

PROYECTO DE INVERSIÓN

**“CONSTRUCCIÓN ETAPA I DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA
ESENCIAL PARA LA HABILITACIÓN DE ÁREAS DE FORMACIÓN
EDUCATIVA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE
SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA”**

REQUISITOS GENERALES

COMPONENTE 1.1.8 DISEÑO DE VIAS Y PARQUEADEROS



DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE VIAS
CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL COMPLEJO "PARQUE DE LA VIDA"

COMPONENTE 1.1.8 –DISEÑO DE VÍAS Y PARQUEADEROS

EDWIN YESID SÁNCHEZ BERRIOS

INGENIERO CIVIL

ESP. VÍAS Y TRANSPORTE

MP No. 54202-152017 NTS

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 266 DE 2025

CONTRATISTA: CONSORCIO CAMPUS UNIVERSITARIO

R/ EDWIN YESID SÁNCHEZ BERRIOS

1

CONTRATO DE INTERVENTORÍA No. 289 DE 2025

CONTRATISTA: CONSORCIO INTERDISEÑOS

R/ RENAN LÓPEZ MORENO

ARAUCA
NOVIEMBRE 2025





TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
1 OBJETIVOS	8
1.1 OBJETIVO GENERAL	8
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	8
2 ALCANCE	8
3 GENERALIDADES Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO	8
3.1 JUSTIFICACIÓN Y CONTEXTO SOCIOECONÓMICO	8
3.2 ALCANCE	9
4 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	9
4.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO	9
4.2 ASPECTOS FÍSICOS	9
4.3 HISTORIA	10
4.4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	11
4.5 LÍMITES	11
4.5.1 Localización específica del proyecto	12
4.6 CLIMA	13
4.6.1 Características climáticas	13
4.6.2 Clasificación climática	14
4.6.3 Hidrología	14
4.6.4 Precipitación	15
4.6.5 Temperatura	15
4.6.6 Brillo solar	15
4.6.7 Evaporación	15
4.6.8 Humedad relativa	15
4.7 METODOLOGÍA Y CRITERIOS EMPLEADOS PARA EL DISEÑO DE VÍAS	16
5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS VÍAS	16
5.1 CRITERIOS DE DISEÑO	16
5.1.1 Unidad de diseño	16
5.1.2 Clasificación de la vía	16
5.1.3 Velocidad de diseño	17
5.1.4 Características de los vehículos	18
5.1.5 Seguridad	18
5.1.6 Distancia de visibilidad de parada	19
5.1.7 Distancia de visibilidad de cruce	19
5.1.8 Radio de curvatura mínimo de diseño	20





5.1.9	Sobreancho.....	20
5.1.10	Sección transversal.....	21
5.1.11	Trazado en perfil.....	21
5.1.12	Curvas verticales.....	22
5.1.13	Criterios de diseño de la intersección.....	22
5.1.14	Taludes del terraplén.....	22
6	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO MÉTODO ASSHTO 1993	23
6.1	ESTABLECIMIENTO DE LAS VARIABLES DE DISEÑO	23
6.1.1	Variables Independientes.....	23
6.1.2	Variables Dependientes.....	24
6.1.3	Estimación del tránsito de diseño	25
6.1.4	Periodo de diseño.....	26
6.1.5	Sección vertical de la vía.....	27
6.1.6	Factor de distribución por sentido.....	27
6.1.7	Tasa de crecimiento anual.....	28
6.1.8	Factor de daño de los vehículos comerciales.....	28
6.1.9	Parámetros de tránsito de diseño.....	28
6.1.10	Proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño..	28
6.1.11	Determinación del Factor Camión (FC).....	29
6.1.12	Determinación del número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño para el periodo de diseño	29
6.1.13	Determinación del nivel de Tránsito	29
6.2	DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO	30
6.2.1	Trabajo de campo.....	30
6.2.2	Análisis geotécnico.....	30
6.2.3	CBR para diseño.....	30
6.2.4	CBR característico (CBRC).....	31
6.3	NIVEL DE SERVICIABILIDAD	34
6.4	NIVEL DE CONFIANZA, R (%)	35
6.5	ERROR NORMAL COMBINADO, (SO)	35
6.6	MÓDULOS DE LOS MATERIALES Y COEFICIENTES ESTRUCTURALES	36
6.6.1	Módulo y coeficiente estructural del concreto asfáltico.....	36
6.6.2	Módulo y coeficiente estructural de bases granulares no-tratadas.....	36
6.6.3	Módulo y coeficiente estructural de subbases granulares no-tratadas.....	37
6.6.4	Coeficientes de drenaje.....	38
6.7	CÁLCULO DE LOS NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO.....	39
6.8	ESFUERZOS, DEFORMACIONES Y DEFLEXIÓN ADMISIBLES.....	41
6.8.1	Control de fatiga.....	41
6.8.2	Control de la deformación o ahuellamiento.....	41
6.8.3	Control de la deflexión	42
6.8.4	Esfuerzos, deformaciones y deflexiones admisibles.....	42





6.8.5	Esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante, σ_{adm}	43
6.8.6	Deflexión vertical admisible en la superficie, Δz_{adm}	44
6.8.7	Determinación de los esfuerzos, deformaciones y deflexión admisibles	44
7	DEFINICIÓN DE ESTRUCTURA Y ALINEAMIENTO DE CICLO-INFRAESTRUCTURA	51
7.1	OBJETO	51
7.2	ALINEAMIENTO GEOMÉTRICO (TRAZADO)	51
7.3	DEFINICIÓN ESTRUCTURAL (PAVIMENTO)	51
7.4	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	53
7.5	SEÑALIZACIÓN VERTICAL ESPECÍFICA	53
7.6	SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA DE RED (WAYFINDING)	53
7.7	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS Y URBANISMO	53
7.8	JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA ADOPCIÓN	54
7.9	REFERENCIAS NORMATIVAS	54
8	RECOMENDACIONES GENERALES	54
9	PROCESO CONSTRUCTIVO	57
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
11	BIBLIOGRAFÍA	62





LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Límites del municipio de Saravena.....	11
Tabla 2 Información de localización del Proyecto	12
Tabla 3 Características climatológicas generales del municipio de Saravena	13
Tabla 4 Climatología del municipio de Saravena	13
Tabla 5 Relación de estaciones disponibles.....	14
Tabla 6 Humedad relativa	16
Tabla 7 Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7,30 metros, con dispositivos de control en la calzada secundaria.....	20
Tabla 8 Niveles de Tránsito	27
Tabla 9 Tránsito por adoptar para el diseño según el ancho de la calzada Factor Direccional (Fd)	28
Tabla 10 Factor de daño de carga por grupo vehicular.....	28
Tabla 11 Parámetros de diseño del tránsito futuro.....	28
Tabla 12 Determinación del FC.....	29
Tabla 13 Niveles de tránsito	29
Tabla 14 Ensayos de laboratorio para determinación de CBR.....	30
Tabla 15 Factor que establece los límites del intervalo de confianza (k)	32
Tabla 16 Resultados de determinación de CBR INALTERADO	32
Tabla 17 Categoría de la subrasante según INVIAS	32
Tabla 18 Valores de Pf.....	34
Tabla 19 Niveles Recomendados de Confiabilidad (R).....	35
Tabla 20 Valores de desviación normal estándar, Zr	35
Tabla 21 Error normal combinado para pavimentos flexibles, (So).....	35
Tabla 22 Parámetros recomendados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS 2007) para capas de rodadura conformadas por una mezcla asfáltica tipo MDC-2	36
Tabla 23 Valores de mis recomendados para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares	38
Tabla 24 Valores de las variables para el diseño de la estructura	39
Tabla 25 Opción No. 1 de diseño de la estructura	40
Tabla 26 Determinación de otras alternativas de diseño de la estructura	41
Tabla 27 Determinación Coeficiente de Calage	42
Tabla 28 Determinación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible para el diseño por el método AASHTO	45
Tabla 29 Comparación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible vs actuantes – Alternativa 1.....	47
Tabla 30 Comparación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible vs actuantes – Alternativa 2.....	48
Tabla 31 Comparación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible vs actuantes – Alternativa 3.....	49
Tabla 32 Comparación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible vs actuantes – Alternativa 4.....	50
Tabla 33 Ábaco de diseño en relación con las características del material de soporte - Ciclorruta	52
Tabla 34 Ábaco de diseño en relación con las características del material de soporte – acceso a garajes	52





TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Características de los vehículos.....	18
Ilustración 2 Distancia de visibilidad en intersecciones	19
Ilustración 3 Sección transversal de la vía – calles	21
Ilustración 4 Camión de diseño	25
Ilustración 5 Bus de diseño	25
Ilustración 6 Configuración de tipo de vehículo C3	26
Ilustración 7 Valores del coeficiente estructural (a2) para bases granulares no-tratadas	37
Ilustración 8 Valores del coeficiente estructural (a3) para subbases granulares no-tratadas	38
Ilustración 9 Cálculo del número estructural SN de la base	40
Ilustración 10 Interfaz del programa WinDEPAV 2.6.....	45
Ilustración 11 Geometría de carga adoptada	46
Ilustración 12 Entrada de datos para la determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO -Alternativa 1.....	46
Ilustración 13 Resultados de análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO -Alternativa 1.....	47
Ilustración 14 Resultados de análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO -Alternativa 2.....	48
Ilustración 15 Resultados de análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO -Alternativa 3.....	49
Ilustración 16 Resultados de análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO -Alternativa 4.....	50
Ilustración 17 Perfil de diseño recomendada.....	50
Ilustración 18 Alternativa de diseño recomendada.....	59
Ilustración 19 Alternativa de diseño ciclorruta	60



INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el Informe Descriptivo del Diseño Geométrico Vial para la vía de acceso y circulación interna principal del campus universitario implantado dentro del área norte del Complejo Multitemático Educativo, Patrimonial y Turístico -Parque de la Vida, proyectado en el municipio de Saravena, departamento de Arauca.

El objeto de este informe es describir y justificar la configuración final adoptada para el diseño geométrico, abarcando sus tres componentes esenciales: el alineamiento horizontal (planta), el alineamiento vertical (perfil) y la sección transversal.

La definición de los elementos geométricos del proyecto se fundamenta en los resultados de varios estudios técnicos y en el cumplimiento estricto del "MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS" (INVIAS).

Bases de Diseño:

- **Estudio de Tránsito:** Provee la información esencial para la determinación de la Velocidad de Diseño (V_d) y el Vehículo de Diseño, que definen los parámetros operacionales y de seguridad.
- **Estudio Geotécnico y de Suelos Vías:** Suministra datos críticos, como la clasificación de la subrasante (arena limosa amarilla de compacidad suelta) y los parámetros de CBR (California Bearing Ratio), indispensables para el posterior dimensionamiento de la estructura del pavimento.

El diseño geométrico presentado busca garantizar la seguridad, funcionalidad y comodidad en la movilidad del nuevo complejo, alineándose con las directrices arquitectónicas del plan maestro general existente del parque de la vida y el campus universitario en proceso de diseño con el contrato de consultoría No. 266 de 2025.



1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar los parámetros elementales para el diseño geométrico de las vías internas del proyecto denominado "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".
- Realizar el diseño de la estructura del pavimento flexible, empleando conocimientos técnicos que conlleven a la obtención de espesores óptimos, que garanticen un pavimento durable, económico, cómodo y seguro.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.

- Exponer los criterios básicos del diseño geométrico vial, de acuerdo con las normas vigentes en lo relacionado con los alineamientos horizontal, vertical, sección transversal y condiciones del sitio de ejecución del proyecto.
- Definir los espesores de las capas granulares y concreto asfáltico.
- Evaluar los esfuerzos y deformaciones generados sobre la estructura del pavimento, por efecto de las cargas.
- Comparar las diferentes estructuras de pavimentos de acuerdo con el tipo de diseño y seleccionar la estructura que cumpla con los diferentes factores de economía, calidad y estabilidad en el tiempo.
- Definir las especificaciones de deben cumplir cada uno de los materiales que componen la estructura del pavimento, con el fin de que esta estructura conserve dentro de su periodo de diseño un índice de servicio adecuado.

8

2 ALCANCE

El alcance del presente diseño consiste en determinar tanto las características geométricas de la vía, como el dimensionamiento de la estructura del pavimento, que cumpla con parámetros de estabilidad, economía y durabilidad de las vías de circulación del proyecto denominado "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

3 GENERALIDADES Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO

3.1 JUSTIFICACIÓN Y CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

El proyecto de construcción de un campus universitario en Saravena dentro del complejo Parque de la Vida se enmarca en las acciones de la Gobernación de Arauca en honor a la Paz y el desarrollo sostenible de la región. Reconociendo el impacto del conflicto interno que ha frenado el progreso social y productivo en el municipio, esta intervención busca generar espacios urbanos regionales que brinden seguridad, confianza y promuevan mayores oportunidades de trabajo mediante el impulso de la actividad pedagógica y turística que en conjunto conforman el complejo multitemático.



3.2 ALCANCE

El diseño geométrico y estructural de las vías se proyecta para las vías de acceso y los corredores internos que comunicarán todos los componentes del complejo.

4 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

4.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO

El Municipio de Saravena se encuentra localizado en el espacio geográfico de la Orinoquía. Representa uno de los paisajes más complejos en términos de su biodiversidad, de su conformación fisiográfica, de sus procesos culturales y de su dinámica de poblamiento.

4.2 ASPECTOS FÍSICOS

La Orinoquía está comprendida entre las montañas andinas y guyanesas y entre las planicies de selva amazónica y la franja litoral sobre el Océano Atlántico. Biogeográficamente han sido consideradas como las sabanas septentrionales de Sudamérica, las cuales son compartidas por Colombia, en la parte alta, y Venezuela en la parte media y baja de la cuenca del Orinoco. Determinada por el carácter fisionómico de peniplanicies casi horizontales y coberturas de matas de monte, morichales, selvas de galería y gramíneas, la Orinoquía ha sido considerada en Colombia como una región natural.

Entre los paisajes geomorfológicos y biogeográficos de la Orinoquía sobresalen las zonas aluviales, el andén del Orinoco, las sabanas onduladas, las altillanuras, las terrazas aluviales, los pantanales, las llanuras eólicas, las llanuras aluviales de desborde y el Piedemonte.

Desde el punto de vista de los componentes principales que abarca la cuenca del Orinoco en Colombia, se pueden identificar cuatro unidades geográficas así:

- Unidad del Andén Orinocense: Abarca la franja occidental del Orinoco colombiano y se extiende por los valles de los ríos Inírida, Tuparro, Tomo y Bitá. Las planicies aluviales son separadas por afloramientos rocosos del escudo guyanés a manera de plataforma y relieves insulares.
- Unidad de los Llanos Orientales: Abarca las planicies cuaternarias y terciarias, que dan lugar a la zona suroccidental de las sabanas septentrionales de Sudamérica, su cobertura dominante es de gramíneas adaptadas a situaciones de parcial o total inundación, marcada estacionalidad y suelos lateralizados.
- Unidad Ecotonal Orinoquía- Amazonía: Comprende la franja de selvas y sabanas al norte de los ríos Inírida y Papurana y al sur del río Vichada. La transición de sabanas y selvas se da a los dos lados de este corredor. Esta unidad oscila entre los biomas de selva y de sabana.
- Unidad Andina Orinocense: Comprende la vertiente de la Cordillera Oriental, que integra el Piedemonte, montañas, nieves y páramos. En esta unidad se conservan coberturas originales de selvas en algunas zonas y nacen los principales ríos que dan origen al Orinoco.

La Orinoquía relacionada con el departamento de Arauca está comprendida entre la cordillera Oriental en Colombia y la cordillera de Mérida en Venezuela y el río Orinoco.



En esta zona el río Arauca y sus afluentes conforman una extensa subcuenca hidrográfica con grandes áreas de desborde. Las subcuencas del río Apure y el río Casanare delimitan la Orinoquía araucana por el norte y sur, respectivamente.

Para el caso del Piedemonte araucano, Saravena hace parte, dentro de la Orinoquía araucana, del paisaje andino Orinocense el cual, desde el punto de vista paisajístico, puede dividirse de la siguiente manera:

- **Piedemonte andino:** Está localizado en la sección baja de la cordillera y conformado por un complejo relieve de materiales acumulados y estribaciones andinas donde sobresalen bajos, áreas de explayamiento, cunas, terrazas, mesetas, mesas, colinas, lomas y serranías. Esta zona estuvo cubierta de selva y está comprendida entre los 200 y 1000 metros sobre el nivel del mar.
- **Vertiente cordillerana:** Conformada por relieves escalonados descendientes hasta alcanzar los 1.000 m sobre el nivel del mar. La zona cordillerana está cubierta por completo de selva de gran biodiversidad, riqueza hídrica y de suelos.

En esta zona está el Parque Nacional Natural Cocuy y la reserva indígena U'WA.

- **Alta montaña:** Entre altitudes de 3.200 a 5.100 metros sobre el nivel del mar y compuesta por campos de hielo y nieve conforman la Sierra Nevada del Cocuy. Además de las nieves, encontramos los páramos, los cuales poseen gran diversidad de especies vegetales y animales.

4.3 HISTORIA

10

Anteriormente existía un vasto bosque primario y gran cantidad de caños y afluentes de los ríos de la región. Se trataba de suelos de mediana fertilidad, que albergaban una gran riqueza de flora y fauna inexplorada. Su población autóctona estaba conformada por indígenas Betoyes, Tunebos, Cuibas y pequeños grupos recolectores y cazadores de la familia de los Guahibos.

A esta región el primer flujo de colonizadores blancos llegó en la época colonial con los misioneros jesuitas entre 1604 y 1767. Inicialmente se organizaron hatos y haciendas pertenecientes a las misiones, utilizando mano de obra indígena. Formaron la hacienda Caribabare, origen de lo que hoy es en gran medida la región del Sarare.

La colonización del Sarare se inició al final del siglo pasado por la Compañía Pamplonesa del Sarare, en el municipio de Toledo, Norte de Santander. Oficialmente las labores comenzaron en 1943, adelantada por el Ministerio de Economía hasta 1945, año en el cual se encargó del proceso al departamento de Norte de Santander. Luego en 1950, estas funciones pasaron al Instituto de Parcelaciones, Colonización y Defensa Forestal (INCORA, 1973). En el año de 1956, el Gobierno Nacional encargó a la Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero de los programas de colonización dirigida, dando como resultado cuatro sectores: Gibraltar en Tunebia; el Guamo en Cubará; La Isla del Charo en Saravena y Fortul asentando los productores mediante colonización dirigida (INCORA, 1973).

Posteriormente las actividades de la Caja Agraria fueron continuadas por el Instituto Colombiano de Reforma Agraria (INCORA), que mediante resolución No. 123 de 1964 creó el proyecto Arauca 1 con sede en Tunebia, cuyo principal objetivo era apoyar la colonización espontánea del Sarare, abandonando el programa de colonización dirigida iniciado por la Caja Agraria. El apoyo consistía, en el otorgamiento de créditos, titulación de tierras y asistencia técnica. Con el proceso de colonización. Los indígenas se vieron en la obligación de desplazarse hacia la zona montañosa del municipio, donde actualmente residen (INCORA, 1973).



La colonización del Sarare conoció diferentes etapas hasta su consolidación en los años 70. La primera fue la de asentamiento y supervivencia y luego continuó la de consolidación. En ésta el INCORA dio estabilidad al asentamiento y contribuyó a crear sus bases, mediante obras de infraestructura vial, escuelas, hospital y créditos de producción y comercialización. En esta etapa ocurrió a la vez, una recomposición de la propiedad en donde colonos que llegaban a la región con algún dinero, compraban mejoras, es decir, parcelas con cuatro o cinco hectáreas de tala de montaña (INCORA, 1973). Los últimos años de la vida local están marcados por la expectativa de canalizar hacia el sector agrario parte de las regalías petroleras.

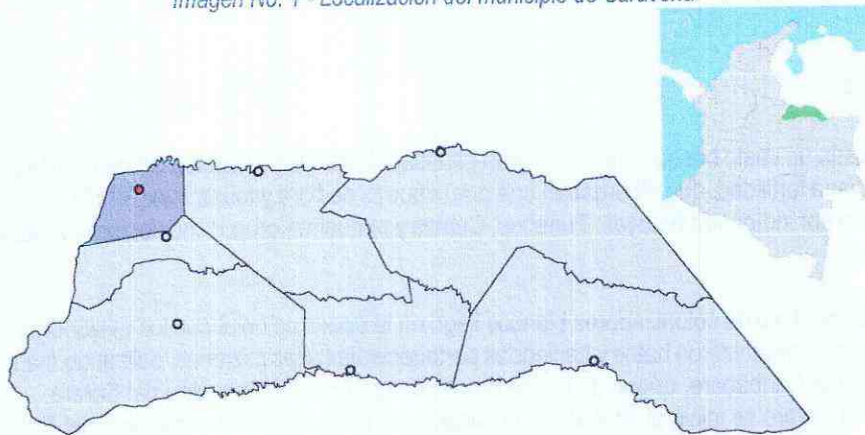
Como consecuencia del proceso de colonización, el municipio fue poblado por colonos de todos los rincones del país; esto ha hecho de Saravena una ciudad cosmopolita, dificultándose su verdadera identidad cultural pues la mezcla de costumbres no permite definir una clara idiosincrasia; sin embargo, los nacidos en la región van sintiendo cada vez con mayor intensidad la cultura llanera, cultivando así el amor por el baile del joropo, el arpa, el cuatro y las maracas. Los jóvenes van descubriendo en estos elementos culturales, su identidad con la región y la tierra que los vio nacer.

4.4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Saravena se halla localizado en la Orinoquía colombiana, noroccidente del departamento de Arauca. Sus coordenadas geográficas son: Latitud norte entre 6 grados 46' y 7 grados 00' y en la Longitud este entre 71 grados 41' y 72 grados 06'.

La extensión del Municipio es de 658.7 kilómetros cuadrados, equivalente al 2.79% del departamento de Arauca.

Imagen No. 1 - Localización del municipio de Saravena



4.5 LÍMITES

En la tabla No.1 se describen los límites actuales del Municipio.

Tabla 1 Límites del municipio de Saravena

LÍMITE	UBICACIÓN	DECRETO
Norte	Con la República de Venezuela desde la desembocadura del río Bojabá en el río Arauca, hasta la inspección de Puerto Lleras	
Sur	Con el municipio de Fortul	Decreto 204/76
Este	Con el municipio de Arauquita y Fortul	Decreto 075/59 y 204/76
Oeste	Con el Departamento de Boyacá, sobre la cuenca del río Bojabá	

Fuente: Saravena - Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Diagnóstico

Límites del municipio:

Norte: Con la República de Venezuela desde la desembocadura del río Bojobá en el río Arauca, hasta la inspección de Puerto Lleras. **Sur:** Con el municipio de Fortul. **Este:** Con el municipio de Arauquita y Fortul. **Oeste:** Con el Departamento de Boyacá, sobre la cuenca del río Bojobá.

Extensión total: 658.7 kilómetros cuadrados Km²

Extensión área urbana: 17.7 kilómetros cuadrados Km²

Extensión área rural: 641 kilómetros cuadrados Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): Desde 190 a 2.600 m.s.n.m.

