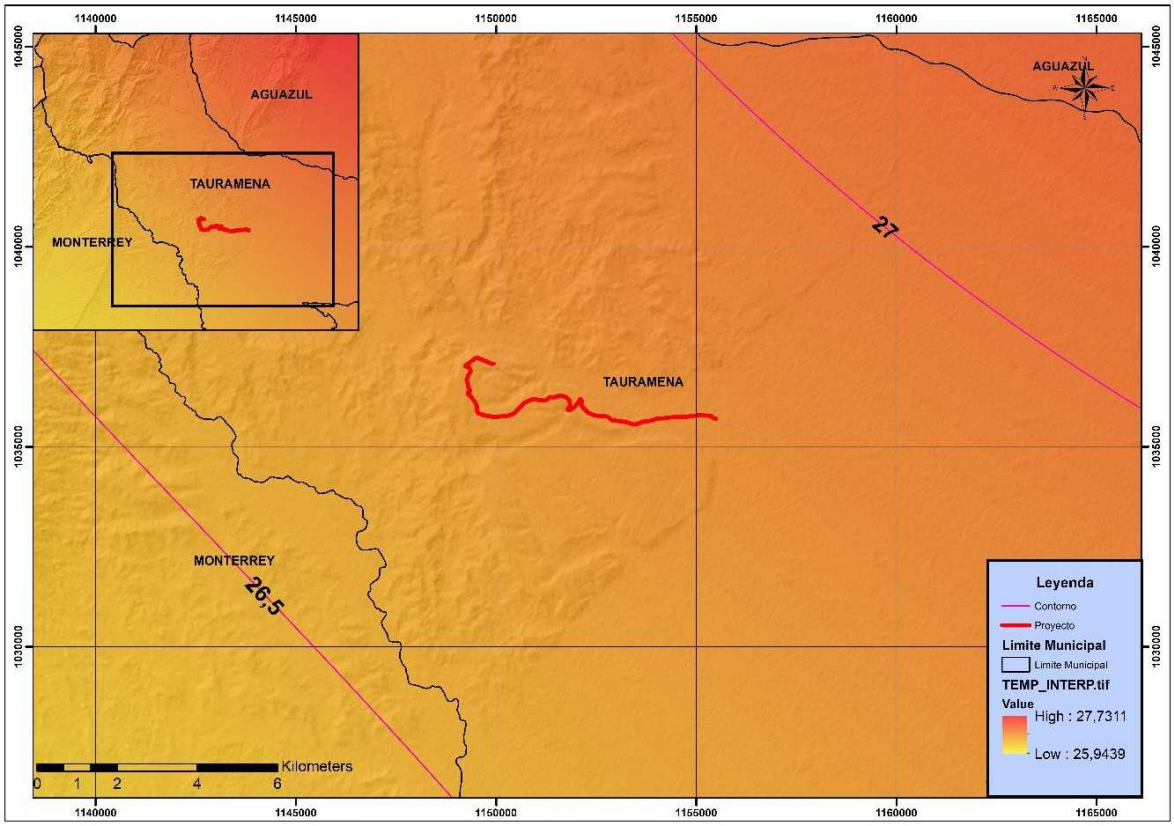


Ilustración 2. TMAP Estación Tauramena= 26.75° C
Fuente: IDEAM.

Se presentan las gráficas de variación de temperatura para la zona de estudio.

GRAFICAS VARIACIÓN DE TEMPERATURA AL AÑO (ºC / Mes)