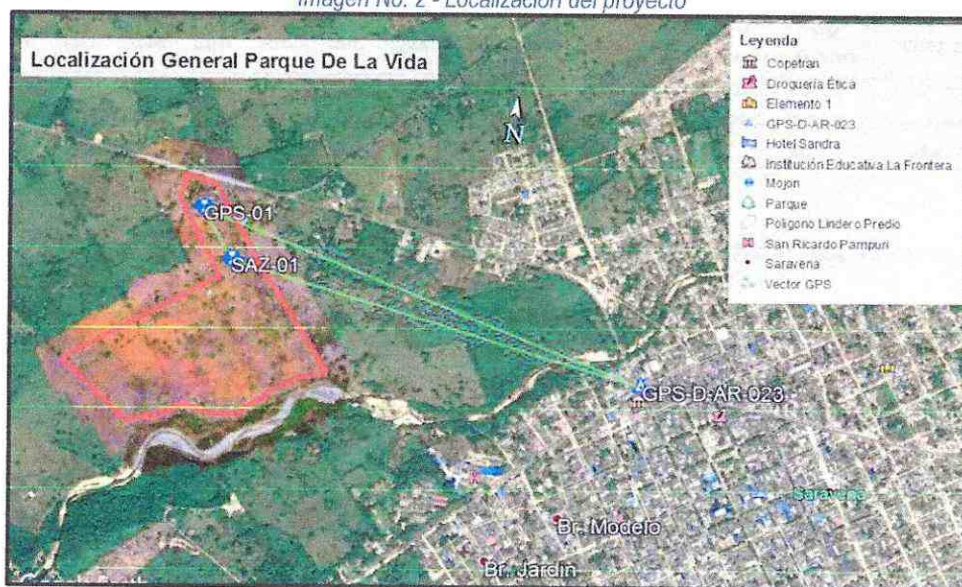
Temperatura media: La temperatura promedio es de 25.5 grados centígrados; la precipitación pluvial es de 2.890 mm al año y la humedad relativa es del 83%.

Distancia de referencia: 196 kilómetros hasta Arauca Capital

Actualmente el municipio se estima que exista una población de 53.000 habitantes ubicados unos 33.000 y los restantes 20.000 ubicados en el área rural.

4.5.1 Localización específica del proyecto

Imagen No. 2 - Localización del proyecto



Fuente: Google Earth

Tabla 2 Información de localización del Proyecto

Departamento / Región	Arauca
Municipio	Saravena
Vereda	Las Vegas, Vía a Samoré
Localidad Cercana	Casco Urbano – Saravena 1.76 km

Fuente: Información propia

4.6 CLIMA

El municipio de Saravena presenta un clima húmedo selvático ecuatorial, con lluvias durante casi todo el año. La humedad del aire es significativa, debido a la cercanía de la cordillera oriental, la cual presenta una vegetación exuberante.

4.6.1 Características climáticas

La información expuesta a continuación corresponde a los datos tomados de los estudios hidrológicos para el sistema de acueductos rurales en el municipio de Saravena por el Plan Departamental Rural de Agua Potable y Saneamiento Básico en el departamento de Arauca, mediante el contrato 172 de 2010, cuyo objeto son los estudios y diseños de los acueductos y alcantarillados rurales del municipio de Saravena del departamento de Arauca.

Entre los factores climatológicos que ayudan a conformar la hidrología de una región están la precipitación, la temperatura, la humedad del aire, la radiación solar y la evaporación.

De acuerdo con los datos de las estaciones utilizadas, en la zona se presenta un régimen monomodal, el cual consta de un único periodo lluvioso intercalado con pequeños periodos de tendencia semiseca, el periodo lluvioso se efectúa generalmente en el segundo semestre del año donde los mayores registros de precipitaciones se presentan durante los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Tabla 3 Características climatológicas generales del municipio de Saravena

Tabla 1. Características climatológicas generales del municipio de Saravena.

PARÁMETRO	VR PROM	VR TOTAL	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura °C	25,48	305,7	25,3	26	26,4	25,8	25,7	24,7	24,6	25,1	25,2	25,7	25,9	25,3
Precipitación (mm)	249,2	2990,4	62,2	80	115,3	339	388,3	420,7	319,8	305	327,8	383,5	150,3	98,5
Hum. Relativa %	83	996	78	77	79	83	84	87	87	85	85	85	83	83

Modificado de: (EOT, 2000; PGIRSMS, 2004)

Fuente: Modificado de EOT, 2000; PGIRSMS, 2004

Así mismo, el primer semestre anual presenta una tendencia seca, especialmente entre los meses de enero y febrero, así como entre los meses de junio y julio. Durante los meses de marzo, abril y mayo se presentan los menores registros de precipitación histórica acompañados de las máximas temperaturas. Sin embargo, los "fenómenos del niño y la niña" han alterado significativamente esta tendencia permitiendo la generación de periodos lluviosos de gran magnitud en épocas normalmente secas y altas temperaturas en meses lluviosos.

Tabla 4 Climatología del municipio de Saravena

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	MÍNIMA	MÁXIMA	PROMEDIO
Temperatura ambiente	°C	24,40	26,60	25,50
Lluvia (histórico anual)	mm/año	62,20	420	2890
Horas de brillo solar	h/día	S.I	S.I	5
Humedad ambiente	%	77	78	83

S.I = Sin Información Modificado de: (EOT, 2000; PGIRSMS, 2004).

Por su parte, Saravena cuenta con una temperatura promedio de 28 °C (grados centígrados), alcanzando temperaturas máximas de 35 °C y mínimas de 23 °C. Así mismo, la precipitación pluvial anual promedio es de 2990 mm y su humedad relativa es del orden del 83%.

De acuerdo al atlas climatológico de Colombia (2005) publicado por el IDEAM, el municipio de Saravena se encuentra ubicado en el extremo noroccidental de la Orinoquía colombiana, por lo cual, aunque presenta predominantemente un clima cálido húmedo de selva ecuatorial, en su zona alta se caracteriza por poseer un clima frío húmedo y muy frío húmedo, con lo cual, el municipio cuenta con los pisos térmicos característicos de la zona comprendida entre los 300 y los 4000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

4.6.2 Clasificación climática

Dentro de este contexto y de acuerdo con investigaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, en casco urbano la condición climática predominante es un clima tropical lluvioso característico para zonas de poca elevación, comprendidas en un intervalo de altitudes entre los 50 y los 200 m.s.n.m., con un período lluvioso de siete meses al año. La humedad del aire es significativa, debido a la cercanía con la cordillera oriental, la cual presenta vegetación exuberante.

El estudio de variables climatológicas tiene como objetivo especificar el contexto climático de la zona de estudio. El análisis hidroclimatológico se basó en los datos hidrometeorológicos de la estación Saravena (CO) localizada en la Figura 2. La información disponible de esta estación es la precipitación total mensual, la precipitación máxima en 24 horas, la temperatura media, la temperatura máxima, la humedad relativa y la evaporación.

En la zona de estudio, se dispone de información hidrometeorológica de las estaciones hidrométricas del IDEAM. Solo la estación Banadía se encuentra dentro de la cuenca del Caño Jujú; sin embargo, esta estación solo cuenta con 10 años de longitud de registro. Por esta razón se emplearon estaciones cercanas a la zona de estudio. Las estaciones cercanas presentan características climatológicas y orográficas similares. La relación de estaciones se encuentra en la Tabla 5:

Tabla 5 Relación de estaciones disponibles

ESTACIÓN	ARAUQUITA	BANADIA	MORICHAL	SARAVERA
CÓDIGO	37050010	36030040	36030030	37045010
DEPARTAMENTO	ARAUCA	ARAUCA	ARAUCA	ARAUCA
MUNICIPIO	ARAUQUITA	SARAVERA	TAME	SARAVERA
CATEGORÍA	PM	PM	PM	CO
LATITUD	7° 2' N	6° 48' N	6° 34' N	6° 56' N
LONGITUD	71° 25' W	71° 50' W	71° 42' W	71° 53' W
ELEVACIÓN	100 msnm	300 msnm	300 msnm	148 msnm
PERIODO DE REGISTRO	1972-2011	1983-1993	1983-2010	1980-2010
LONGITUD DEL REGISTRO	39 años	10 años	27 años	30 años

Fuente: IDEAM, CO=Estación Climatológica Ordinaria, PM=Estación Pluviométrica

4.6.3 Hidrología

La red hidrológica del departamento de Arauca está comprendida, generalmente, por la cuenca del río Orinoco. Por ende, presenta en alta magnitud hidro-sistemas como ríos quebradas, caños y cauces menores que mayoritariamente tienen su origen en la zona alta de la cordillera oriental, llevando sus cursos en dirección occidente- oriente, abarcando en su recorrido las aguas de sistema afluentes especialmente en la zona del piedemonte, donde se presentan grandes planicies ligeramente inclinadas. El sistema hídrico de la cuenca de los ríos Tame y Cravo también hace parte de la gran cuenca del Orinoco, las cuales también son afluentes directos del río Casanare y éste último, afluente del río



Meta. Así mismo, existen múltiples cuencas y microcuencas de diferentes ríos, quebradas y caños como el río Cusay, río Banadias, etc. Además, presenta variedad de fuentes hídricas y algunas zonas de nacedero de vital importancia para distintas comunidades asentadas en la zona rural del Departamento.

4.6.4 Precipitación

En cuanto a la distribución temporal de las lluvias en la zona, el comportamiento general de las lluvias durante el año es de tipo monomodal, en términos generales la precipitación presenta las siguientes características:

- La temporada lluviosa se inicia normalmente en el mes de marzo y se prolonga hasta finales de noviembre y principios de diciembre, en total 9 meses, su máxima intensidad se presenta en consecuencia de que en este lapso la zona de convergencia intertropical se desplaza hacia el norte. Esta condición es similar en la parte alta, media y bajas de las cuencas.
- La temporada menos lluviosa, en general, tiene lugar en los lapsos comprendidos entre los meses de diciembre, enero y febrero, cuando la zona de convergencia intertropical se encuentra en el sur.
- Los valores de precipitación anual oscilan en general para toda la zona entre los 2900 mm y 3700 mm.
- Las épocas secas van desde diciembre a marzo y la época lluviosa desde la segunda quincena de abril hasta la primera quincena de noviembre. Los meses más lluviosos son junio y julio con valores totales mensuales de precipitaciones máximas de 420 mm. En promedio los meses con mayor número de días de lluvia son junio y julio con 23 días.
- Los valores máximos de precipitación en 24 horas se presentan un comportamiento bimodal. Este valor varía entre 17 mm en el periodo de menor precipitación y los 82 mm en los meses de mayor precipitación.

15

4.6.5 Temperatura

Por su parte, Saravena cuenta con una temperatura máxima de 35°C y mínimas de 24.4°C. Así mismo la precipitación pluvial anual promedio es de 2990 mm y su humedad relativa es del orden de 83%.

Los datos anteriores permiten clasificar a Saravena como un piso térmico cálido, característico de la Orinoquía.

4.6.6 Brillo solar

El brillo solar (Número de horas de sol/mes) tiene un total de 2.259,5 horas/año, para un promedio mensual de 188,3 horas y un promedio diario de 5.0 horas. Se registran valores máximos mensuales de 270,2 horas en enero (8,7 horas/día) y un mínimo mensual de 133,4 en junio (4,45 horas/día).

4.6.7 Evaporación

La máxima evaporación se presenta en marzo con un total de 198,6 mm (6,4 mm por día); y la mínima se presenta en el mes de junio con un total de 88,4 mm (2,95 mm diarios).

4.6.8 Humedad relativa

La Humedad Relativa anual presenta un valor medio de 77%, para un valor máximo de 87% (meses de junio y julio) y



un mínimo de 77% (mes de febrero). Relacionando los anteriores parámetros tendríamos que, para los tres primeros meses del año, lo siguiente:

Tabla 6 Humedad relativa

DATOS	ENERO	FEBRERO	MARZO
PRECIPITACIÓN (mm)	62,2	80	115,3
TEMPERATURA (°C)	25,3	26	26,4
BRILLO SOLAR (Hr/mes)	270,2	223,8	208,6
EVAPORACIÓN (mm)	168,2	176,7	198,6
HUMEDAD (%)	78	77	79

4.7 METODOLOGÍA Y CRITERIOS EMPLEADOS PARA EL DISEÑO DE VÍAS

Para el diseño geométrico vial se empleó la siguiente metodología, la cual tuvo como base los trabajos de topografía realizados por el "CONSORCIO CAMPUS UNIVERSITARIO" en el marco de la ejecución del contrato de consultoría No. 266 de 2025. El levantamiento topográfico no se realizó mediante el cierre de poligonales, si no que se optó por realizarlo por el método RTK ((Real Time Kicenamtic) a partir de los mojones materializados. El método RTK posee grandes ventajas, pues posee una gran precisión y es de gran productividad, principalmente cuando es comparada con las técnicas convencionales de topografía. Sus mayores limitaciones están en ambientes con mucha obstrucción (Vegetación y edificios) y el alcance del link de radio que transmite las correcciones diferenciales.

Para el dimensionamiento de la estructura del pavimento se siguieron las metodologías propuestas por la AASTHO-93, el MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRANSITO del INVIAS, y el método racional o mecanístico. El propósito de estos métodos consiste en determinar los espesores óptimos de pavimento para garantizar una estructura, estable, durable y económica.

Estos métodos consideran parámetros de cálculo y ábacos, mediante los cuales se determina el espesor de las capas que conforman la estructura del pavimento.

16

5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS VÍAS

5.1 CRITERIOS DE DISEÑO

5.1.1 Unidad de diseño

Dada la reducida longitud entre tramos y la similitud en las condiciones de subrasante, clima, drenaje y tránsito, se considera el proyecto como una única unidad de diseño. Los parámetros y resultados del estudio aplican uniformemente para todo el tramo vial.

5.1.2 Clasificación de la vía

Según el tipo de terreno:

Antes de iniciar el proyecto se deben determinar o analizar los aspectos topográficos que influyen en la explanación como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, forma y frecuencia de los cauces, etc.

La topografía es un factor principal de la localización física de la vía, pues afecta su alineamiento horizontal, sus



pendientes, sus distancias de visibilidad y la sección transversal. Desde el punto de vista del terreno, el ministerio de transporte clasifica los terrenos en cuatro categorías:

- Terreno Plano: Poseen pendientes transversales a la vía menores del 5% y las pendientes longitudinales de las vías son normalmente menores del 3%.
- Terreno Ondulado: Se caracteriza por tener pendientes transversales a la vía del 6% al 13% y pendientes longitudinales típicamente del 3% al 6%.
- Terreno Montañoso: Las pendientes transversales a la vía suelen ser del 13% al 40% y pendientes longitudinales de las vías del 6% al 8% son comunes.
- Terreno Escarpado: Pendientes transversales a la vía pasan con frecuencia del 40%, por tanto, abundan las pendientes longitudinales mayores del 8%.
- Según esta clasificación y de acuerdo con la topografía de la zona donde se ubicará el campus universitario en el municipio de Saravena, departamento de Arauca el proyecto clasifica como un **TERRENO PLANO**.

Según sus características:

Se clasificación en tres grupos:

- Autopistas: Son vías de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles y con control total de acceso.
- Carreteras multicarriles: Son carreteras divididas o no, con dos o más carriles por sentido y con control parcial de accesos.
- Carreteras de dos carriles: Constan de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y acceso directo desde sus márgenes.

De acuerdo con lo anterior, la vía del proyecto se clasifica como una **carretera de dos carriles**, dado que el ancho de la calzada será 6.6 metros con dos carriles uno por sentido de 3.3 metros.

5.1.3 Velocidad de diseño

La velocidad es la guía que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad.

La velocidad de diseño está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.

La velocidad con la cual se opera un vehículo en una carretera depende primordialmente de la habilidad del conductor y de la clase y potencia del vehículo, pero además depende de otros factores, tales como:

- Las características físicas de la carretera
- Las condiciones ambientales y climáticas
- La presencia de otros vehículos
- Las limitaciones impuestas por la regulación de tránsito

El proyecto contempla la construcción de la vía en una zona estudiantil y de turismo, en el cual las velocidades estarán reguladas con el fin de brindar seguridad a los estudiantes del complejo educativo y turistas del parque ecoturístico. Teniendo en cuenta la anterior consideración se define una velocidad de diseño para el proyecto de:

Velocidad de diseño del proyecto = 30 Km/h.

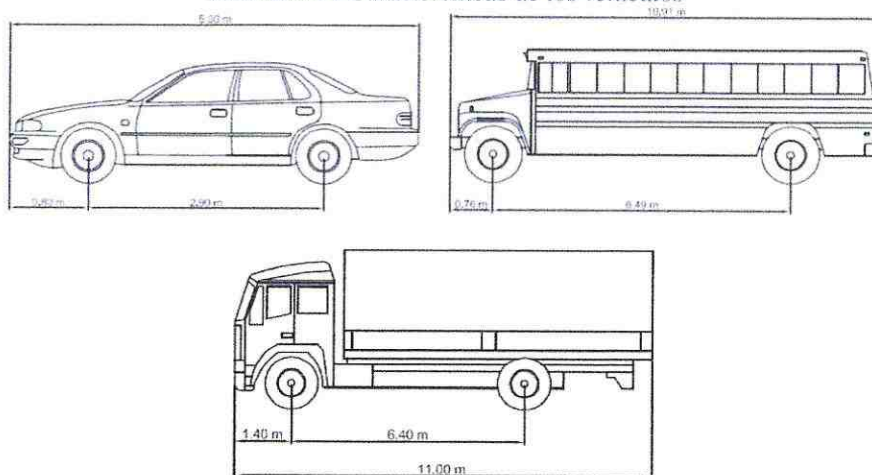
5.1.4 Características de los vehículos

El diseño geométrico de la vía está orientado a definir un trazado que facilite la circulación de los vehículos tanto en el sentido longitudinal como en su ubicación en el sentido transversal de la calzada. El vehículo representativo de todos los vehículos que puedan circular por dicha vía se denomina vehículo de diseño.

El conocimiento de las características de los vehículos que usarán la vía es necesario en lo referente a su clasificación, dimensiones, distribución y peso de sus ejes, así como el radio mínimo de giro.

En general, el manual de diseño geométrico de carreteras considera dos clases de vehículos: livianos y pesados.

Ilustración 1 Características de los vehículos



18

Teniendo en cuenta que sobre la vía transitarán vehículos livianos, buses medianos, camiones grandes del tipo 2 (Camión de dos ejes – Sencillo), los cuales serán los encargados de transportar los insumos y suministros a los diferentes bloques de capacitación, se tomará como vehículo de diseño el tipo 2, cuyo radio de giro mínimo es de 13 metros. A continuación, se describen las dimensiones del tipo de vehículo de diseño, según el manual de diseño geométrico de carreteras:

- Longitud total: 11,00 m
- Ancho: 2,50 m

5.1.5 Seguridad

La vía debe proporcionar al usuario un transporte económico, confortable y seguro. La seguridad se tiene en cuenta desde la etapa de diseño al aplicar las técnicas y principios que aseguren al conductor un viaje sin accidentes, luego,

durante la construcción para considerar la realización de las medidas previstas y durante la utilización de la vía manteniendo adecuadamente los elementos de la carretera y su señalización de tránsito.

5.1.6 Distancia de visibilidad de parada

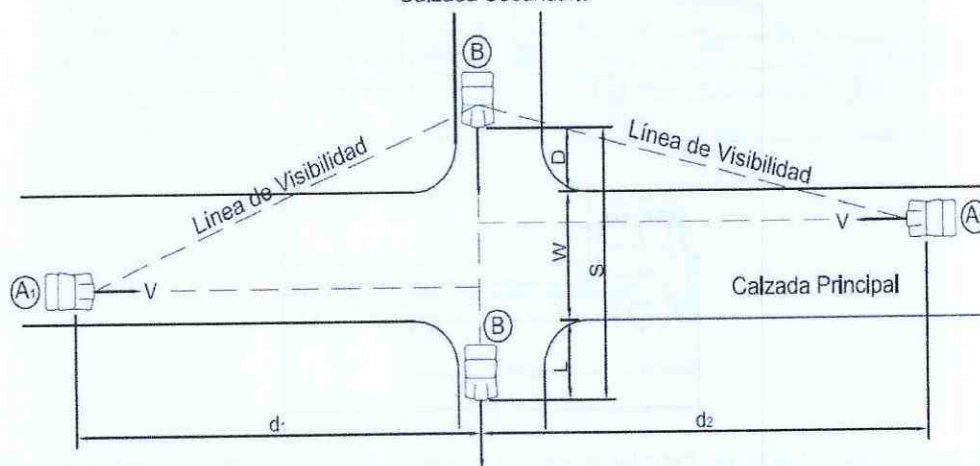
Distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño, pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria. La distancia de visibilidad, tanto vertical como horizontal se debe medir a una altura de 1.15 metros por encima de la calzada, a lo largo del eje de la vía, tanto para el carril más cercano como para el más lejano.

El manual de diseño geométrico de carreteras en la tabla 2.6, define la distancia mínima de visibilidad de parada en tramos a nivel. Para una velocidad de 30 Km/hora la distancia mínima de parada es de 35 metros.

5.1.7 Distancia de visibilidad de cruce

El conductor de un vehículo que se aproxima por la calzada principal a una intersección a nivel debe tener visibilidad, libre de obstrucciones, de toda la intersección y de un tramo de la calzada secundaria de suficiente longitud que le permita reaccionar y efectuar las maniobras necesarias para evitar una colisión.

Ilustración 2 Distancia de visibilidad en intersecciones
Calzada Secundaria



INTERSECCIÓN CON SEÑAL DE PARE EN LA CALZADA SECUNDARIA

Dado que para el empalme con las diferentes vías que circundan las vías de acceso del complejo educativo y turístico se necesita la construcción de una intersección a nivel, con la cual se pueda acceder desde la vía principal a la infraestructura de la biblioteca y viceversa, se hace necesario determinar la distancia mínima de visibilidad de cruce.

El manual de diseño geométrico de carreteras en su tabla 2.11. Especifica las distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho de 7,30 metros, la cual de acuerdo con la sección existente de la vía principal aplica para escoger este valor.



Tabla 7 Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7,30 metros, con dispositivos de control en la calzada secundaria

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA CALZADA PRINCIPAL km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN d ₁ , d ₂		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO L=5.00 m	CAMIÓN DE DOS EJES L=11.0 m	TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIRREMOLQUE DE DOS EJES L=20.89 m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	258
80	160	225	295
90	180	253	332
100	200	281	369

Fuente: (MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS, 2008)

Para una velocidad específica en la calzada principal de 40 Km/h y tomando un camión de dos ejes como vehículo que realiza el cruce la distancia de visibilidad mínima de cruce es de **112 mts.**

5.1.8 Radio de curvatura mínimo de diseño

El Radio mínimo de curvatura es el valor límite de éste para una determinada velocidad de diseño calculado según el máximo coeficiente de fricción y el mayor peralte adoptado para cada velocidad.

20

El radio mínimo se calcula de acuerdo con el criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio.

$$RC_{min} = \frac{(V_{CH})^2}{127 \times (e_{m\acute{a}x} + f_{Tm\acute{a}x})}$$

Para una velocidad de diseño, $V_{CH} = 20$ Km/hora, peralte máximo, $e_{m\acute{a}x} = 6\%$ y coeficiente de fricción transversal $f_{Tm\acute{a}x} = 0,35$, el radio mínimo de curvatura es igual a:

$$RC_{min} = 7,7 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta que el vehículo de diseño es tipo 2 (camión de dos ejes o camión sencillo) con un radio de giro mínimo del orden de 13 metros, se hace necesario suministrar a los vehículos condiciones de desplazamiento cómodas, en aras de permitir giros sin requerir cambios muy fuertes en su velocidad, se toma como radio mínimo el que necesita un vehículo pesado para realizar la maniobra de giro.

Radio mínimo curvatura = 15 metros

5.1.9 Sobreancho

Para el presente proyecto no se diseñarán sobreanchos de los carriles.