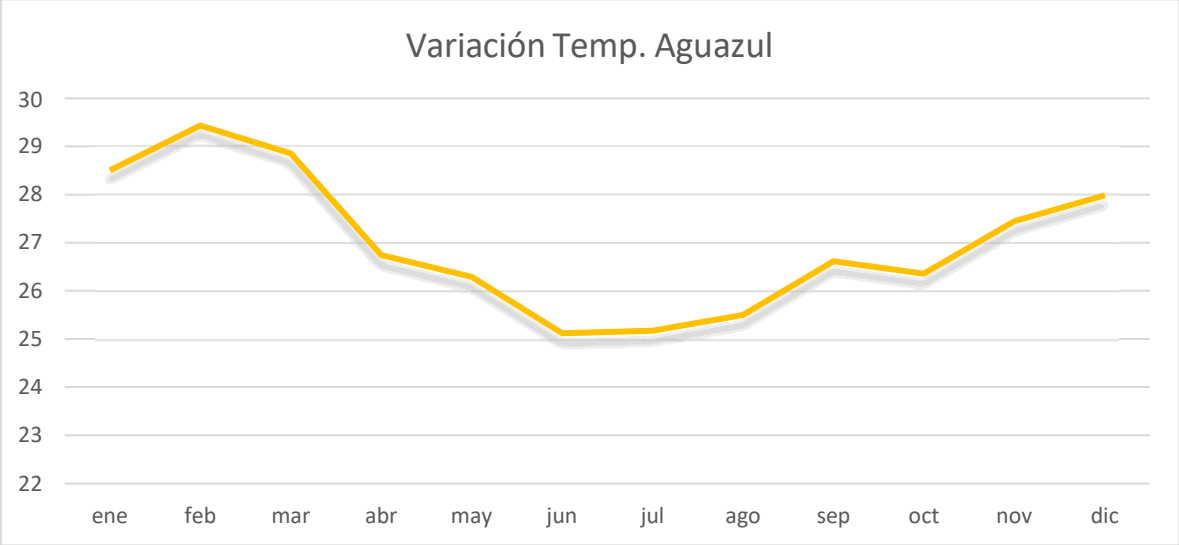


Ilustración 3 Variación de temperatura Estación Aguazul

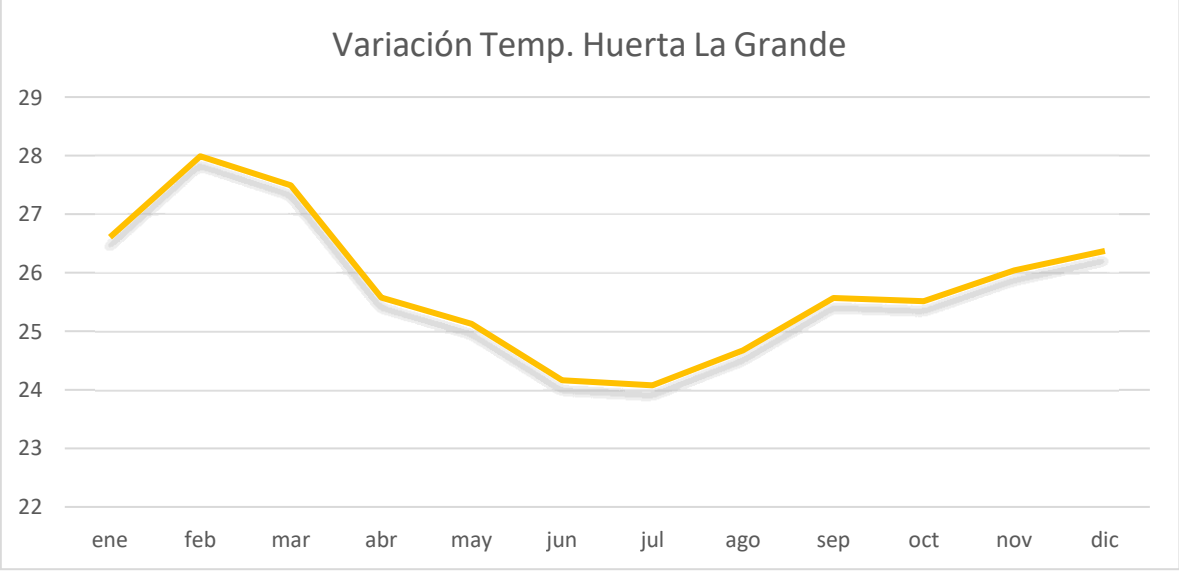


Ilustración 4 Variación de temperatura Estación Huerta La Grande

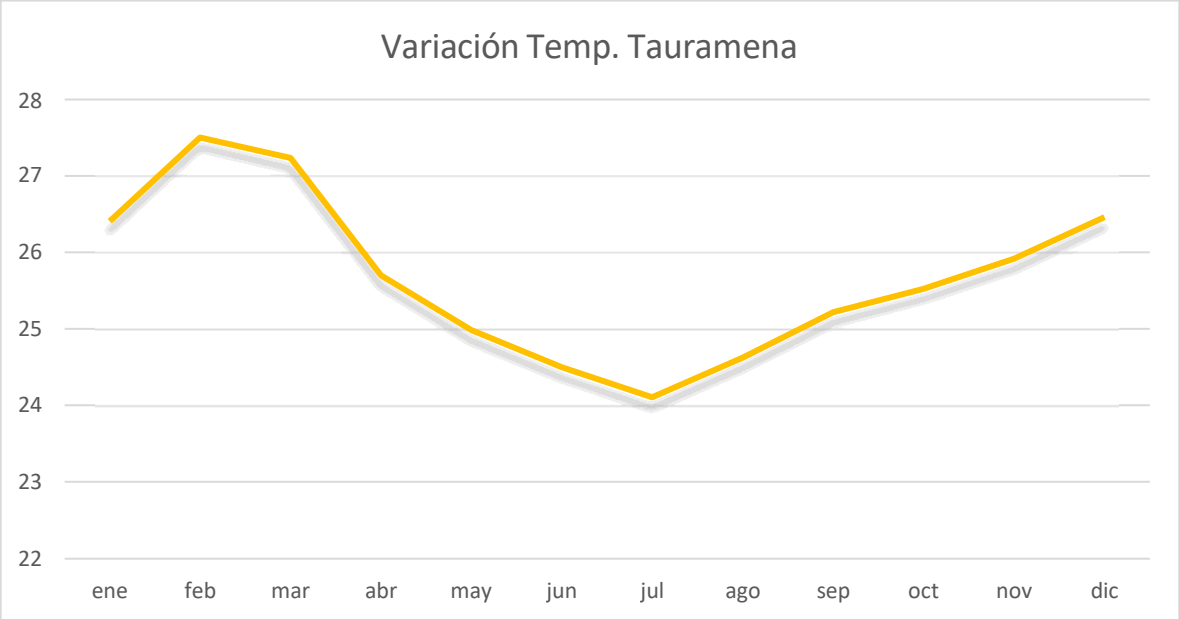


Ilustración 5 Variación de temperatura Estación Tauramena

Se observa una variación de temperatura poco significativa para cada una de las estaciones analizadas, alrededor de ± 3 ºC. Para la zona donde se ubica el tramo de vía a intervenir esta variación es igualmente menos significativa.

6 PERFIL DEL SUELO

Basados en la información de la exploración de campo y resultados de laboratorio, donde se realizó caracterización morfológica del suelo en estudio, se logra determinar que este tiene variaciones geotecnias a lo largo del tramo (Ver estudio de Suelos).

6.1 ESTIMACIÓN RELACIÓN DE SOPORTE CBR

Sobre los apiques realizados en la zona del proyecto se hicieron ensayos para estimar la relación de soporte del suelo con probetas inalteradas y ensayadas en condición de humedad natural y luego de inmersión.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la exploración geotécnica, se ha realizado el proceso de análisis de posible sectorización de tramos homogéneos, obteniendo como resultado dos CBR'S de diseño.