5.1.10 Sección transversal

El ancho de los carriles debe ser tal que permitan la operación de vehículos pesados a baja velocidad. Así mismo este dependerá de las condiciones del terreno y los elementos que se vayan a instalar a lado y lado de la sección de la vía.

Para el proyecto se emplearán las siguientes características para la sección transversal de la vía:

- Ancho mínimo de calzada = 6.6 m.
- Ancho de carril = 3,30 m.
- Pendiente transversal de la vía = 2% a ambos lados

Se deberán construir estructuras de drenaje, que permitan garantizar la evacuación de las aguas. Aparte de la sección transversal de la vía, se contará con andenes para el tránsito de peatones y circuitos destinados al tránsito de bicicletas dentro del complejo patrimonial y turístico.

Ancho de andenes = 2 m.

Ilustración 3 Sección transversal de la vía – calles
Sección Típica



Fuente: Elaboración propia

5.1.11 Trazado en perfil

Se tratará de mantener el perfil en la mayoría de las calles. La pendiente longitudinal de la vía se proyecta menor al 1% y las variaciones que se pueden dar en la pendiente longitudinal no obligan al diseño de curvas verticales.

La pendiente longitudinal mínima de la vía será de 0,3% para diseño en terreno plano.

Al presentarse pendientes longitudinales mínimas, se debe garantizar la evacuación de las aguas lluvias a través de sumideros, conducción por tuberías y obras de drenaje adicionales, que permitan un óptimo drenaje de las aguas, fuera de la estructura del pavimento.





5.1.12 Curvas verticales

En todos los puntos de cambio de pendiente se debe proporcionar una curva vertical. A continuación, se mencionan los criterios para determinar la longitud de estas:

- a) Criterio de seguridad: Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada.
- b) Criterio de operación: Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- c) Criterio de drenaje: Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada.

El manual de diseño de carreteras del INVIAS, en su tabla 4.4 define los parámetros mínimos para el diseño de curvas verticales.

Para velocidades de diseño de 20 Km/h:

Curvas Convexas, $K = 1.0$

Curvas Cóncavas, $K = 3.0$

Longitud mínima según criterio de operación = 20 m.

5.1.13 Criterios de diseño de la intersección

22

Teniendo en cuenta que se debe conectar la vía principal (Vía Nacional Ruta 6604 La Legía – Saravena), con la vía de acceso a la infraestructura del complejo educativo patrimonial y turístico, se requiere el diseño de la intersección a nivel para garantizar el ingreso de los vehículos a esta institución, los cuales seguirán los parámetros establecidos por el manual de diseño de carreteras, en su capítulo 6.

5.1.14 Taludes del terraplén

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción, selección, y colocación del material que forma el relleno o realce de la vía, el valor que comúnmente se usa en taludes es el de H2:V1.

El cual representa mayor condición de estabilidad para el terraplén, menor posibilidad de erosión y mayor seguridad a los conductores. Las situaciones en las cuales puede cambiarse el talud H2:V1 por otro mayor (pendiente más suave), corresponden a terraplenes de poca altura o zonas donde es difícil desechar materiales sobrantes de cortes y puede resultar mejor construir terraplenes en vías para acomodar tales materiales.

Un talud menor de 1:2 no es recomendable ya que en general presenta dificultades en la estabilidad del terreno.

Talud de diseño proyecto = H2:V1



6 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO MÉTODO ASSHTO 1993

6.1 ESTABLECIMIENTO DE LAS VARIABLES DE DISEÑO

El método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) – versión 1993 – establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado Número Estructural, el cual se calcula en función de:

- El tránsito especificado como el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el período de diseño
- El nivel de confianza con que se desea calcular el pavimento
- El error normal combinado
- El nivel de serviciabilidad
- El módulo resiliente de la subrasante
- El número estructural del pavimento
- La calidad del drenaje
- Los módulos dinámicos de las diferentes capas de la estructura del pavimento

Asimismo, deben considerarse diversos factores de seguridad que garanticen que la solución obtenida cumpla con un determinado nivel de confianza, los mismos que funcionan a través de determinados parámetros estadísticos.

Cuando el Número Estructural requerido esté determinado, la estructuración del pavimento se realiza por medio de tanteos, indicando espesores para cada una de las capas tomadas en cuenta y calculando en función a estos espesores y a las características de los materiales considerados (haciendo uso de coeficientes estructurales y de drenaje) los números estructurales parciales, los mismos que deben satisfacer el valor total requerido una vez sumados.

Por razones simplemente constructivas (como, por ejemplo: el tamaño máximo de las partículas, el espesor mínimo para compactación de la capa superior, el tráfico y la estructura del pavimento), los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos.

El método de la AASHTO - versión 1993 - proporciona la siguiente ecuación con la finalidad de calcular el Número Estructural Total (SN), el mismo que debe satisfacer la estructura del pavimento.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{IPS}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

6.1.1 Variables Independientes

W₁₈: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 8.2 Ton o 80 KN acumuladas en el periodo de diseño (n)

Z_r: Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.



So: Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

ΔIPS: Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la "planitud" (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial (P_0)) y su planitud al final del periodo de diseño (Serviciabilidad Final (P_f)).

M_R: Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y subbases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

6.1.2 Variables Dependientes

SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

El método AASHTO 93 proporciona la siguiente ecuación para la estructuración de un pavimento:

$$SN_{REQ} = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Dónde:

SN_{REQ}: Número Estructural Total requerido.

a₁, a₂, a₃: Coeficientes estructurales de los materiales.

m₂, m₃: Coeficiente de drenaje de materiales granulares.

D₁, D₂, D₃: Espesores asumidos de las capas.

Una vez obtenido el Número Estructural Total (SN_T) requerido el cual debe satisfacer la estructura total del pavimento, el dimensionamiento se reduce a un sencillo problema aritmético, debido a que a₁, a₂, a₃, m₂ y m₃ son valores conocidos mientras que D₁, D₂ y D₃ son valores asumidos, de modo tal que se debe cumplir con la igualdad una vez realizadas las operaciones indicadas en la ecuación anterior.

El método también indica que cada una de las capas debe cumplir con un Número Estructural de capa (SN_i). Los cálculos se realizan en forma similar que el Número Estructural Total, pero considerando el Módulo Resiliente del material subyacente. De este modo, se garantiza que haya una coherencia estructural tanto entre el espesor total del pavimento y la calidad de la subrasante como entre el espesor de cada capa y la calidad del material de la capa inmediatamente inferior. Asimismo, existen valores mínimos que deben considerarse en función al volumen de tráfico.

Se debe cumplir la condición que el número estructural SN (Tránsito) para el tránsito de diseño sea menor o igual al número estructural SN (Estructura) total de la estructura, calculado mediante la expresión de general del número estructural.

$$SN_{(Tránsito)} \leq SN_{(Estructura)}$$



Si la condición se cumple, los espesores adoptados en el modelo estructural son adecuados y se pasa a buscar la optimización de la estructura. Si no se cumple esta condición, se deben modificar los espesores de las capas o plantear otras alternativas de capas. La solución no es única, depende de las alternativas de diseño, de los materiales y de los espesores y calidades de las capas consideradas.

6.1.3 Estimación del tránsito de diseño

El Estudio de Tránsito constituye un elemento fundamental en lo que tiene que ver con la toma de decisiones adecuadas para el desarrollo de proyectos tendientes al mejoramiento, construcción y adecuación de vías.

Esta variable se determina mediante el uso de series históricas de conteo de vehículos, el cual luego de un análisis se calculan los ejes equivalentes de 8,2 Ton, para el diseño de estructuras de pavimentos. Lamentablemente una situación bastante frecuente es la de carecer de información de las series históricas y características del tránsito en las carreteras de bajos volúmenes.

La ilustración No. 4, 5 y 6, muestran la configuración del camión de diseño tipo C2G, de los buses que podrían circular por las vías, y del C3; el cual es un vehículo típico para el cargue de materiales y productos.

Los camiones tipo C2 transmiten una carga total de 17 Toneladas al pavimento, en tanto que los camiones C3 son los vehículos de mayor peso que se espera circulen por las vías del complejo educativo, patrimonial y turístico. Este último, tiene un eje simple de rueda simple adelante, y un eje tándem atrás. Los pesos máximos para estos ejes están regulados por la resolución 004100 del 2004 del Ministerio de Transporte, por lo cual se usa el peso máximo permitido para efecto de los análisis en el presente estudio. El camión C2G al igual que el bus, están compuestos por 2 ejes simples, uno simple con rueda sencilla que transmite una carga de 6 Toneladas y otro eje simple con rueda doble que transmite una carga de 11 toneladas.

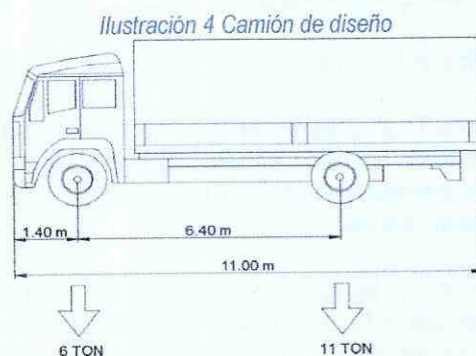
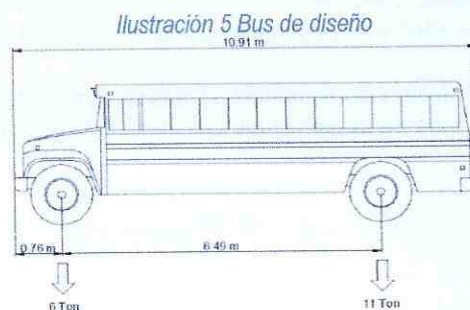
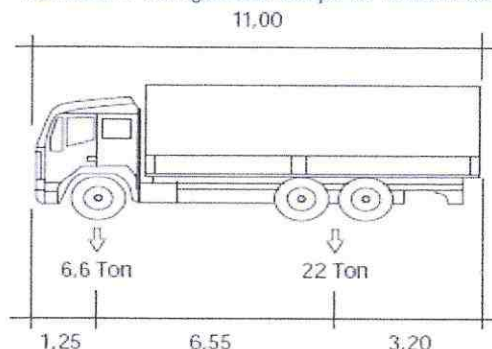


Ilustración 6 Configuración de tipo de vehículo C3



Teniendo en cuenta que el complejo educativo patrimonial y turístico parque de la vida, consiste en la construcción de una biblioteca, un parque ecoturístico, un campus universitario, casas de formación cultural y un centro de convenciones; se hará indispensable la entrada y salida de camiones que transporten los suministros a estas áreas, de igual forma se tendrá en cuenta los buses encargados de transportar estudiantes.

Dado que el daño causado por los automóviles es despreciable y no se tiene en cuenta para el dimensionamiento de la estructura del pavimento, solo se determinará el número de vehículos comerciales que transitarán en una semana, por las vías internas de este complejo urbanístico.

Para este caso se asume que diariamente entrarán en promedio quince (15) camiones tipo C2G y quince (15) camiones tipo C3, que estarán circulando por el carril de diseño y que estarán destinados al abastecimiento de suministros y cargue de materiales producto de la cotidianidad de la población que ocupe el complejo educativo, patrimonial y turístico. Así mismo, dependiendo de la densidad de estudiantes que ocuparan los espacios del campus universitario, se tendrá en cuenta la circulación de buses que transportarán personal, los cuales se estiman en diez (10) buses diarios a doble jordaná que en total serían veinte (20) buses diarios que circularán diariamente por esta vía.

26

En total se calcula que circularán cerca de (50) vehículos comerciales por día, por el carril de diseño.

A continuación, se presenta el porcentaje de vehículos comerciales:

TPo = 50 Vehículos Comerciales

% Buses =	40%
% C2G =	30%
% C3 =	30%

Para el cálculo de ejes equivalente de 8,2 Ton, se determinan las variables tales como periodo de diseño, ancho de calzada, factor de distribución por sentido, tasa de crecimiento anual del tránsito y factor de daño de los vehículos comerciales.

6.1.4 Periodo de diseño

El periodo de diseño se establece con base en el tránsito que tendría la vía en el año cero y constituye la primera definición que debe adoptar el diseñador, ya que de ella dependerá la cuantificación del tránsito acumulado durante el tiempo de vida útil o periodo del diseño. La definición del periodo de diseño es función del Tránsito Promedio Diario

(TPD) inicial de la vía. La siguiente tabla, muestra los periodos de diseño sugeridos según los niveles de TPD inicial y del número de carriles por sentido.

Los métodos usuales para el diseño de pavimentos asfálticos consideran esta variable en términos de repeticiones de ejes de 80 kN en el carril de diseño, cuya valoración con cierto grado de confiabilidad exige un conocimiento más o menos preciso de la magnitud de las cargas pesadas circulantes, a efectos de establecer su respectiva equivalencia con el eje patrón de diseño.

En el MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS) se clasifica el tránsito de diseño en 2 niveles, en función del número de ejes equivalentes de 80 kN previstos durante el período de diseño en el carril de diseño

Tabla 8 Niveles de Tránsito

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

Fuente: Tabla 2.1 del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS)

Tomando en consideración que el límite del nivel de tránsito para aplicar el MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS) es 500.000 ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño durante el período de diseño, y como la vía en estudio prevé un tránsito menor, y la aplicabilidad del manual refiere solo hasta un periodo de 10 años, se debe tomar en consideración esta condición.

Dado el bajo nivel de tránsito de las vías que caen dentro del ámbito de este manual y considerando las limitaciones de tipo operativo con que probablemente desarrollen su misión las entidades encargadas de su construcción y su mantenimiento, se ha considerado prudente adoptar un periodo de diseño estructural de diez (10) años.

Para el presente proyecto, adoptaremos entonces; el periodo de diseño de 10 años.

6.1.5 Sección vertical de la vía

Las vías del proyecto tienen anchos calzada prácticamente invariables, según la configuración arquitectónica del proyecto, las vías principales tendrán ancho de calzada de 6.6 metros, comprendidas generalmente por dos carriles uno en cada dirección o sentido.

6.1.6 Factor de distribución por sentido

Dado que las vías del complejo educativo, patrimonial y turístico, en su mayoría contarán con calzadas de ancho mayor a seis (6) metros, se considera como tránsito de diseño la mitad del total.



Tabla 9 Tránsito por adoptar para el diseño según el ancho de la calzada Factor Direccional (Fd)

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5 m	Total en los dos sentidos	1.0
Igual o mayor de 5 m y menor de 6 m	3/4 del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor de 6 m	1/2 del total en los dos sentidos	0.50

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito

Fd = 0,50

6.1.7 Tasa de crecimiento anual

Dado que no se cuenta con serie histórica de tránsito para las vías en análisis; para este proyecto se toma una tasa de crecimiento de 3,0%, teniendo en cuenta los porcentajes que sugiere el manual de diseño del INVIAS, que con base a las carreteras con bajos volúmenes de tránsito van del 2,0% – 3,0%.

r = 3,0%

6.1.8 Factor de daño de los vehículos comerciales

Se tendrá en cuenta el establecido por el instituto nacional de vías INVIAS.

Tabla 10 Factor de daño de carga por grupo vehicular

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0.0
Bus grande		1.0
C2p	0.01	1.01
C2g	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
>C5	0.26	5.23

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito

6.1.9 Parámetros de tránsito de diseño

Tabla 11 Parámetros de diseño del tránsito futuro

Parámetros de Diseño

TPo	50
% VC	100
Periodo de diseño (años)	10
Tasa de crecimiento anual{r}	2.5%
Ancho de Calzada Promedio (m)	6.6
Factor distribución por sentido	0.5

6.1.10 Proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño

Para el cálculo de esta variable se utilizó la siguiente formula:

$$NVC = 365 \times TPD_o \times \%Vc \times Fd \times \frac{(1 + r)^n - 1}{Ln(1 + r)}$$

$$NVC = 365 \times 50 \times 1 \times 0.5 \times \frac{(1 + 0.03)^{15} - 1}{Ln(1 + 0.03)}$$

$$NVC = 172,248 \text{ Vehiculos Comerciales/Carril de diseño/Periodo de diseño}$$

6.1.11 Determinación del Factor Camión (FC)

Tabla 12 Determinación del FC

1	2	3	4	5	6
Tipo de Vehículo	TPDo. Vehículos	% Vehículo	No. de vehículos Comerciales Diarios	Factor de Daño (FD)	$FC = \frac{(4) \times (5)}{\text{Total (4)}}$
Bus (B)	20	40%	20	1	0.40
Camión C2G	15	30%	15	2.72	0.82
C3	15	30%	15	3.72	1.12
TOTAL			50		2.33

$$FC = 2,34$$

6.1.12 Determinación del número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño para el periodo de diseño

$$NESE = NVC \times FC$$

$$NVC = 172,248 \times 2,34$$

$$NESE = 406,060 \text{ Ejes equivalentes de 8,2 Ton}$$

6.1.13 Determinación del nivel de Tránsito

El INVIAS, consideran en el documento tres (3) niveles de tránsito en función del tránsito de diseño expresado en número de ejes equivalentes de ochenta kilonewtons (N) en el carril de diseño, como 80kN se indica en la Tabla No. 13.

Tabla 13 Niveles de tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} \geq 5,0$



6.2 DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO

Este aparte del presente informe está encaminado en mostrar las principales características y los parámetros geomecánicos más representativos de la subrasante natural. A través del estudio de suelos se logró determinar el tipo de suelo, sus propiedades físico-mecánicas más representativas, el perfil estratigráfico y la capacidad de soporte del suelo (CBR) a una profundidad útil para el diseño de la estructura de pavimento, en total se distribuyeron 4 apiques.

6.2.1 Trabajo de campo

Con el fin de identificar los principales procesos geomorfológicos presentes en el área de estudio, y de acuerdo con la zona del proyecto, se realizaron diferentes sondeos y/o apiques encaminados a analizar, de forma detallada, las características presentes.

Se realizaron cuatro (4) perforaciones, los resultados de los registros de exploración del subsuelo, tipo de equipo, herramientas utilizadas, así como las operaciones de muestreo quedaron señalados en las notas de campo.

Dentro de la caracterización geotécnica se realizaron puntos de exploración a lo largo de los tramos objeto de la pavimentación. Los apiques fueron distribuidos de manera que se obtuviera la mayor cobertura posible, alternado la posición de toma de izquierda a derecha. En total se realizaron 4 apiques exploratorios a lo largo de los tramos. En cada uno de estos puntos se realizó un apique a cielo abierto hasta una profundidad de 1.50 m. para verificar la estratigrafía y presencia de niveles freáticos. Se hizo la toma de muestras in situ para clasificaciones y determinación de CBR. También se llevaron a cabo los siguientes ensayos de laboratorio:

Tabla 14 Ensayos de laboratorio para determinación de CBR

ENSAYO	NORMA I.N.V.	ENSAYO	NORMA I.N.V.
Humedad natural	E-122	Ensayo de CBR	E-148
Límite Líquido	E-125	Análisis Granulométrico	E-123
Índice de plasticidad	E-125 y E-126		

30

6.2.2 Análisis geotécnico

El terreno en general está compuesto por una capa de material vegetal en promedio de 30 cm. Bajo la capa vegetal el suelo está compuesto por arena limosa amarilla de compacidad suelta en profundidades de varían entre 20 y 70 cm. Bajo esta capa de arena limosa, continúan capas de gravas mal gradadas con limo amarillo y sobretamaños de 4".

6.2.3 CBR para diseño

En la exploración de la subrasante se llevaron a cabo 4 apiques exploratorios con toma de muestras para el ensayo de CBR en humedad y luego de 96 horas de inmersión. Para este proyecto se deberá determinar el módulo resiliente (M_r) a partir de ensayos realizados de CBR en condiciones sumergidas como lo establece el apartado 4.7.3 del manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tránsito del Invias. Esta opción se considera ya que, por condiciones de pluviosidad de la zona y nivel freático cercano a la superficie, el suelo puede presentar una humedad cercana a la de saturación, razón por la cual se evaluará la resistencia mecánica de la subrasante en condiciones sumergidas.

Para vías de categorías hasta NT2, se permite realizar la evaluación de la capacidad mecánica de la subrasante mediante la medición de CBR. Una vez se tenga definido el valor de CBR que represente al suelo del tramo o CBR





característico, se pudo inferir el Módulo Resiliente (M_r) con correlaciones. La expresión para estimar el módulo resiliente en función del CBR, es la expresión recomendada en la guía Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, (AASHTO, 2015), que guarda correspondencia con la expresión determinada en el Laboratorio de Transporte e Investigación de Carreteras del Reino Unido (TRRL), propuesta inicialmente por Powell et al. para ser aplicada en suelos con valores de CBR entre 2 y 12%.

$$M_r \text{ (MPa)} = 17.6 * (CBR)^{0.64}$$

Para los suelos con valores de CBR entre 12 y 80%, se recomienda la siguiente expresión del Laboratorio de Transporte e Investigación de Carreteras del Reino Unido (Transport and Road Research Laboratory TRRL, 1987).

$$M_r \text{ (MPa)} = 22.1 * (CBR)^{0.55}$$

6.2.4 CBR característico (CBR_C)

Para el diseño de un tramo de vía, los métodos de diseño requieren que la subrasante este caracterizada con un valor de módulo resiliente o una ecuación constitutiva, sin embargo, se puede presentar una variabilidad en los resultados de los ensayos dentro de un rango determinado. Dicha variabilidad es un fenómeno natural que depende de varios factores, incluyendo las características inherentes al suelo del lugar, métodos de muestreo, métodos de ensayo y otros.

Para calcular el CBR característico (CBR_C), o el Módulo Resiliente Característico (M_{rC}) se debe utilizar la siguiente expresión:

$CBR_C = CBR_{medio} - s * k(p)$, $\geq CBR_{mínimo}$ (Ecuación 4,11 - Manual de diseño de pavimentos de vías con medios y altos volúmenes de tránsito, Segunda versión, 2018)

Si $CBR_C < CBR_{mínimo} \rightarrow CBR_C = CBR_{mínimo}$

- CBR_C: CBR característico
- CBR_{medio}: media de los valores de CBR en la unidad homogénea
- CBR_{mínimo}: menor de los valores de CBR en la unidad homogénea
- S = desviación estándar de los datos de CBR medidos en la unidad de diseño
- K(p) = valor que depende del nivel de confianza y del número de datos
- P = Probabilidad en %. Para vías de categoría NT1, se recomienda un valor de p del 85%, para vías de categoría NT2, se recomienda un valor de p del 90% y para vías de categoría NT3 se recomienda un valor de p del 95 %.

Los valores de k (p), se toman del artículo 107 tabla 107.1 de las especificaciones generales de construcción INVIAS 2022.