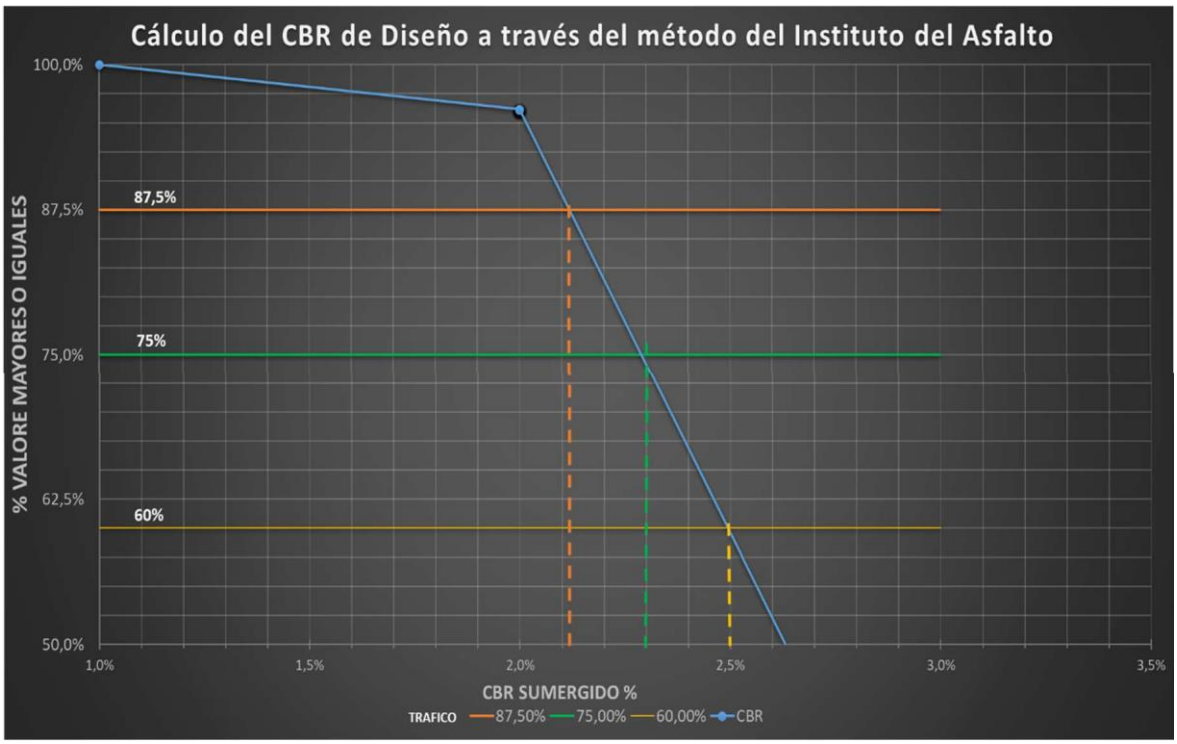


Ilustración 6. CBR´S De Diseño.
Fuente: Elaboración propia.

Único Tramo: CBR de diseño es 2.5% para tráfico liviano (60%), 2.3% para un tráfico medio (75%), 2.1% para tráfico pesado (87.5%); según la clasificación dada por el INVIAS, es una subrasante de comportamiento bueno.

6.2 EXPANSION DE LA SUBRASANTE

Según reportes del estudio de suelos, no se encontró presencia de agua hasta nivel de la subrasante y de acuerdo a los ensayos de clasificación y reporte de CBR no se espera que se presenten cambios de volumen significativos en términos de expansión o contracción por cambios en el contenido de agua del suelo durante época de invierno. En todo caso, la estabilidad volumétrica de la subrasante se puede evaluar teniendo en cuenta los criterios mostrados en la siguiente Tabla No 1 y que como se evidencia al comparar con los valores de IP obtenidos en los sondeos del estudio de suelos son menores al 18%, el potencial del suelo del sector es bajo.

LL %	IP%	Hinchamiento potencial %	Clasificación del hinchamiento potencial
>60	> 35	> 1,5	Alto
50-60	25 – 35	0,5 – 1,5	Marginal
< 50	< 25	< 0,5	Bajo

Tabla 1. Clasificación de suelos expansivos
Fuente: Manual de diseño de pavimentos INVIAS.