Tabla 15 Factor que establece los límites del intervalo de confianza (k)

Probabilidad (p) (%)	Número de resultados (n)													
	P	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	60	0,489	0,4208	0,3756	0,3424	0,3168	0,2963	0,2792	0,2650	0,2529	0,2421	0,2325	0,2241	
	70	0,6249	0,5320	0,4719	0,4287	0,3957	0,3694	0,3478	0,3296	0,0253	0,3004	0,2884	0,2778	
	75	0,7115	0,6011	0,5311	0,4811	0,4540	0,4133	0,3890	0,3681	0,3291	0,3353	0,3218	0,3091	
	80	0,8189	0,6857	0,6025	0,5442	0,5002	0,4656	0,4373	0,4137	0,3936	0,3761	0,3609	0,3473	
	85	0,9620	0,7951	0,6936	0,6236	0,5717	0,5307	0,4977	0,4701	0,4469	0,4266	0,4089	0,3932	
	90	1,1767	0,9534	0,8226	0,7345	0,6698	0,6198	0,5797	0,5465	0,5184	0,4943	0,4733	0,4548	
	95	1,5912	1,2417	1,0494	0,9248	0,8360	0,7679	0,7154	0,6718	0,6354	0,6043	0,5774	0,5538	
	99	2,9204	2,0590	1,6461	1,4013	1,2373	1,1185	1,0277	0,9556	0,8966	0,8472	0,8051	0,7686	

Fuente: Especificación Art. 107-22 Invias

Para este proyecto se tienen los siguientes resultados de los ensayos:

Las muestras para el CBR INALTERADO se tomaron a una profundidad promedio de 0.33 m. Los datos obtenidos se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 16 Resultados de determinación de CBR INALTERADO

APIQUE	PROFUNDIDAD (cm)	CBR NATURAL	CBR SUMERGIDO
No. 1	29	8.68	5.35
No. 2	32	7.30	4.90
No. 3	33	7.38	4.82
No. 4	37	7.46	4.41

32

N = 4
S = 0.39
CBR min = 4.41 %
CBR medio = 4.87 %
K(p) = 0.962
CBR c = 4.50 %

De acuerdo con datos de CBRc obtenido (CBRc = 4.50%), se puede inferir que el suelo de subrasante se clasifica como S2, de acuerdo con las categorías de la subrasante definidas por el INVIAS en la tabla 4.4 del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO.

Tabla 17 Categoría de la subrasante según INVIAS

CATEGORÍA	CBR (%)	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE
S1	CBR ≤ 3	Malo
S2	3 > CBR ≤ 5	Regular
S3	5 > CBR ≤ 10	Bueno
S4	CBR > 10	Muy Bueno

Fuente Invias, MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO



Como se pudo evidenciar en los reportes de laboratorio, los cuales están consignados en la tabla No. 15 del presente documento, los ensayos de CBR fueron efectuados a capas superficiales del terreno.

De acuerdo con el diseño geométrico no es necesario el realce exhaustivo de terraplenes, por cuanto el terreno no es inundable y es susceptible de reemplazo con las capas de sub-base, base y carpeta, que en suma podrían reemplazar los 20 a 70 centímetros “malos” del terreno. Por lo tanto, la recomendación será: excavar los estratos de las capas superiores conformados por la arena limosa amarilla y cimentar la estructura del pavimento sobre la capa de grava adyacente.

Esta capa subyacente se trata de un estrato de grava mal gradada con sobretamaños que claramente pueden ofrecer una mejor capacidad de soporte. En aquellos casos donde el material areno limoso tenga un espesor mayor a la estructura conformada por la carpeta asfáltica, base y subbase juntos se propondrá un mejoramiento de la subrasante con material de río TM=4” de 20 cm. y se obtendrá la capacidad portante equivalente con el cual se realizará el diseño del pavimento.

En zonas donde se deban construir terraplenes, estos deberán ser en material tipo relleno con CBR mínimo de 5%, con el fin de brindar una plataforma de trabajo que permita la circulación de los vehículos de obra, la definición de una capa homogénea en términos de capacidad portante para el apoyo de la estructura del pavimento y el aislamiento de las aguas superficiales. La colocación de este material permite el aumento gradual del valor de soporte dado el proceso de compactación y densificación al cual se verá sometido el material a utilizar en el realce del terraplén.

Teniendo en cuenta que realizar el mejoramiento de la subrasante con materiales que cumplan los requisitos mínimos de que trata el Artículo 220 de las Normas y especificaciones INVIAS 2022, supondría la necesidad de efectuar la instalación de materiales cuyo máximo porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en masa sea del 35%, es decir; se debería realizar la instalación de materiales granulares que requieren de un acarreo extenso, aumentando significativamente el costo del proyecto, las repeticiones y por ende cargas sobre las estructuras de la vía y aumentando la huella de carbono.

En la práctica de diseño de pavimentos, es recomendable apoyar las capas de las estructuras viales sobre subrasantes o plataformas con CBR mínimo de 5%, lo anterior con el fin de soportar de manera adecuada dichas capas durante el proceso constructivo del pavimento, entendiéndose que sobre plataformas con CBR bajos, los procesos de compactación de capas granulares o asfálticas se dificultan y pueden generar fallos estructurales que se observarán en el corto plazo. Cuando se reportan en un estudio de suelos, CBR inferiores a 5%, se recomienda sustituir parte de la subrasante por capas de material de conformación, rajón u otros materiales similares.

Por lo tanto, se tomará el valor de CBR de diseño igual a 4,5%.

Así las cosas:

Mr (MPa) =	$17.6 * (CBR)^{0.64}$
Mr (MPa) =	$17.6 * (4.5)^{0.64}$
Mr (MPa) =	46.08
Mr (psi) =	6,690

6.3 NIVEL DE SERVICIABILIDAD

La serviciabilidad de un pavimento se ha definido como su habilidad de servir al tipo de tráfico que utiliza la facilidad vial. La medida fundamental de la serviciabilidad, tal como fue establecida en el Experimento Vial de la AASHTO, es el Índice de Serviciabilidad Actual (PSI), y que puede variar entre los rangos de cero (0) -vía intraficable- a cinco (5) -vía con un pavimento perfecto-. Los índices de serviciabilidad inicial (P_o) y final -o terminal- (P_f), deben ser establecidos para calcular el cambio total en serviciabilidad que será incorporado en la ecuación de diseño. El Índice de Serviciabilidad Inicial (P_o) es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de 4,2. El índice de Serviciabilidad Final (P_f), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes:

Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico:

$$P_f = 2.5-3.0$$

Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas Interurbanas,

$$P_f = 2.0-2.5$$

Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de

$$P_f = 1.8-2.0$$

Se recomienda que, normalmente el valor de P_f nunca sea menor de 1.8, aun cuando las características de tráfico de la vía sean muy reducidas.

De ser ese el caso, lo que se recomienda es disminuir el período de diseño.

Los criterios de aceptación por el público usuario de una vía, en función de la condición de servicio, que pueden servir como indicadores para la adecuada selección del valor de serviciabilidad final (P_f), son, de acuerdo con lo indicado en la Guía de Diseño AASHTO-93 son:

Tabla 18 Valores de P_f

Valor de P_f	% de usuarios que aceptan como buena la condición de servicio del pavimento
3.0	82
2.5	45
2.0	15

Fuente AASTHO-93

El valor de diseño para el criterio de comportamiento que se introduce en la ecuación de diseño es la diferencia entre P_o y P_f , es decir:

$$\Delta_{PS} = P_o - P_f$$

Para el presente caso de estudio se toma $P_o = 4,20$ y $P_f = 2,0$. Por lo tanto,

$$\Delta_{IPS} = 4,20 - 2,0$$

$$\Delta_{IPS} = 2,20$$

6.4 NIVEL DE CONFIANZA, R (%)

Esta variable tiene en cuenta el grado de incertidumbre que se presenta durante la estimación de las variables de diseño. Introduce para tal fin un factor de seguridad al diseño. A continuación, se presentan los valores de confiabilidad R, recomendados por la AASHTO.

Tabla 19 Niveles Recomendados de Confiabilidad (R)

Clasificación de la vía	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85-99,9	80-99,9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectores	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASTHO Guide for Design of Pavement Structures Washington D.C., 1993. P. II-9

Se define la vía como una carretera local urbana el cual el valor de confiabilidad R, oscila entre 50% - 80%

R = 80%

De acuerdo con el nivel de confiabilidad se determina el valor de la desviación normal estándar (Zr), con que se desea diseñar el pavimento de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 20 Valores de desviación normal estándar, Zr

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99,99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Fuente: AASTHO Guide for Design of Pavement Structures Washington D.C., 1993. P. I-62

Para un nivel de confiabilidad R = 80%, se tiene una desviación estándar **Zr = -0,841**

6.5 ERROR NORMAL COMBINADO, (SO)

Para el diseño de pavimentos es necesario determinar el error normal combinado (So), el cual tiene en cuenta el error o desviación del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación de las propiedades de la subrasante, la variación en la estimación del tránsito, la variación de las condiciones climáticas y la variación en la calidad de la construcción. Esta variable se define de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 21 Error normal combinado para pavimentos flexibles, (So)

Proyecto de pavimento	So	
	Flexible	Rígido
	0,40 - 0,50	0,30 - 0,40
Construcción nueva	0,45	0,35
Sobrecapas	0,50	0,40

Fuente: AASTHO Guide for Design of Pavement Structures Washington D.C., 1993. P. I-62

Para un pavimento flexible y construcción nueva, se toma un **So = 0,45**.

6.6 MÓDULOS DE LOS MATERIALES Y COEFICIENTES ESTRUCTURALES

6.6.1 Módulo y coeficiente estructural del concreto asfáltico

El coeficiente estructural de la mezcla asfáltica, se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$a_1 = 0,184 * \ln(E_{CA}) - 1,9547$$

En el presente caso, no se conoce el Módulo Elástico de la mezcla asfáltica, y tampoco se cuenta con la estabilidad Marshall de la mezcla por lo que se tomará como base para el presente estudio, los parámetros recomendados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS 2007) para capas de rodadura conformadas por una mezcla asfáltica tipo MDC-19

Tabla 22 Parámetros recomendados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS 2007) para capas de rodadura conformadas por una mezcla asfáltica tipo MDC-2.

TMAP (°C)	a_1	E (MPa)
10	0.50	4479
15	0.47	3764
20	0.44	3162
25	0.41	2686
30	0.37	2161

Fuente - PAVIMENTOS - MATERIALES, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO (RONDÓN, H. A. Y REYES, F. A. 2015)

Por interpolación lineal, teniendo en cuenta que el municipio de Saravena se presenta una TMAP = 27 °C, se tiene:

TMAP (°C)	E [MPa]
27	2476

Con el valor E_{CA} , se calcula el valor del coeficiente estructural del concreto asfáltico, **2.476 MPa = 359.114 psi**

$$a_1 = 0,184 * \ln(359.114) - 1,9547$$

$$a_1 = 0.399$$

Para la etapa constructiva se deberá realizar la caracterización de la mezcla densa en caliente a emplear y ajustar este parámetro en el diseño de los espesores.

6.6.2 Módulo y coeficiente estructural de bases granulares no-tratadas

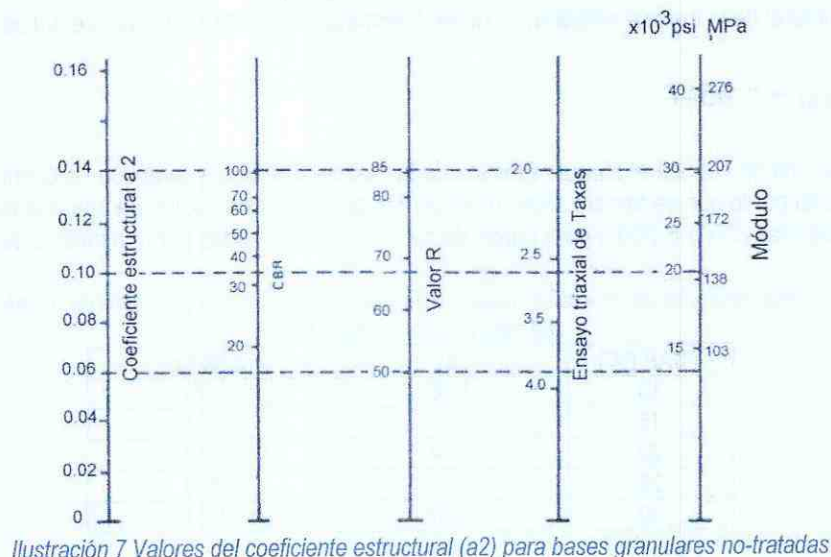
El coeficiente estructural para el caso de que la capa base esté constituida por agregados no-tratados (a_2) (tal como es el caso de las bases de piedra picada, grava triturada, grava cernida, etc.), se determina, a partir del Módulo de Elasticidad (E_{bg}) de la base granular, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$a_2 = 0,249 * \log(E_{bg}) - 0.977$$



Para esta ecuación debe tomarse en cuenta que el valor se acota en un máximo de 0.14, excepto cuando se emplea agregado siderúrgico con $CBR > 110\%$, cuando se acepta un valor de 0.15.

También puede emplearse el gráfico de la Figura 2, para determinar el valor del coeficiente estructural de la capa base de material granular no-tratado, cuando se disponga del valor de CBR, Hveem o Triaxial de Texas.



En nuestro caso, se exigirá una base granular que tenga un CBR de por lo menos un 95% por lo tanto el E_{bg} en el presente diseño se asumirá con un valor de 30000 psi $\approx$ 207 MPa.

$$a_2 = 0,249 * \log(30000) - 0.977$$

$$a_2 = 0.138$$

6.6.3 Módulo y coeficiente estructural de subbases granulares no-tratadas

El coeficiente estructural para el caso de que la capa base esté constituida por agregados no-tratados (a_{sb} o a_3) (tal como es el caso de las subbases de grava cernida, granzón natural, granzón mezclado, etc.), se determina, a partir del Módulo de Elasticidad (E_{sb}), mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$a_3 = 0,227 * \log(E_{sb}) - 0.839$$

Para esta ecuación debe tomarse en cuenta que el valor se acota en un máximo de 0.14.

También puede emplearse el gráfico de la Figura 3, para determinar el valor del coeficiente estructural de la capa subbase de material granular no-tratado, cuando se disponga del valor de CBR, Hveem o Triaxial de Texas



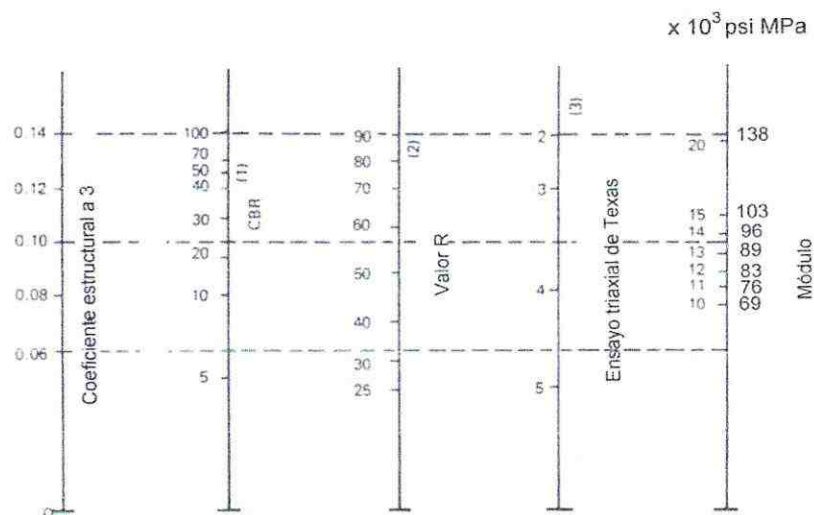


Ilustración 8 Valores del coeficiente estructural (a₃) para subbases granulares no-tratadas

En nuestro caso, se exigirá una subbase granular que tenga un CBR de por lo menos un 30% por lo tanto el E_{subg} en el presente diseño se asumirá con un valor de 18000 psi ≈ 124 MPa.

$$a_3 = 0,227 * \log (18000) - 0.839$$

$$a_3 = 0,127$$

6.6.4 Coeficientes de drenaje

El Método AASHTO '93 para el diseño de pavimentos flexibles proporciona un sistema para ajustar los coeficientes estructurales en forma tal que tomen en consideración de los niveles de drenaje sobre el comportamiento del futuro pavimento.

El efecto de la calidad del drenaje sobre la estructura del pavimento se toma en cuenta a través de un "factor de ajuste (m)", y por el cual se multiplican los coeficientes estructurales de la base (a_{bg}) o de la subbase (a_{subg}), sólo en el caso de que los materiales/mezclas que constituyan estas capas sean del tipo no-tratados.

Tabla 23 Valores de mis recomendados para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 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 malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente - PAVIMENTOS - MATERIALES, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO (RONDÓN, H. A. Y REYES, F. A. 2015)

Las condiciones de drenaje del terreno se consideran adecuadas, ya que presenta niveles que permiten aislar las aguas superficiales de la estructura del pavimento. Además, en el área destinada para la construcción del complejo

educativo, patrimonial y turístico, se estima que la temporada de lluvias dura aproximadamente seis meses, lo que implica que el pavimento estará expuesto a condiciones de humedad cercanas a la saturación en más del 25% del tiempo. Esto se debe a que el terreno es relativamente plano y su nivel freático, durante la temporada de invierno, se encuentra cerca de la superficie.

Por tal motivo los coeficientes de drenaje de las capas que componen la estructura del pavimento son:

$$\begin{aligned} m_1 &= 1,00 \\ m_2 &= 0,80 \\ m_3 &= 0,80 \end{aligned}$$

Para concreto asfáltico, base granular y subbase granular, respectivamente.

En resumen, las variables para el diseño de la estructura del pavimento son:

Tabla 24 Valores de las variables para el diseño de la estructura

N _{8,2} TON =	403,060				
PSI Inicial	4,2	PSI Final	2	Δ IPS =	2,20
R (%)	80%	Zr =	-0,841	So =	0,45
E asfalto (psi)	359.114	a ₁	0.399	m ₁ =	1,0
E base (psi)	30.000	a ₂	0.138	m ₂ =	0,80
E subbase (psi)	18.000	a ₃	0.127	m ₃ =	0,80
E subrasante (psi)	6.690	CBR subrasante	4.5 %		

Fuente – ELABORACIÓN PROPIA

6.7 CÁLCULO DE LOS NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO

Con los datos anteriores se determina los números estructurales de cada una de las capas que componen la estructura del pavimento. Para el cálculo de los SN, se utilizará la ecuación establecida por la AASHTO-93, empleando el programa de cálculo de numero estructural (SN), del ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela.

Los valores de SN obtenidos para cada una de las capas se presentan a continuación:

Como complemento de los cálculos anteriores se presentan los valores arrojados por el software método AASTHO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis Ricardo Vásquez Varela.

Ilustración 9 Cálculo del número estructural SN de la base

Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R. Vázquez

Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vázquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento: ☒ Flexible ☐ Rígido

Confiability (R) y desviación estándar (So): 80 % Zr = -0.841 So: 0.45

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

Tránsito de diseño: W18: 403060

Pavimento flexible

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (ai)	Coefficiente de drenaje (mi)	SN necesario	Esesor D (plg.)	Esesor D* (plg.)	SN* dispuesto
1	359114	$E/a?$	0.399	1.00	4.01	4.5	1.80
2	30000	$E/a?$	0.138	0.8	1.49	1.5	0.44
3	18000	$E/a?$	0.127	0.8	5.74	6.0	0.61
4	6690	MR					2.85 OK

W18 real: 4.36E+005

Cálculo de W18 para un SN: SN: W18:

☐ Quitar el control de variables

Números estructurales SN calculados

Estructural Calculado	
SN1	1.60
SN2	1.96
SN3	2.82

40

Con estos datos se calculan los diferentes espesores:

Espesor de la capa asfáltica: 4.5"
Espesor de la capa base: 1.5"
Espesor de subbase: 6.0"

De acuerdo con el manual AASTHO 93, para el tránsito esperado los espesores materiales granulares no pueden ser menores de 4". Así las cosas, la primera alternativa quedará

Espesor de la capa asfáltica: 4.5"
Espesor de la capa base: 4"
Espesor de subbase: 6"

Así las cosas, la estructura del pavimento quedaría:

Tabla 25 Opción No. 1 de diseño de la estructura

C.A MDC-19	h1 (cm)= 11.5
Base Granular -38	h2 (cm)= 10
Subbase Granular -38	h3 (cm)= 15

Mediante la hoja de cálculo de Excel, proporcionada en el LIBRO GUÍA: PAVIMENTOS - MATERIALES, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO (RONDÓN, H. A. Y REYES, F. A. 2015) se hará la determinación de otros espesores como alternativas de la estructura del pavimento con el mismo método de diseño para verificar la estructura más económica y que cumpla el criterio de capacidad estructural.

Tabla 26 Determinación de otras alternativas de diseño de la estructura

MATERIAL	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
C.A MDC-19	h1 (cm)= 11.5	h1 (cm)= 10.0	h1 (cm)= 9.0	h1 (cm)= 8.0
Base Granular -38	h2 (cm)= 10.0	h2 (cm)= 15.0	h2 (cm)= 15.0	h2 (cm)= 15.0
Subbase Granular -38	h3 (cm)= 15.0	h3 (cm)= 15.0	h3 (cm)= 20.0	h3 (cm)= 25.0
Σh (estructura)	36.5 cm	40.0 cm	44.0 cm	44.0 cm

Con los espesores calculados, es conveniente realizar también un chequeo de esfuerzos y deformaciones bajo los mecanismos de falla que podría presentar la estructura y revisar cuál de estas alternativas técnicamente no es factible con el espesor asumido.

Además, se debe realizar la evaluación económica para determinar cuál de las alternativas representa una mayor favorabilidad en términos de costos.

6.8 ESFUERZOS, DEFORMACIONES Y DEFLEXIÓN ADMISIBLES

Es conveniente realizar el chequeo de la estructura de pavimento diseñada por el método AASTHO, con el propósito de verificar que los esfuerzos, deformaciones y deflexión críticos no superen los admisibles.

Se considera el pavimento como un sistema multicapa, linealmente elástico, bajo la acción de las cargas del tránsito. Para el análisis de estos parámetros determinamos las deformaciones, esfuerzos y deflexiones admisibles, con el fin de compararlos con las deformaciones, esfuerzos y deflexiones actuantes sobre la estructura del pavimento calculada.

6.8.1 Control de fatiga

La deformación radial de tracción actuante en la capa bituminosa (ϵ_r) debe ser menor a la deformación radial de tracción admisible ($\epsilon_{r adm}$), con el fin de controlar la fatiga de la capa bituminosa ante las sollicitaciones de carga impuestas por el tránsito, es decir, los daños estructurales.

$$(\epsilon_r) < (\epsilon_{r adm})$$

6.8.2 Control de la deformación o ahuellamiento

La deformación vertical de compresión (ϵ_z) presente sobre la capa de subrasante deberá ser menor a la deformación vertical de compresión admisible ($\epsilon_{z adm}$), con el fin de controlar el ahuellamiento y la deformación de la estructura del pavimento, es decir, los daños estructurales y funcionales.

$$(\epsilon_z) < (\epsilon_{z adm})$$



6.8.3 Control de la deflexión

La deflexión vertical (Δ_z) presente en la superficie de la estructura deberá ser menor a la deflexión vertical admisible ($\Delta_{z adm}$) con el fin de controlar el ahuellamiento y la deformación de la estructura del pavimento, es decir, los daños funcionales.

$$(\Delta_z) < (\Delta_{z adm})$$

6.8.4 Esfuerzos, deformaciones y deflexiones admisibles

Criterio de la Shell para determinar la deformación radial admisible de tracción en la base de la capa asfáltica

$$(\epsilon_{r adm}) = (0.856V_b + 1.08)E_1^{-0.36} \left(\frac{N}{K}\right)^{-0.20}$$

Donde:

$\epsilon_{r adm}$: Deformación de tracción admisible de la capa asfáltica

V_b : Porcentaje en volumen de asfalto de la mezcla, %

E_1 : Módulo dinámico de la mezcla asfáltica (N/m²)

N : Tránsito de diseño expresado en ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño durante el periodo de diseño

K : Coeficiente de Calage ($k_1 \times k_2 \times k_3$)

El modelo de fatiga propuesto por la Shell incorpora el coeficiente de Calage, que relaciona el número de aplicaciones de carga de diseño y el número de aplicaciones de carga en un ensayo dinámico de laboratorio. El factor considera principalmente variaciones laterales de las cargas de tránsito, condiciones de temperatura de trabajo de la mezcla y diferentes estados de tensiones.

Tabla 27 Determinación Coeficiente de Calage

Auto reparación de fisuras pequeñas	k_1	Mezclas abiertas con bajos porcentajes de asfalto	Mezclas densas con altos porcentajes de asfalto
		2.0	10.0
Distribución lateral de cargas	k_2	2.5	
Diferentes temperaturas de trabajo de la mezcla por día por año	k_3	Espesores pequeños temperaturas bajas	Espesores altos temperaturas altas
		1.00	0.33

Fuente: UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Curso de especialización en vías terrestres. Popayán, 1985.

Criterio de la Shell para determinar la deformación vertical admisible de compresión sobre la subrasante, ϵ_{zadm}

El criterio de la deformación admisible de compresión sobre la subrasante está en función del nivel de confiabilidad, y sus expresiones de cálculo para diferentes niveles de confianza son las siguientes:



Para un nivel de confianza del 50%:

$$(\epsilon_{z adm}) = 2.80 \times 10^{-2} N^{-0.25}$$

Para un nivel de confianza del 85%:

$$(\epsilon_{z adm}) = 2.10 \times 10^{-2} N^{-0.25}$$

Para un nivel de confianza del 95%:

$$(\epsilon_{z adm}) = 1.80 \times 10^{-2} N^{-0.25}$$

$\epsilon_{z adm}$: Deformación de tracción admisible de la capa asfáltica

N: Tránsito de diseño expresado en ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño durante el periodo de diseño

6.8.5 Esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante, $\sigma_{z adm}$

La determinación del esfuerzo admisible de compresión sobre la subrasante se hace según los criterios de Dorman y Kerhoven y de la CRR de Bélgica. Las expresiones de cálculo son las siguientes:

Criterio de DORMON y KERHOVEN

$$\sigma_{z adm} = \frac{0.007 * E_s}{1 + 0.7 * \log(N)}$$

Donde:

$\sigma_{z adm}$: Esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante (kg/cm²)

N: Tránsito de diseño expresado en ejes equivalentes de 80 KN en el carril de diseño durante el periodo de diseño

E_s : Módulo resiliente de la subrasante (kg/cm²)

Criterio de la CRR de Bélgica

$$\sigma_{z adm} = \frac{0.967 * CBR^{1.2}}{N^{0.229}}$$

Donde:





- $\sigma_{z adm}$: Esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante (kg/cm^2)
- N: Tránsito de diseño expresado en ejes equivalentes de 80 KN en el carril de diseño durante el periodo de diseño
- CBR: Capacidad de soporte del suelo de la subrasante (%)

6.8.6 Deflexión vertical admisible en la superficie, $\Delta_z adm$

Las medidas de deflexión son un criterio de deformabilidad que permite evaluar el estado y la capacidad estructural de un pavimento en función del número de aplicaciones de carga que este es capaz de soportar antes de alcanzar la falla. La deflexión vertical admisible en la superficie de la estructura de pavimento se calcula con la expresión propuesta por Yang H. Huang:

$$\Delta_{z adm} = 26.32202 N^{-0.2438}$$

- $\Delta_{z adm}$: Deflexión vertical admisible (mm)
- N: Tránsito de diseño expresado en ejes equivalentes de 80 KN en el carril de diseño durante el periodo de diseño

6.8.7 Determinación de los esfuerzos, deformaciones y deflexión admisibles

44

La información necesaria para determinar los esfuerzos, deformaciones y deflexión admisibles para la estructura se presenta a continuación:

- Tránsito, $N_{dis} = 403060$ ejes equivalentes de 80 kN
- Nivel de confianza Shell, NC = 85%
- Capacidad de soporte de la subrasante, CBR = 4,5% = 470 kg/cm^2
- Porcentaje de volumen de asfalto de la mezcla, $V_b = 11\%$
- Módulo dinámico de la capa asfáltica, $E_{ca} = 25248 \text{ Kg/cm}^2 = 2.48\text{E}+09 \text{ N/m}^2$ ó 2476 MPa
- Relación de Poisson de la capa asfáltica, $\mu = 0,50$
- Relación de Poisson de la capa granulares, $\mu = 0,35$
- Relación de Poisson de la capa subrasante, $\mu = 0,30$
- Coeficiente de Calage, $K = k_1 \times k_2 \times k_3 = 10 \times 2.5 \times 0.33 = 8.25$



A continuación, se presenta un cuadro resumen con los esfuerzos, deformaciones y deflexión admisibles calculados de acuerdo con los criterios de la Shell, de los ingenieros Dorman y Kerhoven, de la CRR de Bélgica y de Yang Huang.

Tabla 28 Determinación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible para el diseño por el método AASHTO

CRITERIO	PARÁMETRO	VALOR
Shell	Deformación radial admisible de tracción en la base de la capa asfáltica, $\epsilon_{r adm}$	5.029E-04
Shell (NC= 85%)	Deformación vertical admisible de compresión sobre la subrasante, $\epsilon_{z adm}$	8.334E-04
CRR de Bélgica	Esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante, $\sigma_{z adm}$ (kg/cm ²)	0.304
Dormon – Kerhoven	Esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante $\sigma_{z adm}$ (kg/cm ²)	0.668
Huang	Deflexión vertical admisible, $\Delta_{z adm}$ (mm)	1.1317

Para el cálculo de las deformaciones, esfuerzos y deflexiones actuantes, se procederá a la modelación de las capas utilizando el programa WinDEPAV 2.6 la cual es la más reciente entrega del software de apoyo para el análisis y diseño de pavimentos basado en el programa DEPAV del Instituto de Vías de la Universidad del Cauca en Colombia.

El programa DEPAV fue desarrollado por los Ingenieros Alfonso Murgueitio Valencia, Carlos Alberto Benavides y Efraín de Jesús Solano Fajardo para la Investigación Nacional de Pavimentos de Colombia (INPACO) de 1993.

El programa WinDEPAV fue desarrollado por el Ingeniero LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

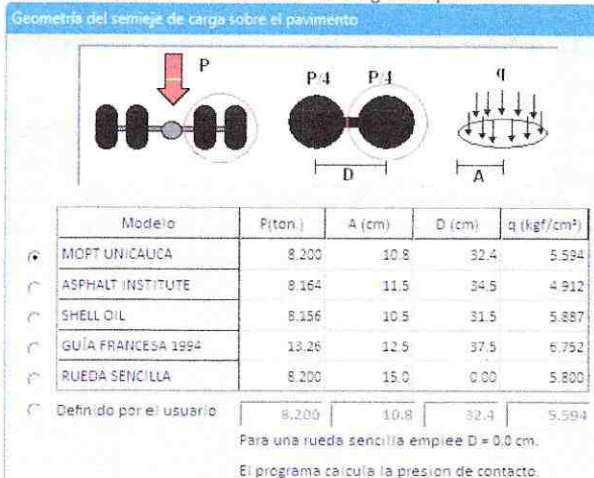
Ilustración 10 Interfaz del programa WinDEPAV 2.6

El modelo de carga adoptado es el de MOPT UNICAUCA, el cual exige conocer los siguientes parámetros:

- Radio de carga: 10,80 cm
- Presión de contacto: 5,6 kg/cm²
- Distancia entre eje de llantas: 32,40 cm



Ilustración 11 Geometría de carga adoptada



Alternativa 1:
h1 (cm) = 11.5
h2 (cm) = 10
h3 (cm) = 15

Ilustración 12 Entrada de datos para la determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO - Alternativa 1

WinDepav 2.8 (win DOSBox 0.7.40 por Luis Ricardo Viquez Varela, MSN)

Archivo: C:\DEPAV - Acceso de
Descripción del proyecto (no use comas):
MODELO AASTHO ALTERNATVA 1

Archivo: D:\Educa\Documents\PARQUEAD\VERSIÓN NUEVA\MODELO WINDEPAV\Alternativa 1.psv

Extructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y hundimiento

Capa	t (kgf/cm²)	v	h (cm)	liga	Daño por tensión		Daño por compresión			
					C*kt¹¹/1/EPk3	k2	N esperado	kt	k5	N esperado
1	25248	0.5	11.5	☒						
2	2109	0.55	10	☒						
3	1266	0.55	15	☒						
4	472	0.4		☒						

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 el correo electrónico: ingepav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.
Luis Ricardo Viquez Varela, 2018.

Ilustración 13 Resultados de análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO - Alternativa 1

Resultados de análisis

Archivo: D:\Estudios\Documentos\PARQUEADEROS\NUEVO MODELO WINDERA\Alternativa 1.psv

Descripción del proyecto: MODELO AASTHO ALTERNATIVA 1

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm): 10.80

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 32.40

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²): 5.304

Posición del valor máximo para una carga

A. Bajo una rueda simple

B. Bajo una de las ruedas de la carga

C. Al centro de la carga

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (.csv)

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

No.	E (kgf/cm²)	v	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm²)		Sigma Z (kgf/cm²)		Tracción (Fatiga)		Compresión		
				Epilson T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Epilson Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño			
1	1.503E+04	0.30	0.00	1.672E+01	B	5.598E+00	A	259.0	C	413.0	B	
	Continuo			11.50	-1.152E+01	B	2.285E+00	B	285.0	B	477.0	B
2	2.109E+02	0.38	11.50	1.703E+01	C	1.285E+00	B	285.0	B	637.0	B	
	Continuo			21.50	-5.741E+01	C	6.947E+01	C	321.0	C	468.0	C
3	1.206E+03	0.55	21.50	2.039E+01	C	6.547E+01	C	341.0	C	594.0	C	
	Continuo			26.50	-4.985E+01	C	3.630E+01	C	345.0	C	509.0	C
4	4.702E+02	0.40	26.50	1.102E+01	C	3.000E+01	C	345.0	C	709.0	C	

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 71.17

Radio de curvatura (m): 160.92

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 11669.4

Salir y guardar los resultados

Tabla 29 Comparación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible vs actuantes – Alternativa 1

CAPA	PARÁMETRO	VALOR DE SERVICIO	VALOR ADMISIBLE	CHEQUEO	SOLICITACIÓN (%)
Capa Asfáltica	ϵ_r	2.850E-04	5.029E-04	CUMPLE	57%
Subrasante	ϵ_z	7.690E-04	8.334E-04	CUMPLE	92%
	σ_z	0.363 kg/cm2	0.304 kg/cm2 (CRR)	NO CUMPLE	119%
	σ_z	0.363 kg/cm2	0.668 kg/cm2 (D-K)	CUMPLE	54%
Estructura	D_z	0.7117 mm	1.1317 mm (Huang)	CUMPLE	63%

Como se puede observar, esta estructura propuesta no cumple con el criterio de esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante.

Evaluando la alternativa 2.

h1 (cm) = 10.0

h2 (cm) = 15.0

h3 (cm) = 15.0



Ilustración 14 Resultados de análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO - Alternativa 2

Resumen del análisis

Archivo: D:\Edms\Documentos\PARQUEADEROS\NUEVO\MODELO WINDERS\Alternativa 2 pav
Descripción del proyecto: MODELO AASHTO ALTERNATIVA 2

Sistema de carga
Radio de las ruedas (cm): 10.80
Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 22.40
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²): 5.594

Posición del valor máximo para una carga
A. Bajo una rueda simple
B. Bajo una de las ruedas de la carga
C. Al centro de la carga

Gráficos de respuesta
Exportar resultados a Excel (.csv)

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

Número de capas	No.	E (kgf/cm²)	v	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm²)		Sigma Z (kgf/cm²)		Tracción (fatiga)		Compresión	
					A	B	A	B	Epsilon T (microstrain)	N admisible	Epsilon Z (microstrain)	N admisible
1	1	2.528E+04	0.50	10.00	1.774E+01	5.589E+00	275.0	C	450.0	B		
	2	1.188E+01	0.35	10.00	4.995E+01	2.621E+00	299.0	B	503.0	B		
	3	1.109E+01	0.35	10.00	4.995E+01	2.621E+00	299.0	B	750.0	B		
	4	1.109E+01	0.35	10.00	4.995E+01	2.621E+00	299.0	B	466.0	C		
2	1	1.266E+03	0.35	25.00	2.182E+01	6.543E+01	318.0	C	591.0	C		
	2	1.266E+03	0.35	25.00	2.182E+01	6.543E+01	318.0	C	495.0	C		
	3	1.266E+03	0.35	25.00	2.182E+01	6.543E+01	318.0	C	495.0	C		
	4	1.266E+03	0.35	25.00	2.182E+01	6.543E+01	318.0	C	745.0	C		

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 71.25
Radio de curvatura (m): 144.35
Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 10284.4

Salir y desearter los resultados

Tabla 30 Comparación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible vs actuantes – Alternativa 2

CAPA	PARÁMETRO	VALOR DE SERVICIO	VALOR ADMISIBLE	CHEQUEO	SOLICITACIÓN (%)
Capa Asfáltica	ϵ_r	2.990E-04	5.029E-04	CUMPLE	59%
Subrasante	ϵ_z	7.450E-04	8.334E-04	CUMPLE	89%
	σ_z	0.345 kg/cm2	0.304 kg/cm2 (CRR)	NO CUMPLE	113%
	σ_z	0.345 kg/cm2	0.668 kg/cm2 (D-K)	CUMPLE	52%
Estructura	D_z	0.7125 mm	1.1317 mm (Huang)	CUMPLE	63%

Podemos evidenciar que la estructura propuesta tampoco cumple con el criterio de esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante

Evaluando la alternativa 3.

h1 (cm) = 9.0

h2 (cm) = 15.0

h3 (cm) = 20.0

Ilustración 15 Resultados de análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO - Alternativa 3

Resultados del análisis

Archivo: D:\Studies\Documentos\PARA\VERSION NUEVA\MODELO WINDRAV\Alternativa 3.dwg

Descripción del proyecto: MODELO ASHTO ALTERNATIVA 3

Sistema de carga:

Radio de las ruedas (cm): 10.80

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 32.40

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²): 5.594

Posición del valor máximo para una carga:

A. Bajo una rueda simple

B. Bajo una de las ruedas de la carga

C. Al centro de la carga

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (.csv)

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

Número de capas: 4

No.	E (kg/cm²)	v	Z (cm)	Sigma T (kg/cm²)	Sigma Z (kg/cm²)	Epsilon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Epsilon Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	2.525E-04	0.50	0.00	1.865E-01	5.508E-00	252.0	B		438.0	B	
	Continuo		9.00	1.234E+01	1.884E+00	315.0	B		535.0	A	
2	2.098E+02	0.35	9.00	9.955E-02	2.885E+00	315.0	B		837.0	B	
	Continuo		24.00	5.588E-01	7.302E-01	330.0	C		495.0	C	
3	1.266E+08	0.35	24.00	-1.785E-01	7.501E-01	350.0	C		839.0	C	
	Continuo		44.00	-4.099E-01	9.212E-01	315.0	C		484.0	C	
4	4.701E+02	0.40	44.00	-1.897E-02	3.212E-01	315.0	C		698.0	C	

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 71.65

Radio de curvatura [m]: 126.24

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 9044.6

Salir y descartar los resultados

Tabla 31 Comparación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible vs actuantes – Alternativa 3

CAPA	PARÁMETRO	VALOR DE SERVICIO	VALOR ADMISIBLE	CHEQUEO	SOLICITACIÓN (%)
Capa Asfáltica	ϵ_r	3.150E-04	5.029E-04	CUMPLE	63%
Subrasante	ϵ_z	6.980E-04	8.334E-04	CUMPLE	84%
	σ_z	0.321 kg/cm2	0.304 kg/cm2 (CRR)	NO CUMPLE	106%
	σ_z	0.321 kg/cm2	0.668 kg/cm2 (D-K)	CUMPLE	48%
Estructura	D_z	0.7165 mm	1.1317 mm (Huang)	CUMPLE	63%

Al ser el CBR de la subrasante tan bajo (<5%) la estructura propuesta tampoco cumple con el criterio de esfuerzo vertical admisible de compresión sobre la subrasante.

Evaluando la alternativa 4.

h1 (cm) = 8

h2 (cm) = 15

h3 (cm) = 25



Ilustración 16 Resultados de análisis de esfuerzos, deformaciones y deflexión actuante para el diseño por el método AASTHO - Alternativa 4

Resultados del análisis

Archivo: D:\Arauca\Documentos\PARQUEADEROS\NUEVO MODELO 21\NUEVO\Alternativa 4 pav

Descripción del proyecto: MODELO ASHTO ALTERNATIVA 4

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm): 30.80
Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 32.40
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²): 5.594

Posición del valor máximo para una carga:
A: Bajo una rueda simple
B: Bajo una de las ruedas de la carga
C: Al centro de la carga

Gráficos de respuesta
Exportar resultados a Excel (csv)

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

Número de capas: 4		Tracción (fatiga)				Compresión					
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	2.525E+04	0.50	0.00	1.988E+01	5.548E+00	318.0	B		-535.0	B	
	Continua		8.00	1.295E+01	2.152E+00	333.0	B		581.0	A	
2	2.109E+03	0.35	8.00	1.621E+01	2.152E+00	333.0	B		939.0	B	
	Epaisseur		23.00	5.455E+01	8.290E+01	1349.0	C		531.0	C	
3	1.265E+05	0.35	23.00	1.499E+01	8.290E+01	1349.0	C		694.0	C	
	Continua		48.00	3.834E+01	2.978E+01	293.0	C		434.0	C	
4	4.701E+02	0.40	48.00	1.886E+02	2.978E+01	293.0	C		651.0	C	

Deflexión en el centro de la rueda doble DD (1/100 mm): 72.18
Radio de curvatura (m): 120.50
Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 7976.0

Salir y descartar los resultados

Tabla 32 Comparación de esfuerzo, deformación y deflexión admisible vs actuantes – Alternativa 4

CAPA	PARÁMETRO	VALOR DE SERVICIO	VALOR ADMISIBLE	CHEQUEO	SOLICITACIÓN (%)
Capa Asfáltica	ϵ_r	3.330E-04	5.029E-04	CUMPLE	66%
Subrasante	ϵ_z	6.510E-04	8.334E-04	CUMPLE	78%
	σ_z	0.298 kg/cm2	0.304 kg/cm2 (CRR)	CUMPLE	98%
	σ_z	0.298 kg/cm2	0.668 kg/cm2 (D-K)	CUMPLE	45%
Estructura	D_z	0.7218 mm	1.1317 mm (Huang)	CUMPLE	64%

Podemos evidenciar que esta estructura propuesta Si cumple todos los criterios de deformación, esfuerzos y deflexiones admisibles.

Conforme a las anteriores consideraciones el presente proyectista concluye que la alternativa 4, es una alternativa factible que cumple con los diferentes criterios de falla.

Ilustración 17 Perfil de diseño recomendada

CA - MDC-19	h1 (cm) = 8.0
Base Granular	h2 (cm)= 15.0
Subbase Granular	h3 (cm)= 25.0

7 DEFINICIÓN DE ESTRUCTURA Y ALINEAMIENTO DE CICLO-INFRAESTRUCTURA

7.1 OBJETO

Establecer los parámetros técnicos, el trazado geométrico y la composición estructural de la ciclo-infraestructura, adoptando los estándares de la Cartilla de Proyectos Tipo del DNP, con el fin de garantizar una movilidad segura, sostenible y eficiente para la comunidad universitaria y los habitantes de Saravena.

7.2 ALINEAMIENTO GEOMÉTRICO (TRAZADO)

El alineamiento se ha definido siguiendo los criterios de directividad, continuidad y seguridad, considerando la topografía plana característica del municipio.

- **Tipología de Vía:** Se adopta la tipología de Ciclorruta Segregada Bidireccional, ubicada sobre el andén o de forma paralela a la calzada vehicular, con el fin de proteger al ciclista del tráfico pesado de la región.
- **Ancho de Diseño:** Se establece un ancho constante de 2.40 metros, permitiendo el flujo simultáneo en ambos sentidos y el sobrepaso seguro de usuarios (incluyendo bicicletas con carga o micromovilidad eléctrica).
- **Velocidad de Diseño:** De acuerdo con la cartilla de Construcción de ciclo-infraestructura y servicios complementarios (Proyectos Tipo DNP) en zonas planas una velocidad que oscila entre los 15 a 20 km/h y en tramos de pendientes continuas una velocidad de 40 km/h. Para el presente caso la velocidad de diseño adoptada es de 20 km/h.
- **Radios de Curvatura:** de acuerdo con la velocidad diseño del tramo el radio mínimo en tramos de superficie pavimentada es de 10 metros para garantizar maniobrabilidad en las intersecciones y accesos al campus.
- **Pendientes:** La pendiente longitudinal está determinado por las características de la infraestructura existente en la zona de proyecto, la cual no deberá ser superior al 6%, no obstante, algunas veces este valor se debe incrementar por la orografía del lugar para lo cual se debe garantizar un ancho suficiente para facilitar la maniobrabilidad en ascenso y descenso, y una pavimentación adecuada. Teniendo en cuenta la topografía del campus, las pendientes proyectadas no presentarán problemas de esfuerzo de los usuarios para ascender o de seguridad en los descensos. En el sentido transversal la ciclovía debe contar con una pendiente del 0,5 % en zonas poco lluviosas y de 1 % - 2" % en zonas lluviosas, de manera que se garantice el drenaje. Para el presente diseño se adoptará una pendiente transversal del 2 %.
- **Segregación:** En los tramos adyacentes a la calzada vehicular, en caso de requerirse deberán se implementar franjas de segregación de 0.50 metros utilizando hitos flexibles y tachones reflectivos.

7.3 DEFINICIÓN ESTRUCTURAL (PAVIMENTO)

Para la determinación de los espesores de ciclo ruta se consideró que los pavimentos y revestimientos no deberán tener cargas de tránsito para lo cual deberá tenerse en cuenta la necesidad de establecer barreras físicas para el ingreso de los vehículos, tal como se ha debido considerar en el diseño del espacio público. Sin embargo, para propósitos prácticos, se decidió diseñar adoptando la presencia de un número mínimo de cargas, de manera que no

será la consideración de fatiga la determinante del proyecto, sino la necesidad de albergar alguna carga esporádica, de magnitud muy limitada.

De hecho, la concepción de los pavimentos de la ciclorruta es más cercana a la de andenes y áreas peatonales, las cuales corresponden a uso similar. Ello no va en desmedro de la calidad de construcción que cabe esperar, particularmente tratándose de una obra pública con importante componente social.

Con base en las consideraciones expuestas y la evaluación de las secciones transversales proyectadas, el DNP ha previsto la colocación de las estructuras de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 33 Ábaco de diseño en relación con las características del material de soporte - Ciclorruta

CBR	MEJORAMIENTO	SBG Clase C (cm)	BG Clase C (cm)	MDC-10 (cm)
material expansivo	OBLIGATORIO (según recomendaciones del manual)	20	≥ 20	5
3 - 5	A CRITERIO	A CRITERIO	20 - 15	5
5 - 10	A CRITERIO	A CRITERIO	20 - 15	5
> 10%	-	-	≤ 10	5

Fuente: Elaboración propia

En donde haya andenes para zona de acceso a garajes: se deberán adoptar las siguientes recomendaciones:

Tabla 34 Ábaco de diseño en relación con las características del material de soporte - acceso zonas de parqueo

CBR	MEJORAMIENTO	SBG Clase C (cm)	BG Clase C (cm)	Losa de concreto Modulo de rotura 3,6 (cm)
material expansivo	OBLIGATORIO (según recomendaciones del manual)	20	≥ 20	12
3 - 5	A CRITERIO	A CRITERIO	20 - 15	12
5 - 10	A CRITERIO	A CRITERIO	20 - 15	12
> 10%	-	-	≤ 10	12

Fuente: Elaboración propia

- **Carpeta de Rodadura (Superficie):** MDC-19, con un espesor de 5 cm. En caso de requerirse adecuar para el acceso a zonas de parqueo se deberá proyectar una losa de concreto hidráulico reforzado con fibra (o malla electrosoldada) de $f'c = 21$ MPa (3.000 psi), con un espesor de 12 cm. El acabado será texturizado escobillado para garantizar tracción bajo lluvia.
- **Base Granular:** Capa de material granular tipo BG-25 de 18 cm de espesor, compactada al 95% del Proctor Modificado, que servirá de apoyo y transición de cargas.
- **Relleno:** Mejoramiento de suelo de 15 cm con material seleccionado.