7 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

El principal objetivo del estudio vehicular es el de determinar la magnitud del tráfico, identificando la composición de los mismos y calculando el Tránsito Promedio Diario; el cual se proyectó para un periodo de 15 años como se ha evaluado en el Capitulo: Estudio de Transito, donde se calculo un transito con valor de 9.126 E+04 ejes equivalentes de 80 kN. Clasificandose como T1 = <150.000, según manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito del INVIAS.

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN durante el período de diseño en el carril de diseño
T1	< 150.000
T2	150.000 - 500.000

Tabla 2: Clasificación Niveles de tránsito.
Fuente: manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito del INVIAS.

8 DISEÑO ESTRUCTURAL METODOLOGÍA AASHTO 93

A continuación, se exponen las hipótesis y consideraciones realizadas para el dimensionamiento de las estructuras de pavimentos, es necesario resaltar que las condiciones de diseño empleadas, están acordes con el ejercicio de la buena ingeniería y con lo recomendado por las metodologías de diseño.

La estructura de pavimento está constituida por un conjunto de varias capas superpuestas, con diferentes características que varían de acuerdo a sus propiedades geomecánicas. El número de capas estructurales que requiere el pavimento para soportar el tránsito de diseño, varía en función de la calidad que tenga la subrasante en lo referente a su valor de soporte, además de los valores que, en función de las condiciones de sitio, se adopten para el desarrollo del diseño.

La estructura de pavimento que se plantea en el presente estudio, fue diseñada para resistir de forma adecuada las solicitaciones que le sean impuestas por los vehículos que transiten sobre ella durante el periodo de diseño y de esa manera prestar una adecuada seguridad y comodidad al usuario.

Para la determinación de los espesores que conformarán las estructuras del pavimento flexible, se realizó por la metodología AASHTO 1993.

8.1 SECTORIZACIÓN DE TRAMOS HOMOGÉNEOS

Para este diseño de estructura de pavimento no se clasifica la existencia de diferentes tramos homogéneos, y se determina la existencia de una sola unidad homogénea a lo largo del corredor vial, esta conclusión luego de analizar los resultados de ensayo de CBR, donde se reportan valores inferiores al 3% de la capacidad portante de la subrasante.

8.2 Mejoramiento por método Ivanov.

Este método de Ivanov permite plantear un mejoramiento físico como capa de refuerzo de la subrasante a lo largo del corredor vial en estudio, dado que el CBR de diseño determinado es del 2.5%, para soportar la estructura del pavimento y prestar un adecuado servicio, se debe mejorar su capacidad estructural; se determinará un espesor cuyo modulo junto con el de la subrasante genere un módulo equivalente característico de suelos que no necesitan estabilización. El espesor de la capa estabilizante está dado por la siguiente ecuación:

$$E_{eq} = \frac{E_{SR}}{1 - \frac{2}{\pi}\left[1 - \frac{1}{n^{3,5}}\right]\tan^{-1}\left[n\,x\,\frac{H_{ref.}}{2a}\right]}$$

$$\sqrt[2,5]{\frac{E_{ref.}}{E_{SR}}}$$

Donde:

Esr= Modulo de la subrasante.

n= Modulo ponderado de las capas.



Href= Espesor de refuerzo.

Esr o **E**inf= Modulo de la subrasante.

Eref o **E**sup= Modulo de la capa de refuerzo.

a= 15cm (área de radio de carga).

2a= 30 cm

MODULO =E, MR

CBR <10 Mr= 100*CBR

CBR >=10 Mr= 130*CBR^0,714

Variables - Const.	CBR	kg/cm2
Mrsbr		200
CBR Subrasante	**2,5**	
CBR Mej.	10	
Eref.		673
ESR		250
n	1,49	
n 3,5	4,00	
Href. **CM:**	**30**	
a cm (radio de carga)	15	
2a cm	30	
E eq		469,18
CBR Req.	**4,69**	

Con 30 cm de capa de refuerzo, de crudo de 3”, se obtiene mejoramiento de la subrasante con CBR de 4.69%.

8.3 PERÍODO DE DISEÑO

Tenido en cuenta que el nivel de transito es bajo, el manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito del INVIAS considera que por la operación de la estructura la entidad encargada de su construcción asumirá el mantenimiento de la misma, por lo tanto, se establece un periodo de diseño de diez (10) años.

8.4 CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE

Una vez identificadas las fronteras del único segmento a lo largo del proyecto, se procede a realizar la investigación geotécnica, mediante sondeos se logra determinar que el comportamiento de la sub-rasante, también se ha determinado el espesor medio del suelo existente, el cual no se tiene en cuenta para incluirlo en el diseño, ya que la vía actual presenta problemas en el cumplimiento de requisitos geométricos y se ha rectificado en sus alineamientos vertical y horizontal, una vez obtenidos los resultados de laboratorio y el porcentaje de CBR se clasifica la sub rasante según su calidad.

CLASIFICACION DE LA SUBRASANTE			
CATEGORIA	CBR%	INTERVALO MODULO RESILIENTE DE DISEÑO Mr (Mpa)	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE
S1	≤ 3	< 35	Malo
S2	3-5	35- 50	Regular
S3	6-10	55 - 80	Bueno
S4	>10	80 - >100	Muy Bueno

Tabla 3. Categorías de subrasante
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los valores obtenidos de las exploraciones geotecnias realizadas y tal como lo demuestran los resultados del informe de exploración geotécnica desarrollados por el laboratorio W Ingeniería & Laboratorio, se determina que la subrasante es tipo S1 para la longitud total del corredor, en la información de los reportes de Ensayos de C.B.R Sobre muestra inalterada suministrada por el laboratorio, se evidencia que estos resultados se encuentran entre el 2.0% y 3.0 % de la capacidad de resistencia de la subrasante, para el diseño de pavimento, es importante realizar mejoramiento de la subrasante.

8.5 MODELACIÓN ESTRUCTURAL METODOLOGIA DE LA AASHTO

8.5.1 Parámetros generales de diseño

La ecuación AASHTO, constituye la herramienta de diseño con la cual se calculan las alternativas estructurales con base en los siguientes parámetros generales.

8.5.2 Nivel de confiabilidad y desviación estándar

Confiabilidad

Para el diseño de pavimentos, se entiende el nivel de confiabilidad como la probabilidad de que una sección diseñada, esta se comportará a satisfacción bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el período de diseño.

Este factor de diseño tiene en cuenta variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito, como en la predicción del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza (R) en que los tramos del pavimento sobrevivirán al periodo para el cual fueron diseñados. (American Association of State Highway and Transportation officials, 1993).

Se ha tomado a consideración adoptar un nivel de confiabilidad en el diseño del ochenta y cinco por ciento (85%). Lo anterior significa que existiría el ochenta y cinco por ciento de probabilidad de que el pavimento llegue a su falla funcional después de que se haya acumulado el número de ejes de 80 kN previstos para el diseño. Así mismo, existiría el quince por ciento (15%) de probabilidad de que el pavimento alcance su falla antes que se acumule el tránsito de diseño.

Clasificación funcional	Nivel de Confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Tabla 4. Nivel De Confiabilidad Por Funcionalidad Según Aashto-93.
Fuente: AASHTO-93.

Es pertinente aclarar que al aplicar el algoritmo de diseño se está considerando únicamente la incertidumbre en el comportamiento del pavimento (So = 0.49) ya que la incertidumbre en la predicción del tránsito se involucra previamente cuando se calcula el N80 kN en el carril de diseño durante el período de diseño, referido en el capítulo de estudio de transito con una confiablidad del 85%.