7.4 SEÑALIZACION HORIZONTAL

Es el elemento más crítico para la seguridad del ciclista. En el presente diseño se incluyen:

- **Color de Contraste:** En las intersecciones o puntos de conflicto (entradas a garajes o cruces de calle), se debe aplicar un fondo de color **verde esmeralda** (referencia Pantone 348C o similar) mediante pintura plástica en frío antideslizante. Esto alerta al conductor que el ciclista tiene la prioridad.
- **Pictogramas de Bicicleta (M-13):** Deben instalarse al inicio de cada tramo y después de cada intersección. El pictograma debe estar acompañado de flechas de dirección para evitar choques frontales en tramos bidireccionales.
- **Línea de Borde y Eje:** Líneas blancas continuas de 10 cm para los bordes y línea amarilla segmentada para separar los dos sentidos de flujo.

7.5 SEÑALIZACIÓN VERTICAL ESPECÍFICA

- **SR-38 (Circulación Prohibida de Motocicletas):** Vital para evitar que las motos invadan la ciclorruta.
- **SP-47A (Ciclistas en la vía):** Señal preventiva con fondo amarillo fluorescente para mayor visibilidad bajo lluvia.
- **SI-05B (Ciclo-parqueadero):** Señal informativa azul que indica la ubicación de las zonas de amarre seguro dentro del campus.

7.6 SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA DE RED (WAYFINDING)

Como es para un Campus Universitario, el DNP sugiere servicios complementarios como:

- **Tótems Informativos:** Estructuras verticales que indiquen: "Usted está aquí", destinos próximos (Biblioteca, Facultad, Salida) y tiempo estimado de viaje en bicicleta.
- **Señalización Táctil:** Losetas podotáctiles en los puntos donde la ciclorruta cruza con andenes peatonales para proteger a las personas con discapacidad visual.

7.7 SERVICIOS COMPLEMENTARIOS Y URBANISMO

Siguiendo el "Proyecto Tipo" del DNP, la infraestructura no solo es una vía de tránsito, sino un sistema integrado:

- **Biciparqueaderos:** Instalación de módulos tipo "U invertida" en acero inoxidable cerca de los accesos principales.
- **Mobiliario:** Estaciones de descanso con sombra natural (arborización) y tótems informativos con el mapa de la red ciclista.





- **Drenaje:** Construcción de cunetas laterales y bombeo transversal del 2% para asegurar que la superficie permanezca seca y libre de encharcamientos durante la temporada invernal.

7.8 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA ADOPCIÓN

La adopción de este diseño se justifica por:

1. **Seguridad:** Reduce la siniestralidad al segregar los modos de transporte.
2. **Sostenibilidad:** Fomenta la descarbonización del transporte universitario.
3. **Eficiencia Presupuestal:** El uso de Proyectos Tipo del DNP facilita la viabilización de recursos ante entes territoriales y el Sistema General de Regalías.

7.9 REFERENCIAS NORMATIVAS

- **Departamento Nacional de Planeación (DNP):** Cartilla de Construcción de Ciclo-infraestructura y servicios complementarios.
- **Ministerio de Transporte:** Guía de Ciclo-infraestructura para Ciudades Colombianas.
- **Resolución 20243040045005 de 2024:** Manual de Señalización Vial (Dispositivos para ciclorrutas).

54

8 RECOMENDACIONES GENERALES

Considerando los hallazgos derivados del presente estudio, así como los resultados del análisis de suelos y geotecnia, se ha determinado que las características mecánicas del terreno y la configuración de la estructura propuesta condicionan las soluciones de cimentación. En consecuencia, se presentan las siguientes recomendaciones técnicas orientadas a garantizar la estabilidad y funcionalidad del proyecto:

- Los terraplenes que se construyan como plataforma de soporte del pavimento, deberán conformar un talud 2H: 1V. Así mismo los taludes se deberán compactar por medios mecánicos y protegerlos con material vegetal, para garantizar su estabilidad.
- El material proveniente de las excavaciones se utilizará en la conformación de los taludes y rellenos de la vía.
- a) **Sub-Base Granular.-** Se empleará un material de afirmado tipo subbase Clase C, seleccionado conforme al nivel de tránsito del proyecto. Este material deberá compactarse a una densidad mínima del 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS), obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado. El proceso de colocación se realizará en dos capas de 12.5 cm de espesor cada una, cumpliendo con los lineamientos de la norma INVIAS, la cual establece espesores de capa compactada entre 100 mm y 200 mm. Asimismo, el material deberá satisfacer las gradaciones y requisitos estipulados en el Artículo 320-22 de la normativa vigente.:





Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320—3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Tipo de gradación	Pasa tamiz (%)								
	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 — 60	20 — 45	8 — 30	2 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.





c) Base.- El material a emplear en la base será del tipo granular seleccionado de CLASE C, en concordancia con el nivel de tránsito, en un espesor mínimo de 15 centímetros y que depende de la alternativa de diseño seleccionada para un CBR $\geq 80\%$ como mínimo y compactado al 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS) del ensayo Proctor Modificado y deberá contar con cualquiera de las siguientes características o requisitos de los agregados para bases granulares y todo lo contemplado en el artículo 330-22 de la Norma INVIAS:

Tabla 330 — 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	35 7	40 8	40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	25	30	-
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	90 75	70 75	- -
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	-	-	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	0	0	3
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2).	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%). (Nota 3): - Una cara - Dos caras	E-227	90 85	70 50	50 -
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80

Nota 1: el ensayo de solidez se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio; de acuerdo con los documentos del proyecto, o con lo solicitado por el interventor.



Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 330—3. Franjas granulométricas del material de base granular.

Tabla 330 — 3. Franjas granulométricas del material de base granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	¾ Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)								
Bases granulares de gradación gruesa								
BG-40	100	75 — 100	65 — 90	45 — 68	30 — 50	15 — 32	7 — 20	0 — 9
BG-27	-	100	75 — 100	52 — 78	35 — 59	20 — 40	8 — 22	0 — 9
Bases granulares de gradación fina								
BG-38	100	70 — 100	60 — 90	45 — 75	30 — 60	20 — 45	10 — 30	5 — 15
BG-25	-	100	70 — 100	50 — 80	35 — 65	20 — 45	10 — 30	5 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Nota: Las bases granulares de gradación gruesa se usan para niveles de Transito NT-3

Se aclaran a continuación los niveles de tránsito

Tabla 100 — 1. Niveles de Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

d) **Carpeta de Rodadura.** - Su espesor depende de la alternativa de diseño seleccionada, compactado y constituido por una mezcla asfáltica en caliente, sellado e impermeabilizado para protegerlo y colocarlo de acuerdo con las especificaciones técnicas generales de construcción vigentes en el INVIAS.

9 PROCESO CONSTRUCTIVO

Para que se obtengan los resultados esperados de la estructura calculada se deben seguir las siguientes recomendaciones:

El constructor deberá adquirir los materiales de buena calidad y que cumplan con las especificaciones técnicas colombianas vigentes, para la construcción de pavimentos.

Es muy importante que, en la construcción de los terraplenes, capas granulares, concreto asfáltico y demás materiales y actividades inherentes en el proceso constructivo, se adopten las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS-2022).



La construcción de las capas granulares y la capa de rodadura se deberá hacer de la siguiente manera:

- Realizar trabajos de descapote mecánico, en toda la zona del trazado de la vía, con el fin de eliminar el material vegetal y orgánico presente en el sitio.
- Conformar y compactar la subrasante, para darle una mejor capacidad de soporte.
- Realizar los rellenos con materiales adecuados hasta la cota de diseño (sub-rasante), que cumplan con la especificación técnica artículo 220 del INVIAS- 2022.
- Instalación y conformación de la subbase granular (Clase C), según el tipo de tránsito NT1. Se instalará sobre la corona del terraplén, deberá cumplir con las especificaciones comprendidas en el artículo 320-22. La capa de este material será de 25 cm según diseño.
- Instalación y conformación de la base granular (Clase C), según el tipo de tránsito NT1. Se instalará sobre la subbase granular, deberá cumplir con las especificaciones comprendidas en el artículo 330-22. La capa de este material será de 15 cm según diseño.
- Se deberán de construir las obras de drenaje tales como cunetas e instalar los sardineles antes de continuar con la instalación del concreto asfáltico.
- Así mismo se deberá realizar la imprimación de la base granular uniformemente con una emulsión asfáltica de rotura lenta o rápida, o un asfalto líquido, que cumplan con lo consignado en el artículo 420 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías INVIAS 2022.
- La capa de rodadura será concreto asfáltico MDC-19 (mezcla asfáltica en caliente de gradación continua), se construirá con materiales de calidad que cumplan con lo consignado el artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías INVIAS 2022. El espesor de la capa será de 8 cm según diseño, instalado en una capa.



10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La alternativa de diseño para la construcción de la vía de acceso principal del **CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA** consiste en la construcción de vías de 2 carriles.

Para garantizar la visibilidad de cruce en la intersección se deberán remover cualquier tipo de obstáculos, arboles, elementos, etc., que impidan la visibilidad mínima de cruce establecida dentro del presente documento.

Para el dimensionamiento de la estructura del pavimento se toma la alternativa No. 4, contemplada en el DISEÑO RACIONAL, el cual se diseñó para un lapso de 10 años, teniendo en cuenta que esta estructura cumple con los parámetros de número estructural de la metodología ASSTHO-93, esfuerzos, deformaciones y deflexiones, con ello se garantiza la estabilidad y durabilidad de la vía, durante el periodo de diseño.

Ilustración 18 Alternativa de diseño recomendada

CONCRETO ASFALTICO - MDC-19	h1 (cm) = 8.0
Base Granular	h2 (cm) = 15.0
Subbase Granular	h3 (cm) = 25.0

La subrasante debe estar libre de materia orgánica y el proceso de compactación de ella, se debe hacer de tal manera que se alcance el 95% del Proctor Modificado.

La capa de rodadura será en concreto asfáltico MDC-19, utilizando un cemento asfáltico (CA) de penetración 60-70 mm, indicado para temperaturas superiores a los 24 °C, el cual debe cumplir con las especificaciones del Artículo 410 "Suministro de Cemento Asfáltico" del INVIAS-2022.

Los módulos son altamente dependientes de la temperatura y de la frecuencia de la aplicación de la carga por lo tanto se considera adecuado un módulo resiliente del concreto asfáltico de 2.476 MPa, para la temperatura promedio de la región.

Para la calidad del concreto asfáltico se deberán realizar ensayos en campo, tomando briquetas del material instalado y analizándolas en el laboratorio, verificando, estabilidad, flujo, contenido de asfalto, granulometría, etc.

En caso de presentarse acolchonamientos, se deberá extraer el material de malas características geotécnicas y ser reemplazado por un material de mejores condiciones, preferiblemente de tipo granular.

Con el fin de no permitir el acceso del agua y de partículas sólidas por las juntas entre carpeta asfáltica y cuneta en concreto, estas se deben sellar, empleando pistolas de calafateo o bombas con el producto sellante. El material empleado como sello debe ser resistente a la fatiga térmica y por carga, al esfuerzo cortante a la tracción, al desgaste por abrasión y fricción, al envejecimiento y a los ataques químicos.

Al momento de la llegada del concreto asfáltico a los sitios de ejecución de los trabajos, se deberán realizar inspecciones visuales que permitan detectar fenómenos negativos en la mezcla de tipo: mezcla sobre calentada (humo azul), disminución de la temperatura, alto contenido de asfalto o humedad, poco contenido de asfalto y humedad excesiva. Para la construcción del diseño propuesto se deben seguir las especificaciones del instituto nacional de vías (INVIAS), así como las especificaciones generales y particulares planteadas en el presente informe o sus anexos.

Del análisis efectuado en el presente Informe Técnico, con base en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles estratigráficos obtenidos y al conocimiento de los suelos encontrados, se concluye:



Sobre el terreno natural se deberá instalar un geotextil tipo T2400 o similar, dada la diferencia entre las propiedades geomecánicas entre este y la capa de mejoramiento.

La sección transversal del pavimento deberá realizarse con una pendiente del 1% a ambos costados de los carriles, cuyo fin será el de proveer el escurrimiento de aguas desde la corona de la vía hacia los andenes, los cuales deberán tener un revestimiento en concreto o construcción de sardineles que evite la erosión y conduzca el agua hacia las zonas bajas o drenajes naturales del lote.

La construcción de las capas estructurales del pavimento debe ceñirse a las especificaciones técnicas definidas por el INVIAS del año 2022, para garantizar así la calidad de los materiales como el proceso constructivo a seguir.

Luego de terminado el proceso constructivo del pavimento y haberse puesto en funcionamiento el mismo, deben ser contempladas durante el periodo de servicio de la estructura estrategias adecuadas de mantenimiento periódico a la misma, recomendándose hacer inspecciones visuales cada 6 meses con el fin de definir los planes de mantenimiento rutinario y periódico necesario.

En caso de presentarse acolchonamientos, se deberá extraer el material de malas características geotécnicas y ser reemplazado por un material de mejores condiciones, preferiblemente granular de tipo pedraplén.

No se debe permitir la construcción tanto del concreto asfáltico como de cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento durante lluvia o temor a que ella ocurra.

La apertura del tránsito se debe dar cuando se alcance la densidad máxima exigida del concreto asfáltico y la temperatura de la mezcla alcance la del ambiente.

Se debe tener cuidado en los puntos donde se generan juntas longitudinales y transversales del concreto asfáltico. Dado que la construcción indebida de estas juntas puede generar abultamientos en la superficie; en estos puntos si la junta es fría se generan zonas con diferente densidad, ocasionando agrietamiento prematuro de la junta.

Se deben vigilar los procesos de compactación de los materiales que componen la estructura del pavimento, garantizando el porcentaje de compactación mínimo exigido en las especificaciones técnicas del INVIAS-2022, para cada una de las capas. Para el control de los materiales granulares se tomarán muestras de cada uno de estos y serán llevadas al laboratorio para realizar los respectivos ensayos y contar con la aprobación de estos para la construcción de las capas granulares que conformación la estructura del pavimento.

El constructor podrá realizar cualquier actividad complementaria que no haya sido prevista en las alternativas propuestas y que sean necesarias para su correcto funcionamiento y preservación, previa consulta a la entidad contratante y avalado por el diseñador.

El diseño de la estructura de ciclo infraestructura definido para el campus es adoptado a partir del análisis de los estándares de la Cartilla de Proyectos Tipo del DNP según la tipología del proyecto, dando como resultado:

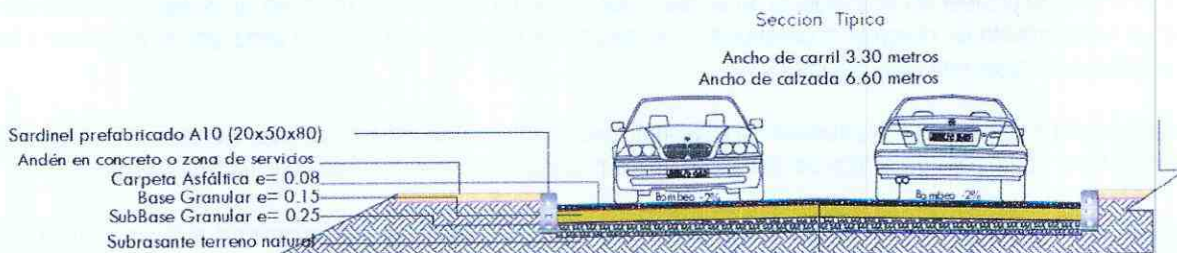
Ilustración 19 Alternativa de diseño ciclorruta

CONCRETO ASFALTICO - MDC-19	h1 (cm) = 5.0
Base Granular BG-25	h2 (cm)= 18.0
Relleno	h3 (cm)= 15.0





Las alternativas propuestas en la unidad de diseño se evaluaron mediante la metodología AASTHO-93 y mediante el MÉTODO MECANÍSTICO O RACIONAL. Se evaluaron los estados de deformaciones y esfuerzos que se pueden presentar en las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento, dando como resultado el siguiente perfil de la estructura, el cual se aplica de igual manera para las zonas de parqueadero ubicadas de manera paralela a la vía diseñada.



Las conclusiones y recomendaciones establecidas en el presente Informe Técnico son sólo aplicables para el área en estudio.

EDWIN YESID SÁNCHEZ BERRIOS
INGENIERO CIVIL - ESP. VÍAS Y TRANSPORTE
MP No. 54202-152017 NTS



11 BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (1993). MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS. (2008).

GOOGLE EARTH.

Higuera Sandoval, C. H. (2011). Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimento para carreteras - Vol. II.

Vásquez Varela, L. R. (2018). WinDEPAV 2.6 con DosBOX 0.74. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Rondón Quintana, H. A. y Reyes Lizcano, F. A. (2015) Pavimentos, materiales construcción y diseño.

Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2007). Manual De Diseño De Pavimentos Asfálticos Para Vías Con Bajos Volúmenes De Tránsito.

Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2023). Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales (Programa Caminos Comunitarios de la Paz Total). Bogotá D.C.: Ministerio de Transporte.

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2023). Proyecto Tipo: Construcción de ciclo-infraestructura y servicios complementarios. Bogotá D.C.: Subdirección de Proyectos de Regalías.

Ministerio de Transporte. (2016). Guía de Ciclo-infraestructura para Ciudades Colombianas. Bogotá D.C.: Agencia Nacional de Seguridad Vial.

Ministerio de Transporte. (2024). Resolución 20243040045005: Por la cual se adopta el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia. Bogotá D.C.: Ministerio de Transporte.





GOBERNACIÓN DE
ARAUCA

CARTERA DE VOLUMENES
DEPARTAMENTO DE ARAUCA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DEPARTAMENTAL



OBJETO: CONSTRUCCIÓN ETAPA I DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA ESENCIAL PARA LA HABILITACIÓN DE ÁREAS DE FORMACIÓN EDUCATIVA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Alineación: TRAMO 1

P.K. inicial: 0+000.000

P.K. final: 1+260.00

<u>P.K.</u>	<u>Área de corte</u> <u>(m2)</u>	<u>Volumen de</u> <u>corte (m3)</u>	<u>Vol. Corte</u> <u>acumul. (m3)</u>	<u>Área de terraplén</u> <u>(m2)</u>	<u>Volumen de</u> <u>terraplén (m3)</u>	<u>Vol. terraplén</u> <u>acumul. (m3)</u>
00+000	24,17	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
00+005	0,32	61,23	61,23	41,39	103,73	103,73
00+010	0,00	0,80	62,03	46,66	220,13	323,85
00+015	0,00	0,00	62,03	25,68	180,85	504,70
00+020	0,96	2,40	64,43	13,22	97,25	601,95
00+025	4,49	13,63	78,05	3,30	41,30	643,25
00+030	5,66	25,38	103,43	2,79	15,23	658,48
00+040	7,30	64,80	168,23	0,05	14,20	672,68
00+050	3,61	54,55	222,78	0,29	1,70	674,38
00+060	2,97	32,90	255,68	0,92	6,05	680,43
00+070	2,73	28,50	284,18	1,58	12,50	692,93
00+080	2,44	25,85	310,03	2,38	19,80	712,73
00+090	0,02	12,30	322,33	6,16	42,70	755,43
00+100	0,00	0,10	322,43	17,37	117,65	873,08
00+110	0,03	0,15	322,58	6,08	117,25	990,33
00+120	2,47	12,50	335,08	3,34	47,10	1037,43
00+130	2,37	24,20	359,28	2,70	30,20	1067,63
00+140	2,27	23,20	382,48	2,29	24,95	1092,58
00+150	1,48	18,75	401,23	3,15	27,20	1119,78
00+160	1,43	14,55	415,78	2,55	28,50	1148,28
00+170	2,16	17,95	433,73	1,59	20,70	1168,98
00+180	2,92	25,40	459,13	0,55	10,70	1179,68
00+190	5,94	44,30	503,43	0,01	2,80	1182,48
00+200	6,75	63,45	566,88	0,00	0,05	1182,53
00+210	6,51	66,30	633,18	0,00	0,00	1182,53
00+220	7,35	69,30	702,48	0,00	0,00	1182,53
00+230	7,45	74,00	776,48	0,00	0,00	1182,53
00+240	5,77	66,10	842,58	0,00	0,00	1182,53
00+250	4,75	52,60	895,18	0,01	0,05	1182,58
00+260	4,09	44,20	939,38	0,22	1,15	1183,73

EDWIN YESID SANCHEZ BERRIOS

Ing Civil - Esp. Vías y Transportes

M.P 54202152017NTS

CONSORCIO CAMPUS UNIVERSITARIO

CONTRATISTA

OBJETO: CONSTRUCCIÓN ETAPA I DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA ESENCIAL PARA LA HABILITACIÓN DE ÁREAS DE FORMACIÓN EDUCATIVA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Alineación: TRAMO 1
P.K. inicial: 0+000.000
P.K. final: 1+260.00

P.K.	Área de SubBase (m2)	Volumen de SubBase (m3)	Vol. SubBase acumul. (m3)	Área de Base (m2)	Volumen de Base (m3)	Volumen Base acumul. (m3)	Área de Mezcla Densa en Caliente (m2)	Volumen de Mezcla Densa en Caliente (m3)	Vol. Mezcla Densa en Caliente acumul. (m3)
00+000	10,71	0,00	0,00	6,42	0,00	0,00	3,43	0,00	0,00
00+005	7,75	46,15	46,15	4,65	27,68	27,68	2,48	14,78	14,78
00+010	6,06	34,53	80,68	3,63	20,70	48,38	1,94	11,05	25,83
00+015	4,64	26,75	107,43	2,79	16,05	64,43	1,49	8,58	34,40
00+020	3,47	20,28	127,70	2,08	12,18	76,60	1,11	6,50	40,90
00+025	2,54	15,03	142,73	1,52	9,00	85,60	0,81	4,80	45,70
00+030	1,81	10,88	153,60	1,09	6,53	92,13	0,58	3,48	49,18
00+040	1,65	17,30	170,90	0,99	10,40	102,53	0,53	5,55	54,73
00+050	1,65	16,50	187,40	0,99	9,90	112,43	0,53	5,30	60,03
00+060	1,65	16,50	203,90	0,99	9,90	122,33	0,53	5,30	65,33
00+070	1,65	16,50	220,40	0,99	9,90	132,23	0,53	5,30	70,63
00+080	1,65	16,50	236,90	0,99	9,90	142,13	0,53	5,30	75,93
00+090	1,65	16,50	253,40	0,99	9,90	152,03	0,53	5,30	81,23
00+100	1,65	16,50	269,90	0,99	9,90	161,93	0,53	5,30	86,53
00+110	1,65	16,50	286,40	0,99	9,90	171,83	0,53	5,30	91,83
00+120	1,65	16,50	302,90	0,99	9,90	181,73	0,53	5,30	97,13
00+130	1,65	16,50	319,40	0,99	9,90	191,63	0,53	5,30	102,43
00+140	1,65	16,50	335,90	0,99	9,90	201,53	0,53	5,30	107,73
00+150	1,65	16,50	352,40	0,99	9,90	211,43	0,53	5,30	113,03
00+160	1,65	16,50	368,90	0,99	9,90	221,33	0,53	5,30	118,33
00+170	1,65	16,50	385,40	0,99	9,90	231,23	0,53	5,30	123,63
00+180	1,65	16,50	401,90	0,99	9,90	241,13	0,53	5,30	128,93
00+190	1,65	16,50	418,40	0,99	9,90	251,03	0,53	5,30	134,23
00+200	1,65	16,50	434,90	0,99	9,90	260,93	0,53	5,30	139,53
00+210	1,65	16,50	451,40	0,99	9,90	270,83	0,53	5,30	144,83
00+220	1,65	16,50	467,90	0,99	9,90	280,73	0,53	5,30	150,13
00+230	1,65	16,50	484,40	0,99	9,90	290,63	0,53	5,30	155,43
00+240	1,65	16,50	500,90	0,99	9,90	300,53	0,53	5,30	160,73
00+250	1,65	16,50	517,40	0,99	9,90	310,43	0,53	5,30	166,03
00+260	1,65	16,50	533,90	0,99	9,90	320,33	0,53	5,30	171,33