8.4.2. Coeficientes estructurales

Siguiendo las especificaciones Generales de Construcción indicadas en el Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito, se han determinado para el nivel de transito Uno (NT1) para las diferentes capas estructurales, los coeficientes *ai,* calculados con base en la resistencia CBR de los materiales:

Tipo de capa		Clasificación climática por temperatura	a_i
Descripción de la Capa	Nomenclatura		
Mezcla asfáltica densa en caliente tipo 2	MDC-2	Frío	0.44
		Templado	0.41
		Cálido	0.37
Mezcla asfáltica densa en frío tipo 2	MDF-2	Frío	0.40
		Templado	0.37
		Cálido	0.34
Suelo estabilizado con emulsión asfáltica	BEE-3	Todas las categorías	0.14
Suelo estabilizado con cemento Portland	BEC	Todas las categorías	0.14
Base granular	BG	Todas las categorías	0.14
Subbase granular	SBG	Todas las categorías	0.12
Afirmado que cumple la especificación INV. Artículo 311	AFR-1	Todas las categorías	0.08
Afirmado que no cumple la especificación INV. Artículo 311	AFR-2	Todas las categorías	0.06

Tabla 5. Coeficientes estructurales *ai.*
Fuente: Manual De Diseño De Pavimentos Asfálticos Para Vías Con Bajos Volúmenes De Tránsito INVIAS .

8.4.3. Coeficientes de drenaje de las capas granulares no tratadas.

Para tomar en cuenta el efecto del grado de saturación que podrían tener las capas granulares no tratadas por efecto de las condiciones climáticas, se han adoptado, en función de la categoría de clima por humedad, los coeficientes de drenaje ***mi*** que se presentan en la siguiente tabla:

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho mas de 10 horas

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos 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

Tabla 6. Coeficientes de drenaje. Fuente: guía diseño de estructura de pavimento – AASHTO 93

Calculado el valor del CBR de la subrasante de las unidades definitivas de diseño se calcula el valor del Módulo Resiliente, utilizando la correlación propuesta por la AASHTO que se indica a continuación.

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

donde:

Mr: Valor del Módulo Resiliente, en libras por pulgada cuadrada (PSI)
CBR: en porcentaje

TRAMO 1. Mr= 2555x (5.8) ^0.64 = **7870**Psi.

TRAMO 2. Mr= 2555x (4.2) ^0.64 = **6401**Psi.

8.5. DISEÑO ESTRUCTURA FLEXIBLE – METODOLOGÍA AASHTO 93

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\frac{\log \Delta PSI}{4.2-1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Expresión de cálculo fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles.

Dónde:

- ✓ **MR**: Módulo resiliente de la subrasante en PSI.
- ✓ N: Número de ejes equivalentes de 8.2 Ton para el periodo de diseño y en el carril de diseño.
- ✓ **Zr**: Desviación normal estándar.
- ✓ **So**: Error estándar.
- ✓ **ΔPS**I: Pérdida del Índice de serviciabilidad.
- ✓ **SN**: Número estructural requerido Total del Pavimento.

Los cálculos de la estructura se encuentran en el documento: **Anexo 1**

8.6. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- ✓ MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO. INVIAS.
- ✓ MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO. INVIAS. - 2015
- ✓ INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS. Ing. Alfonso Montejo Fonseca. Universidad católica.

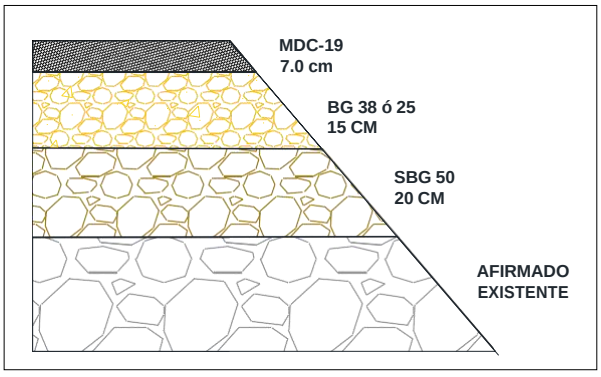
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Con la información de exploración geotécnica mediante apiques y cálculo de capacidad de la subrasante mediante el ensayo de CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) suministrada por el laboratorio W INGENIERIA & LABORATORIO, se realizan calculo y diseño de estructura de pavimentos con respectivo refuerzo a la subrasante.