EDWIN YESID SANCHEZ BERRIOS
Ing Civil - Esp. Vías y Transportes
M.P 54202152017NTS
CONSORCIO CAMPUS UNIVERSITARIO
CONTRATISTA

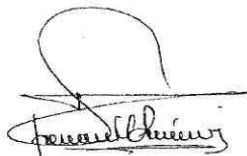
OBJETO: CONSTRUCCIÓN ETAPA I DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA ESENCIAL PARA LA HABILITACIÓN DE ÁREAS DE FORMACIÓN EDUCATIVA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Alineación: PARQUEADERO 1

P.K. inicial: 0+000.000

P.K. final: 1+153.49

<u>P.K.</u>	<u>Área de corte</u> <u>(m2)</u>	<u>Volumen de</u> <u>corte (m3)</u>	<u>Vol. Corte</u> <u>acumul. (m3)</u>	<u>Área de terraplén</u> <u>(m2)</u>	<u>Volumen de</u> <u>terraplén (m3)</u>	<u>Vol. terraplén</u> <u>acumul. (m3)</u>
00+000	9,85	0	0	0,72	0	0
00+010	5,19	64,09	64,09	0,07	6,35	6,35
00+020	12,06	91,63	155,72	0,00	0,44	6,79
00+030	12,19	121,27	276,99	0,22	1,12	7,91
00+040	11,77	119,84	396,83	0,01	1,16	9,07
00+050	8,30	100,36	497,19	0,17	0,91	9,98
00+060	6,10	71,96	569,15	0,72	4,46	14,44
00+070	6,32	62,1	631,25	0,74	7,30	21,74
00+080	11,75	90,37	721,62	0,04	3,91	25,65
00+090	12,19	119,7	841,32	0,00	0,20	25,85
00+100	11,40	117,94	959,26	0,01	0,07	25,92
00+110	11,07	112,31	1071,57	0,04	0,29	26,21
00+120	11,87	114,69	1186,26	0,12	0,82	27,03
00+130	11,22	115,44	1301,70	0,10	1,09	28,12
00+140	6,63	89,2	1390,90	0,12	0,32	28,44
00+150	4,33	51,89	1442,79	0,14	1,07	29,51
00+153	8,81	22,92	1465,71	0,03	0,3	29,81



EDWIN YESID SANCHEZ BERRIOS

Ing Civil - Esp. Vías y Transportes

M.P 54202152017NTS

CONSORCIO CAMPUS UNIVERSITARIO

CONTRATISTA

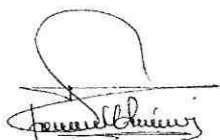
OBJETO: CONSTRUCCIÓN ETAPA I DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA ESENCIAL PARA LA HABILITACIÓN DE ÁREAS DE FORMACIÓN EDUCATIVA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Alineación: PARQUEADERO 1

P.K. inicial: 0+000.000

P.K. final: 1+153.49

P.K.	Área de SubBase (m2)	Volumen de SubBase (m3)	Vol. SubBase acumul. (m3)	Área de Base (m2)	Volumen de Base (m3)	Volumen Base acumul. (m3)	Area de Mezcla Densa en Caliente (m2)	Volumen de Mezcla Densa en Caliente (m3)	Vol. Mezcla Densa en Caliente acumul. (m3)
00+000	3,58	0,00	0,00	2,15	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00
00+010	1,98	27,28	27,28	1,19	16,37	16,37	0,63	8,73	8,73
00+020	2,63	24,78	52,06	1,58	14,87	31,24	0,84	7,93	16,66
00+030	3,86	32,41	84,47	2,31	19,44	50,68	1,23	10,37	27,03
00+040	3,85	38,55	123,02	2,31	23,13	73,81	1,23	12,34	39,37
00+050	3,85	38,54	161,56	2,31	23,12	96,93	1,23	12,33	51,70
00+060	3,85	38,52	200,08	2,31	23,11	120,04	1,23	12,33	64,03
00+070	3,85	38,51	238,59	2,31	23,11	143,15	1,23	12,32	76,35
00+080	3,85	38,50	277,09	2,31	23,10	166,25	1,23	12,32	88,67
00+090	3,85	38,48	315,57	2,31	23,09	189,34	1,23	12,32	100,98
00+100	3,84	38,45	354,02	2,31	23,07	212,41	1,23	12,31	113,29
00+110	3,84	38,43	392,45	2,31	23,06	235,47	1,23	12,30	125,59
00+120	3,84	38,43	430,88	2,31	23,06	258,53	1,23	12,30	137,88
00+130	3,84	38,42	469,30	2,31	23,05	281,58	1,23	12,30	150,18
00+140	1,96	29,00	498,31	1,17	17,40	298,99	0,63	9,28	159,46
00+150	1,94	19,43	517,74	1,16	11,66	310,65	0,62	6,22	165,68
00+153	3,91	10,19	527,94	2,34	6,12	316,76	1,25	3,26	168,94



EDWIN YESID SANCHEZ BERRIOS

Ing Civil - Esp. Vías y Transportes

M.P 54202152017NTS

CONSORCIO CAMPUS UNIVERSITARIO

CONTRATISTA



Consorcio
Campus Universitario
NIT. 901953390-5

CONTRATO DE CONSULTORIA 266 DE 2025
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL
MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

DOCUMENTOS DEL PROFESIONAL RESPONSABLE



MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **EDWIN YESID SANCHEZ BERRIOS** identificado con cédula de ciudadanía **88.247.940** de **CÚCUTA**, en calidad de **INGENIERO CIVIL** con matrícula profesional **No. 54202-152017 NTS** inscrita en el CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA, certifico que realicé el **INFORME DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE VÍAS, PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO E INFORME DISEÑO SEÑALIZACIÓN** del **ITEM 1.1.8 DISEÑO DE VÍAS Y PARQUEADEROS** para el contrato de consultoría No. 266 de 2025 cuyo objeto es: **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**, documentos que cumplen con la normativa y reglamentos vigentes aplicables al área de estudio.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente a los documentos señalados para el **ITEM 1.1.8 DISEÑO DE VÍAS Y PARQUEADEROS** realizado para el contrato referido y exonero al Departamento de Arauca, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente estudio y/o diseño. Asimismo, aclaro que estos documentos no pueden ser modificados sin mi autorización una vez sea viabilizado el proyecto. Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ello puedan presentarse, dejando constancia que esta responsabilidad solo compete a la información contenida en los planos e informes debidamente firmados que conforman el estudio y/o diseño recibido a satisfacción.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Interventoría **CONSORCIO INTERDISEÑOS** (Contrato No. 289 de 2025) constituye una verificación del cumplimiento de las normas aplicables. Anexo copia de mi matrícula profesional y certificado de vigencia de esta.

Se expide a los **DIECINUEVE (19)** días del mes de **DICIEMBRE** de 2025.

Atentamente,

EDWIN YESID SANCHEZ BERRIO

Cédula de Ciudadanía No. 88.247.940

Ingeniero Civil – Esp. Vías y Transporte

Matricula Profesional No. 54202-152017 NTS





Consorcio
Campus Universitario
NIT. 901953390-5

CONTRATO DE CONSULTORIA 266 DE 2025
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL
MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA



NÚMERO PROFESIONAL NO.
54202152017NTS
INGENIERO CIVIL

DE FECHA **21/02/2008**
EDWIN YESID
SANCHEZ BERRIOS
C.C. 88247940
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE
PAULA SANTANDER


PRESIDENTE DEL CONSEJO



**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que EDWIN YESID SANCHEZ BERRIOS, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 88247940, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-152017 desde el 21 de Febrero de 2008, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 150.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los treinta y uno (31) días del mes de Octubre del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



TENIENDO EN CUENTA QUE

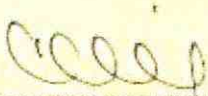
Edwin Yesid Sánchez Berrios

C.C. 88.247.940 de Cúcuta

CUMPLIÓ SATISFACTORIAMENTE TODOS LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS
DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO LE CONFIERE EL TÍTULO DE

Especialista en Vías y Transporte

EN LA CIUDAD DE Manizales, a los 26 días del mes de marzo de 2015


DECANATURA DE FACULTAD


RECTORÍA


SECRETARÍA GENERAL

REGISTRO No. 1005, Folio 67 del Libro de Diplomas No. 2

DE LA SEDE DE Manizales

FACULTAD DE Ingeniería y Arquitectura

39998



Consorcio
Campus Universitario
NIT. 901953390-5

CONTRATO DE CONSULTORIA 266 DE 2025
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL
MUNICIPIO DE SARAVERENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **88.247.940**

SANCHEZ BERRIOS

APELLIDOS
EDWIN YESID

NOMBRES


FIRMA




INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **26-DIC-1980**

BOGOTA D.C.
(CUNDINAMARCA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.60 **A+** **M**
ESTATURA G.S. RH SEXO

05-FEB-1989 CUCUTA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION


REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ANTONIO SANCHEZ TORRES



A: 4000100-00007850-M: 0088247940-20100106 0019581023A 1 1730561951



Consorcio
Campus Universitario
NIT. 901953590-5

DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL
MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN
CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL COMPLEJO "PARQUE DE LA VIDA"

COMPONENTE 1.1.8 –DISEÑO DE VÍAS Y PARQUEADEROS

EDWIN YESID SÁNCHEZ BERRIOS
INGENIERO CIVIL - ESP. VÍAS Y TRANSPORTE
M.P No. 54202-152017 NTS

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 266 DE 2025
CONTRATISTA: CONSORCIO CAMPUS UNIVERSITARIO
R/ EDWIN YESID SÁNCHEZ BERRIOS

CONTRATO DE INTERVENTORÍA No. 289 DE 2025
CONTRATISTA: CONSORCIO INTERDISEÑOS
R/ RENAN LÓPEZ MORENO

ARAUCA
NOVIEMBRE 2025

consorciocampusuniversitario@gmail.com

+57 321 4624749

Carrera 15 A #26-33 Guarataros
Arauca Arauca





TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	4
2	MARCO NORMATIVO.....	5
2.1	NORMATIVA NACIONAL TÉCNICA.....	5
2.2	SEGURIDAD VIAL Y PROTECCIÓN AL USUARIO VULNERABLE	5
2.3	ESTÁNDARES DE CALIDAD Y MATERIALES (NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS - NTC)	5
2.4	NORMATIVA LOCAL Y REGIONAL	5
2.5	OBJETO	6
2.6	ALCANCE.....	6
2.7	JUSTIFICACIÓN.....	6
3	GENERALIDADES Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	7
3.1	JUSTIFICACIÓN Y CONTEXTO SOCIOECONÓMICO	7
4	INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	8
4.1	CONTEXTO GEOGRÁFICO.....	8
4.2	HISTORIA.....	8
4.3	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	9
4.4	LÍMITES	9
4.4.1	Localización específica del proyecto	10
5	PRINCIPIOS FUNDAMENTALES.....	11
5.1	CLARIDAD Y SENCILLEZ.....	11
5.2	UNIFORMIDAD	11
5.3	VISIBILIDAD Y LEGIBILIDAD	11
5.4	CREDIBILIDAD Y JUSTIFICACIÓN.....	11
5.5	PRIORIDAD DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE (ENFOQUE 2025).....	11
6	IMPACTOS A MITIGAR.....	12
6.1.1	Conflictos entre Actores Viales (Siniestralidad)	12
6.1.2	Congestión y Saturación de Accesos.....	12
6.1.3	Estacionamiento Indebido y Caos Urbanístico	12
6.1.4	Barreras a la Movilidad Sostenible y Activa	12
6.1.5	Desorientación del Usuario y Seguridad Ciudadana.....	12
7	CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES VIALES	13





7.1	SEÑALES REGLAMENTARIAS (SR)	13
7.2	SEÑALES PREVENTIVAS (SP)	13
7.3	SEÑALES INFORMATIVAS (SI)	13
7.4	SEÑALES HORIZONTALES (DEMARCACIÓN VIAL)	13
7.5	DETERMINACION DE CANTIDADES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	14
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	16
9	BIBLIOGRAFÍA.....	17

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Límites del municipio de Saravena	9
Tabla 2	Información de localización del Proyecto	10



1 INTRODUCCIÓN

El presente documento detalla el Diseño de Señalización Vial para la primera etapa constructiva resultado de los estudios y diseños objeto del contrato de consultoría No. 266 de 2025, la cual tiene como objeto: "CONSTRUCCIÓN ETAPA I DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA ESENCIAL PARA LA HABILITACIÓN DE ÁREAS DE FORMACIÓN EDUCATIVA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA". Este diseño se constituye como la herramienta estratégica para regular, controlar y garantizar la seguridad en la movilidad de los diversos actores viales que convergen en el área de influencia del proyecto.

Dada la naturaleza educativa de la infraestructura, el diseño prioriza la protección de los usuarios más vulnerables (estudiantes, peatones y ciclistas). El objetivo principal es establecer una solución técnica que minimice los conflictos en el flujo vehicular, mitigue la congestión en las vías aledañas y elimine riesgos críticos de siniestralidad mediante una comunicación visual clara, uniforme y conforme a los estándares nacionales vigentes.



2 MARCO NORMATIVO

El diseño de señalización para el Campus Universitario se fundamenta en el marco legal y técnico vigente en Colombia en la actualidad, garantizando la uniformidad de los dispositivos de control de tránsito según los siguientes lineamientos:

2.1 NORMATIVA NACIONAL TÉCNICA

- **Manual de Señalización Vial (Resolución 20243040045005 de 2024):** Documento técnico principal del Ministerio de Transporte. Establece los estándares actuales para el diseño, ubicación y mantenimiento de señales verticales y horizontales. *Este diseño se alinea con la actualización integral de pictogramas y dispositivos de seguridad vial de dicha resolución.*
- **Código Nacional de Tránsito (Ley 769 de 2002 y sus reformas):** Marco regulador de la circulación de todos los actores viales en las vías públicas y privadas abiertas al público.

2.2 SEGURIDAD VIAL Y PROTECCIÓN AL USUARIO VULNERABLE

- **Ley 1503 de 2011 y Decreto 2851 de 2013:** Lineamientos sobre la promoción de hábitos y comportamientos seguros en la vía, base para el Plan Estratégico de Seguridad Vial del campus.
- **Ley Julián Esteban (Ley 2251 de 2022):** Norma crítica para este proyecto, ya que dictamina la velocidad máxima de **30 km/h** en entornos universitarios y prioriza la infraestructura para usuarios vulnerables.

2.3 ESTÁNDARES DE CALIDAD Y MATERIALES (NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS - NTC)

- **NTC 4731:** Especificaciones para señalización táctil y dispositivos que garantizan la accesibilidad universal de personas con discapacidad visual en el entorno educativo.
- **NTC 4739:** Regula las láminas retrorreflectivas. Para este proyecto se priorizan materiales de **Alta Intensidad o Grado Diamante** para asegurar la visibilidad en el clima de la región.
- **NTC 1360:** Requisitos técnicos para pinturas de demarcación vial, asegurando resistencia al tráfico pesado y condiciones climáticas extremas.

2.4 NORMATIVA LOCAL Y REGIONAL

- **Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Saravena:** Cumplimiento de los lineamientos urbanísticos y de movilidad específicos del municipio de Saravena, Arauca.



2.5 OBJETO

Establecer las especificaciones técnicas, el diseño y la ubicación de los dispositivos de regulación de tránsito (señalización vertical, horizontal y dispositivos de seguridad) para el proyecto de inversión **“CONSTRUCCIÓN ETAPA I DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA ESENCIAL PARA LA HABILITACIÓN DE ÁREAS DE FORMACIÓN EDUCATIVA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA”**, como primera etapa constructiva resultado del desarrollo de los estudios y diseños de ingeniería detalle del contrato de consultoría No. 266 de 2025 “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA”. El presente diseño tiene como fin primordial organizar el flujo vehicular y peatonal, garantizar la seguridad vial de la comunidad universitaria y dar estricto cumplimiento a la normativa nacional vigente para el año 2025, mitigando riesgos de siniestralidad en las zonas de acceso e influencia del campus.

El alcance de este diseño se extiende a todas las actividades del proyecto que involucren la ocupación de la infraestructura vial, afectaciones a andenes, vías o calzadas, y la circulación y maniobra de maquinaria pesada o vehículos de transporte de materiales. Su implementación es obligatoria durante la fase de Construcción del proyecto.

2.6 ALCANCE

El alcance de este diseño de señalización comprende las siguientes actividades y áreas de intervención:

1. **Área de Influencia:** Intervención técnica de las vías perimetrales al campus, accesos vehiculares y peatonales, así como la red interna de circulación (parqueaderos y zonas de tránsito compartido).
2. **Señalización Vertical:** Diseño y localización de señales reglamentarias (en especial SR-30 de velocidad máxima), preventivas (SP-47 zona escolar/universitaria) e informativas de destino y servicios, utilizando materiales retrorreflectivos de alta intensidad según el clima de la región.
3. **Señalización Horizontal (Demarcación):** Definición de líneas de borde, ejes, pasos peatonales (cebras), pictogramas de velocidad y demarcación de zonas de parqueo (incluyendo celdas para personas con movilidad reducida y vehículos eléctricos).
4. **Dispositivos de Seguridad y Control:** Inclusión de elementos de canalización, reductores de velocidad (resaltos) y señalización táctil para accesibilidad universal, conforme a la **NTC 4731**.
5. **Especificaciones Técnicas:** Definición de materiales (pinturas termoplásticas y láminas tipo IV) aptos para las condiciones climáticas de Saravena (alta pluviosidad y temperatura).
6. **Plan de Implementación:** Generación de planos detallados, cuadro de cantidades de obra y cronograma de instalación para la fase operativa del proyecto.

2.7 JUSTIFICACIÓN.

La necesidad de implementar un diseño de señalización vial integral para el **Campus Universitario en Saravena** se fundamenta en los siguientes pilares estratégicos:



1. **Protección al Usuario Vulnerable:** El entorno universitario genera una alta concentración de peatones y ciclistas (estudiantes, docentes y personal administrativo). Bajo un enfoque que prioriza la seguridad vial, es fundamental diseñar infraestructura que proteja la vida. La señalización técnica es la herramienta principal para gestionar la velocidad y garantizar cruces seguros, minimizando la probabilidad de atropellamientos.
2. **Mitigación de Impactos en la Movilidad Local:** La construcción de un campus de gran escala altera el flujo vehicular habitual del municipio de Saravena. Sin una señalización adecuada que canalice los accesos y salidas, se corre el riesgo de generar puntos de congestión, giros indebidos y conflictos con el tráfico de paso, afectando la operatividad de las vías aledañas.
3. **Cumplimiento Legal y Normativo (Vigencia 2025):** La implementación de nueva infraestructura pública exige que esté dotada de dispositivos que cumplan con los estándares actuales de reflectividad, color y dimensiones establecidos en la normativa vigente. Omitir este diseño expondría a la institución a responsabilidades legales y administrativas en caso de siniestros viales.
4. **Adaptación a las Condiciones del Entorno:** Dadas las características climáticas de **Saravena**, con periodos de alta pluviosidad y temperaturas elevadas, se justifica técnicamente el uso de materiales de alta durabilidad (pinturas termoplásticas y láminas de alta intensidad). Esto asegura que la señalización sea visible tanto en horas nocturnas como bajo lluvia intensa, garantizando una operación continua del campus las 24 horas.
5. **Accesibilidad Universal:** El proyecto tiene el compromiso ético y legal de ser inclusivo. La señalización propuesta integra elementos táctiles y visuales que permiten a personas con movilidad reducida o discapacidad visual navegar el campus de forma autónoma, cumpliendo con los estándares de inclusión exigidos por el Gobierno Nacional.
6. **6. Fomento de la Movilidad Sostenible y Activa:** En alineación con las metas nacionales de descarbonización y transporte limpio para el año 2025, el campus universitario se proyecta como un nodo de movilidad sostenible. Este diseño de señalización no se limita al tráfico motorizado, sino que prioriza e incentiva el uso de modos de transporte no contaminantes. Al implementar una señalización clara para ciclorrutas, zonas de tránsito compartido y parqueaderos preferenciales para vehículos eléctricos y micromovilidad (patinetas), el proyecto reduce la huella de carbono institucional. Asimismo, la correcta demarcación de rutas ciclistas y senderos peatonales seguros fomenta hábitos de vida saludables entre la comunidad universitaria, disminuyendo la dependencia del vehículo particular y mejorando la calidad del aire en el municipio de Saravena

3 GENERALIDADES Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO

3.1 JUSTIFICACIÓN Y CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

El proyecto de construcción de un campus universitario en Saravena se enmarca en las acciones de la Gobernación de Arauca en honor a la Paz y el desarrollo sostenible de la región. Reconociendo el impacto del conflicto interno que ha frenado el progreso social y productivo en el municipio, esta intervención busca generar espacios urbanos regionales que brinden seguridad, confianza y promuevan mayores oportunidades de trabajo mediante el impulso de la actividad pedagógica y turística que en conjunto conforman el complejo Parque de la Vida.





4 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

4.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO

El Municipio de Saravena se encuentra localizado en el espacio geográfico de la Orinoquía. Representa uno de los paisajes más complejos en términos de su biodiversidad, de su conformación fisiográfica, de sus procesos culturales y de su dinámica de poblamiento.

4.2 HISTORIA

Anteriormente existía un vasto bosque primario y gran cantidad de caños y afluentes de los ríos de la región. Se trataba de suelos de mediana fertilidad, que albergaban una gran riqueza de flora y fauna inexplorada. Su población autóctona estaba conformada por indígenas Betoyes, Tunebos, Cuibas y pequeños grupos recolectores y cazadores de la familia de los Guahibos.

A esta región el primer flujo de colonizadores blancos llegó en la época colonial con los misioneros jesuitas entre 1604 y 1767. Inicialmente se organizaron hatos y haciendas pertenecientes a las misiones, utilizando mano de obra indígena. Formaron la hacienda Caribabare, origen de lo que hoy es en gran medida la región del Sarare. La colonización del Sarare se inició al final del siglo pasado por la Compañía Pamplonesa del Sarare, en el municipio de Toledo, Norte de Santander. Oficialmente las labores comenzaron en 1943, adelantada por el Ministerio de Economía hasta 1945, año en el cual se encargó del proceso al departamento de Norte de Santander. Luego en 1950, estas funciones pasaron al Instituto de Parcelaciones, Colonización y Defensa Forestal (INCORA, 1973).

En el año de 1956, el Gobierno Nacional encargó a la Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero de los programas de colonización dirigida, dando como resultado cuatro sectores: Gibraltar en Tunebia; el Guamo en Cubará; La Isla del Charo en Saravena y Fortul asentando los productores mediante colonización dirigida (INCORA, 1973). Posteriormente las actividades de la Caja Agraria fueron continuadas por el Instituto Colombiano de Reforma Agraria (INCORA), que mediante resolución No. 123 de 1964 creó el proyecto Arauca 1 con sede en Tunebia, cuyo principal objetivo era apoyar la colonización espontánea del Sarare, abandonando el programa de colonización dirigida iniciado por la Caja Agraria. El apoyo consistía, en el otorgamiento de créditos, titulación de tierras y asistencia técnica. Con el proceso de colonización. Los indígenas se vieron en la obligación de desplazarse hacia la zona montañosa del municipio, donde actualmente residen (INCORA, 1973).

La colonización del Sarare conoció diferentes etapas hasta su consolidación en los años 70. La primera fue la de asentamiento y supervivencia y luego continuó la de consolidación. En ésta el INCORA dio estabilidad al asentamiento y contribuyó a crear sus bases, mediante obras de infraestructura vial, escuelas, hospital y créditos de producción y comercialización. En esta etapa ocurrió a la vez, una recomposición de la propiedad en donde colonos que llegaban a la región con algún dinero, compraban mejoras, es decir, parcelas con cuatro o cinco hectáreas de tala de montaña (INCORA, 1973).

En febrero de 1972, se realizó el primer paro cívico del Sarare, que ponía énfasis en mejorar la vía Pamplona – Saravena, los carretables de las veredas y los servicios de salud y educación. Diez años después se realizó el segundo paro cívico del Sarare, que profundizaba en las causas principales del atraso y en la necesidad de solucionar no solo los problemas rurales sino también los urbanos. Los últimos años de la vida local están marcados por la expectativa de canalizar hacia el sector agrario parte de las regalías petroleras.

Los mayores obstáculos para el desarrollo de Arauca, antes del petróleo, eran la incomunicación terrestre entre sus municipios y con el resto del país, la insuficiencia de energía eléctrica y la carencia de presupuesto público para



construir una infraestructura de apoyo a la producción. El aislamiento explica el auge de la ganadería de cría como ocurrió en la costa atlántica. La inversión de regalías petroleras ha buscado hasta el momento la consolidación de una infraestructura vial y energética que posibilite el mercadeo agropecuario. Los primeros pasos hacia una mediana tecnificación de los cultivos basada en los escasos recursos de mano de obra disponible y capital y el desarrollo de una estructura de organización, de comercialización dentro y fuera de la región (ASPA, 1993).

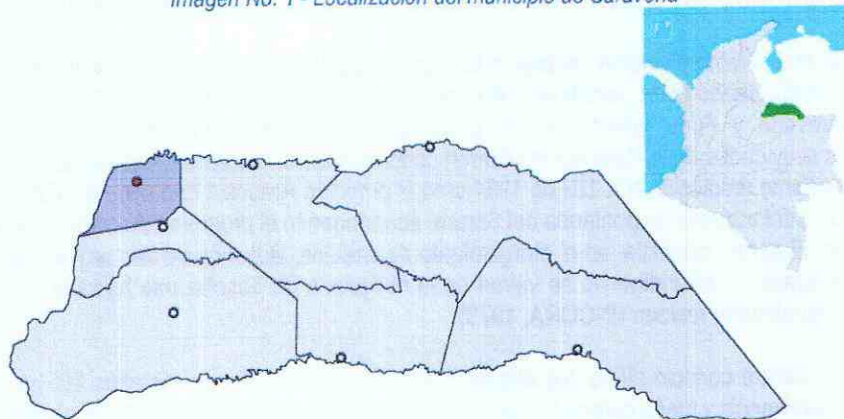
Como consecuencia del proceso de colonización, el municipio fue poblado por colonos de todos los rincones del país; esto ha hecho de Saravena una ciudad cosmopolita, dificultándose su verdadera identidad cultural pues la mezcla de costumbres no permite definir una clara idiosincrasia; sin embargo, los nacidos en la región van sintiendo cada vez con mayor intensidad la cultura llanera, cultivando así el amor por el baile del joropo, el arpa, el cuatro y las maracas. Los jóvenes van descubriendo en estos elementos culturales, su identidad con la región y la tierra que los vio nacer.

4.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Saravena se halla localizado en la Orinoquía colombiana, noroccidente del departamento de Arauca. Sus coordenadas geográficas son: Latitud norte entre 6 grados 46' y 7 grados 00' y en la Longitud este entre 71 grados 41' y 72 grados 06'.

La extensión del Municipio es de 658.7 kilómetros cuadrados, equivalente al 2.79% del departamento de Arauca.

Imagen No. 1 - Localización del municipio de Saravena



4.4 LÍMITES

En la tabla No.1 se describen los límites actuales del Municipio.

Tabla 1 Límites del municipio de Saravena

LÍMITE	UBICACIÓN	DECRETO
Norte	Con la República de Venezuela desde la desembocadura del río Bojabá en el río Arauca, hasta la inspección de Puerto Lleras	
Sur	Con el municipio de Fortul	Decreto 204/76
Este	Con el municipio de Arauquita y Fortul	Decreto 075/59 y 204/76
Oeste	Con el Departamento de Boyacá, sobre la cuenca del río Bojabá	

Fuente: Saravena - Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Diagnóstico

Límites del municipio:

Norte: Con la República de Venezuela desde la desembocadura del río Bojabá en el río Arauca, hasta la inspección de Puerto Lleras. **Sur:** Con el municipio de Fortul. **Este:** Con el municipio de Arauquita y Fortul. **Oeste:** Con el Departamento de Boyacá, sobre la cuenca del río Bojabá.

Extensión total: 658.7 kilómetros cuadrados Km²

Extensión área urbana: 17.7 kilómetros cuadrados Km²

Extensión área rural: 641 kilómetros cuadrados Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): Desde 190 a 2.600 m.s.n.m.

Temperatura media: La temperatura promedio es de 25.5 grados centígrados; la precipitación pluvial es de 2.890 mm al año y la humedad relativa es del 83%.

Distancia de referencia: 196 kilómetros hasta Arauca Capital

Actualmente el municipio se estima que exista una población de 53.000 habitantes ubicados unos 33.000 y los restantes 20.000 ubicados en el área rural.

4.4.1 Localización específica del proyecto

Tabla 2 Información de localización del Proyecto

Departamento / Región	Arauca
Municipio	Saravena
Vereda	Las Vegas, Vía a Samoré
Localidad Cercana	Casco Urbano – Saravena 1.76 km

Fuente: Información propia

Imagen No. 2 - Localización del proyecto



Fuente: Google Earth

5 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Para que la señalización del Campus Universitario en Saravena cumpla su función de seguridad y guía, todos los dispositivos proyectados se rigen por los cinco principios básicos establecidos en la normativa nacional vigente:

5.1 CLARIDAD Y SENCILLEZ

Los mensajes (pictogramas y textos) deben ser simples y de fácil lectura. En el entorno universitario, donde convergen estudiantes y visitantes de diversas regiones, la señalización debe ser interpretada de forma instantánea, evitando ambigüedades que puedan generar dudas o maniobras peligrosas.

5.2 UNIFORMIDAD

Todas las señales instaladas dentro y en el perímetro del campus deben poseer las mismas formas, colores y dimensiones para situaciones similares. Esto garantiza que el conductor o peatón reconozca el mensaje rápidamente al estar familiarizado con el estándar nacional (Resolución 20243040045005 de 2024).

5.3 VISIBILIDAD Y LEGIBILIDAD

- **Retroreflexión:** Uso de láminas de alta intensidad para visibilidad nocturna.
- **Contraste:** Colores nítidos que resalten frente al entorno urbano y la vegetación del campus.
- **Ubicación:** Instalación a alturas y distancias adecuadas para que el usuario tenga tiempo de reacción.

5.4 CREDIBILIDAD Y JUSTIFICACIÓN

Solo se instalarán las señales estrictamente necesarias. El exceso de señales genera fatiga visual y pérdida de atención. Cada señal en este proyecto responde a una necesidad real (un riesgo, una prohibición de la Ley Julián Esteban o una información de servicio), asegurando que el usuario respete el mensaje por su coherencia con el entorno.

5.5 PRIORIDAD DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE (ENFOQUE 2025)

En concordancia con el diseño de un campus moderno, la señalización otorga prioridad visual y física a los modos de transporte activos.

El principio de jerarquía vial asegura que la señalización de peatones y ciclistas prevalezca en los puntos de conflicto sobre el tráfico motorizado, fomentando un entorno de "Tráfico Calmado".





6 IMPACTOS A MITIGAR

La implementación del diseño de señalización vial actúa como una medida de mitigación directa ante las alteraciones en la dinámica urbana y ambiental generadas por el nuevo Campus Universitario. Los principales impactos a controlar son:

6.1.1 Conflictos entre Actores Viales (Siniestralidad)

El impacto más crítico es el riesgo de colisiones y atropellamientos debido a la mezcla de flujos (tráfico pesado de paso por Saravena vs. movilidad peatonal estudiantil).

- **Mitigación:** Instalación de pasos peatonales seguros (cebras), señalización de zona universitaria (SP-47) y dispositivos de control de velocidad que obliguen a la reducción a **30 km/h** según la Ley 2251 de 2022.

6.1.2 Congestión y Saturación de Accesos

La entrada y salida de estudiantes en horas pico genera represamientos que pueden afectar la red vial del municipio.

- **Mitigación:** Canalización de flujos mediante señalización horizontal (flechas de dirección, líneas de carril) y señales informativas de destino que guíen de forma eficiente hacia los parqueaderos y zonas de descarga, evitando bloqueos en la calzada principal.

6.1.3 Estacionamiento Indebido y Caos Urbanístico

La falta de guía clara suele derivar en vehículos parqueados sobre andenes o zonas verdes, degradando el entorno del campus.

- **Mitigación:** Delimitación estricta de zonas de parqueo permitido y prohibido (SR-28), incluyendo el diseño de celdas exclusivas para movilidad sostenible y personas con discapacidad, garantizando el orden del espacio público.

6.1.4 Barreras a la Movilidad Sostenible y Activa

Sin una señalización prioritaria, el uso de la bicicleta y la caminata se percibe como inseguro, aumentando el uso de vehículos motorizados.

- **Mitigación:** Implementación de "Zonas de Prioridad Peatonal" y carriles compartidos debidamente señalizados, mitigando el impacto ambiental y fomentando la descarbonización de la movilidad universitaria en línea con los objetivos de **2025**.

6.1.5 Desorientación del Usuario y Seguridad Ciudadana

Un entorno confuso genera detenciones bruscas y vulnerabilidad de los usuarios ante incidentes.

- **Mitigación:** Sistema de señalización informativa (SI) que brinde claridad sobre las rutas de evacuación, puntos de encuentro y servicios del campus, mejorando la percepción de seguridad y control del entorno.





7 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES VIALES

De acuerdo con el Manual de Señalización Vial vigente (2025), los dispositivos de regulación de tránsito para el Campus Universitario de Saravena se clasifican en cuatro categorías principales, cada una con funciones, formas y colores específicos:

7.1 SEÑALES REGLAMENTARIAS (SR)

Tienen por objeto indicar a los usuarios las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre el uso de las vías. Su violación constituye una falta al Código Nacional de Tránsito.

- **Forma:** Circular (excepto Pare y Ceda el Paso).
- **Color:** Borde rojo, fondo blanco y símbolo negro.
- Señales más frecuentes en el diseño:
 - **SR-30:** Velocidad máxima (30 km/h por Ley Julián Esteban).
 - **SR-28:** Prohibido parquear (para mantener despejados los accesos de emergencia).
 - **SR-01 (Pare):** En salidas del campus hacia vías principales de Saravena.

7.2 SEÑALES PREVENTIVAS (SP)

Su función es advertir al usuario la existencia de un peligro o una situación imprevista en la vía y la naturaleza de este.

- **Forma:** Rombo (cuadrado con diagonal vertical).
- **Color:** Fondo amarillo y símbolo negro.
- Señales más frecuentes en el diseño:
 - **SP-47:** Zona Universitaria (indispensable para alertar sobre flujo peatonal).
 - **SP-46:** Paso de peatones.
 - **SP-29:** Resalto.

7.3 SEÑALES INFORMATIVAS (SI)

Tienen como propósito guiar al usuario y proporcionarle información sobre destinos, servicios, distancias y lugares de interés.

- **Forma:** Rectangular.
- **Color:** Fondo azul con símbolos blancos (Servicios) o fondo verde (Destinos).
- Señales más frecuentes en el diseño:
 - **SI-05:** Estacionamiento (para vehículos, bicicletas y zonas de carga eléctrica).
 - **SI-01:** Puesto de primer auxilio / Hospital.
 - **SI-Destino:** Indicaciones para llegar a facultades, biblioteca o administración.

7.4 SEÑALES HORIZONTALES (DEMARCACIÓN VIAL)

Corresponden a las marcas, símbolos y letras aplicadas sobre el pavimento para canalizar el flujo y advertir peligros.

- **Colores:** Blanco (mismo sentido o bordes), Amarillo (sentidos opuestos) y Azul (zonas de discapacidad).
- **Elementos clave:**
 - **Cebras (Paso Peatonal):** Deben ser de alta retrorreflexión.
 - **Línea de Borde y Eje:** Para segregar el tráfico en las vías de acceso.
 - **Pictogramas de Bicicleta:** Para delimitar las rutas de movilidad sostenible.

7.5 DETERMINACION DE CANTIDADES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En el siguiente cuadro se determinan y consolidan los dispositivos necesarios para la operatividad segura de los accesos y vías internas del campus.

Tipo de Señal	Código	Descripción	Material / Sustrato	Nivel de Reflectividad
Reglamentaria	SR-30	Velocidad Máxima (30 km/h)	Lámina Galvanizada / Aluminio	Grado Diamante (Tipo IX/XI)
Reglamentaria	SR-01	Pare	Lámina Galvanizada / Aluminio	Grado Diamante (Tipo IX/XI)
Reglamentaria	SR-28	Prohibido Parquear	Lámina Galvanizada / Aluminio	Alta Intensidad Prismática
Preventiva	SP-47	Zona Universitaria	Lámina Galvanizada / Aluminio	Fluorescente (Amarillo-Limón)
Preventiva	SP-46	Paso de Peatones	Lámina Galvanizada / Aluminio	Alta Intensidad Prismática
Informativa	SI-05	Estacionamiento (Bicicletas/Carros)	Lámina Galvanizada / Aluminio	Grado Ingeniería
Informativa	SI-04	Accesibilidad (Discapacidad)	Lámina Galvanizada / Aluminio	Alta Intensidad Prismática
Horizontal	M-11	Paso Peatonal (Cebra)	Pintura Termoplástica Blanca	Con Microesferas de Vidrio
Horizontal	M-13	Pictograma Ciclorruta	Pintura Plástica en Frio	Antideslizante
Dispositivo	H-01	Hitos Canalizadores (Delineadores)	Polietileno de alta densidad	Con 2 bandas reflectivas

Las cantidades necesarias de los dispositivos necesarios se encuentran indicadas en el plano de señalización anexo al presente informe de diseño.



NOTAS:

1. **Sustratos y Postes:** Debido a la humedad y pluviosidad de Arauca, los postes deben ser de acero galvanizado en caliente con un diámetro mínimo de 2 pulgadas y una altura libre de 1.80 m a 2.0 m desde el piso a la base de la señal.
2. **Señalización Fluorescente:** Se especifica el uso de fondo Amarillo-Limón Fluorescente para las señales preventivas de Zona Universitaria (SP-47), ya que este color aumenta un 40% la visibilidad en condiciones de lluvia intensa o nubosidad, frecuentes en Saravena.
3. **Pintura Termoplástica:** Para la señalización horizontal (líneas y cebras), se exige pintura termoplástica aplicada por extrusión con un espesor mínimo de 1.5 mm a 3.0 mm. Esto garantiza una vida útil superior a 2 años frente al tráfico pesado de la zona.
4. **Señalización Táctil (NTC 4731):** En los cruces peatonales, se instalarán losetas de caucho o concreto podotáctil (textura de botones para advertencia y cordones para guía) para garantizar la accesibilidad de personas con discapacidad visual.



8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Garantía de Seguridad Vial: El diseño propuesto cumple estrictamente con la **Resolución 20243040045005 de 2024**, asegurando que el Campus Universitario cuente con un sistema de señalización de vanguardia que minimiza los puntos de conflicto entre el tráfico pesado regional de Saravena y la comunidad académica.

Cumplimiento de la Ley 2251 de 2022: Se ha priorizado el control de velocidad a **30 km/h** mediante señalización vertical (SR-30) y horizontal, estableciendo una "Zona de Tráfico Calmado" que protege la integridad física de estudiantes, docentes y personal administrativo.

Inclusión y Accesibilidad Universal: Mediante la integración de la norma **NTC 4731**, el proyecto garantiza que la movilidad dentro y fuera del campus sea inclusiva, eliminando barreras para personas con discapacidad visual o movilidad reducida a través de señalización táctil y zonas de parqueo preferencial.

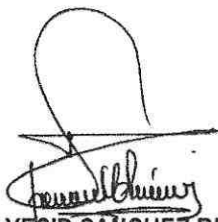
Resiliencia Climática: La selección de materiales (láminas de Grado Diamante y pinturas termoplásticas) asegura que la señalización mantenga niveles óptimos de retroreflexión y visibilidad frente a las condiciones climáticas extremas de Arauca (alta temperatura y pluviosidad), optimizando la inversión a largo plazo.

Programa de Mantenimiento Preventivo: Se recomienda realizar una limpieza semestral de las señales verticales para remover el hollín y polvo, y una inspección anual de la retroreflexión para asegurar que los dispositivos sigan cumpliendo con los niveles de visibilidad exigidos por el Ministerio de Transporte.

Auditoría de Seguridad Vial Pos-Instalación: Una vez finalizada la construcción e instalación, es aconsejable realizar una auditoría de campo para verificar la visibilidad de las señales desde la perspectiva del conductor y del peatón, realizando ajustes en caso de que la vegetación del campus obstruya la visual.

Socialización y Cultura Vial: Se sugiere a la administración del campus implementar campañas de cultura vial dirigidas a los estudiantes de los primeros semestres, con el fin de fomentar el respeto por las señales de "Zona 30" y el uso correcto de los biciparqueaderos.

Actualización Tecnológica: Dado el enfoque de sostenibilidad, se recomienda evaluar en el futuro la integración de señales luminosas tipo LED alimentadas por energía solar en los cruces peatonales de mayor riesgo, reforzando la seguridad en las jornadas académicas nocturnas.



EDWIN YESID SÁNCHEZ BERRIOS
INGENIERO CIVIL - ESP. VÍAS Y TRANSPORTE
MP No. 54202-152017 NTS





9 BIBLIOGRAFÍA

Normativa Técnica Nacional (Colombia)

- Ministerio de Transporte. (2024). *Resolución 20243040045005 de 2024: Por la cual se adopta el Manual de Señalización Vial – Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional.
- Congreso de la República de Colombia. (2002). *Ley 769 de 2002: Código Nacional de Tránsito Terrestre*. Bogotá D.C.
- Congreso de la República de Colombia. (2022). *Ley 2251 de 2022 (Ley Julián Esteban): Por la cual se dictan normas para el diseño e implementación de la política de seguridad vial con enfoque de sistema seguro*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Transporte. (2022). *Resolución 20223040040595: Metodología para el diseño, implementación y verificación de los Planes Estratégicos de Seguridad Vial (PESV)*.

Documentos de Apoyo y Guías

- Agencia Nacional de Seguridad Vial [ANSV]. (2024). *Guía técnica para la señalización de zonas escolares y universitarias bajo el enfoque de Sistema Seguro*.





Consorcio
Campus Universitario
CONSORCIO CAMPUS UNIVERSITARIO

CONTRATO DE CONSULTORIA 266 DE 2025
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL
MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

DOCUMENTOS DEL PROFESIONAL RESPONSABLE



MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **EDWIN YESID SANCHEZ BERRIOS** identificado con cédula de ciudadanía **88.247.940** de **CÚCUTA**, en calidad de **INGENIERO CIVIL** con matrícula profesional **No. 54202-152017 NTS** inscrita en el CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA, certifico que realicé el **INFORME DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE VÍAS, PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO E INFORME DISEÑO SEÑALIZACIÓN** del **ITEM 1.1.8 DISEÑO DE VÍAS Y PARQUEADEROS** para el contrato de consultoría No. 266 de 2025 cuyo objeto es: "**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**", documentos que cumplen con la normativa y reglamentos vigentes aplicables al área de estudio.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente a los documentos señalados para el **ITEM 1.1.8 DISEÑO DE VÍAS Y PARQUEADEROS** realizado para el contrato referido y exonero al Departamento de Arauca, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente estudio y/o diseño. Asimismo, aclaro que estos documentos no pueden ser modificados sin mi autorización una vez sea viabilizado el proyecto. Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ello puedan presentarse, dejando constancia que esta responsabilidad solo compete a la información contenida en los planos e informes debidamente firmados que conforman el estudio y/o diseño recibido a satisfacción.

1

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Interventoría **CONSORCIO INTERDISEÑOS** (Contrato No. 289 de 2025) constituye una verificación del cumplimiento de las normas aplicables. Anexo copia de mi matrícula profesional y certificado de vigencia de esta.

Se expide a los **DIECINUEVE (19)** días del mes de **DICIEMBRE** de 2025.

Atentamente,

EDWIN YESID SANCHEZ BERRIO
Cédula de Ciudadanía No. 88.247.940
Ingeniero Civil – Esp. Vías y Transporte
Matricula Profesional No. 54202-152017 NTS



Consorcio
Campus Universitario
S.A.S.

CONTRATO DE CONSULTORIA 266 DE 2025
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL
MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA



MATRÍCULA PROFESIONAL NO.
54202162017NTS
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 21/02/2008
EDWIN YESID
SANCHEZ BERRIOS
C.C. 88247840
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE
PAULA SANTANDER

[Signature]
PRESIDENTE DEL CONSEJO



REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-4019088

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que EDWIN YESID SANCHEZ BERRIOS, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 88247940, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-152017 desde el 21 de Febrero de 2008, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 150.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los treinta y uno (31) días del mes de Octubre del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado.
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart Indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.



CONTRATO DE CONSULTORIA 266 DE 2025
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO EN EL
MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 88.247.940
SANCHEZ BERRIOS

APPENDIX
EDWIN YESID

செய்து



FECHA DE NACIMIENTO 26-DIC-1980

BOGOTA D.C
(CUNDINAMARCA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.60
EST. OCT. 1964

A+

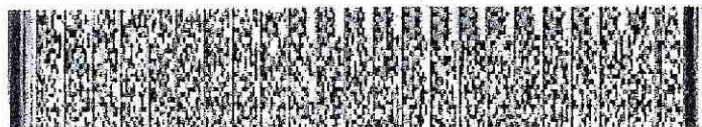
M
SEXO

03-FEB-1989 CUCLTA

1974-1985 COSTA RICAN FEDERAL INDIAN DE EXPEDICION

Abstract

月不... 月不... 月不...



A-4707189-02-07895 M 03924794C-20100700

1997年12月15日

17356-95