- ✓ Para el diseño de la estructura de pavimento, nos hemos apoyado en las normas y manuales INVIAS actualizadas al año 2013; una de ellas ha sido el Manual de Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras, que ha reemplazado totalmente las normas de ensayos, adoptadas en el 2007 por el Ministerio de Transporte.

- ✓ Se determinan un único tramo homogéneo para el corredor vial, para el que se plantea la siguiente estructura de pavimento flexible.

PAVIMENTO FLEXIBLE	TEORICO PULG.	PROPUESTO	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	2,00	2,70	7,00 Cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	6,00	6,00	15,00 Cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	6,00	7,70	20,00 Cm
ESPESOR TOTAL Estruc. Pavimento:	14,00	16,4	***42,00 Cm***



- ✓ Por método Ivanov, se obtiene un mejoramiento de la subrasante del 4.69 %, donde el estudio y resultados de laboratorio, dio a conocer CBR entre el 2.00% y el 3.00%.

- ✓ Para el mejoramiento de calidad de la subrasante, se recomienda 30 cm de crudo rio Tamaño de 3".

- ✓ Al revisar los resultados de los ensayos obtenidos y presentados en el estudio geotécnico, con base en el límite líquido, el índice de plasticidad y la expansión, el suelo natural se clasifica como de hinchamiento potencial bajo a marginal.

- ✓ Las estructuras de pavimento diseñadas fueron concebidas para soportar las cargas que impondrá el tránsito proyectado en las vías del proyecto, sin que sobrepase la disponibilidad mecánica de la subrasante, en cuanto a esfuerzos y deformaciones.

- ✓ Para el diseño en pavimento flexible se empleó la metodología AASHTO-93, se evaluó la capacidad de soporte de la subrasante obtenida a partir de los ensayos de campo y de laboratorio realizados, dando como resultado dos segmentos de diseño. Se considera aceptable la implementación de las estructuras convencionales, para las vías del Proyecto, obtenidas mediante el desarrollo de la metodología de la AASHTO.

- ✓ Es importante precisar que en ningún caso se deberá escoger como estrato de fundación suelos orgánicos blandos con alto potencial de expansión y/o rellenos heterogéneos con presencia de escombros y basuras, dichos materiales deberán ser removidos en su totalidad, en caso de encontrarse localizadamente durante la etapa de construcción.

- ✓ Se recomienda luego de colocada la capa de sub- base granular, adelantar una prueba de carga, utilizando una volqueta cargada con el fin de identificar zonas con acolchonamientos, las cuales deberán ser reparadas antes de instalar la capa siguiente.

- ✓ Se recomienda que antes de la construcción de la estructura de pavimento para las vías del proyecto, todas las obras de drenaje y sub-drenaje deben estar terminadas.

- ✓ Para la instalación de los materiales granulares se recomienda seguir las indicaciones del capítulo 3- afirmados, bases y subbase; especialmente el art. 320 subbase granular, dado que el tramo 2, en su estructura, debe dar cumplimiento a la instalación de 20 cm de sub base granular, en el art. 320.4.5 "Extensión y conformación del material" se especifica su proceso de instalación al no superar los 20 cm ó 200 mm.

- ✓ Actualmente en el corredor en estudio, se encuentra un tramo de aproximadamente 0.400 km según abscisado de diseño geométrico.

- ✓ Relación de tramos a pavimentar

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	LONGITUD	TIPO DE PAVIMENTO
K0+000	K 4+431.65	4.431.65 Km	FLEXIBLE
K 4+832	K 6+990	2.158 Km	FLEXIBLE
	Total	6598.65 km	FLEXIBLE

DIEGO LEONARDO GONZALEZ PINZON
Ing. Civil – Esp. Geotecnia Vial y Pavimentos.
T.P 15202-251259 BYC

Anexo 1.

DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO FLEXIBLE