MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PAVIMENTO RÍGIDO Y OBRAS DE DRENAJE EN LA CARRERA 48 CON CALLE 60, LA CARRERA 49 CON CALLE 53 Y LA VÍA DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA EUGENIA VELANDIA, MUNICIPIO DE ARJONA, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

DISEÑO DE PAVIMENTOS

FEBRERO DE 2026

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 4
2. ALCANCE Y OBJETIVOS 5
2.1 ALCANCE 5
2.2 OBJETIVO GENERAL 5
2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS 5
3. GENERALIDADES 6
3.1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 7
3.2 SECTORIZACIÓN DE LAS VÍAS A INTERVENIR 10
3.3 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE 12
4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 12
5. MATERIALES VIALES 26
6. CONSIDERACIONES DE TRÁNSITO 27
7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 27
8. MANTENMIENTO VIAL 36
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39
10. REFERENCIAS 40
11. ANEXOS 41

DESTINATARIOS

DESTINATARIO	COPIA DIGITAL	COPIA IMPRESA
ALCALDIA MUNICIPAL DE ARJONA– DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	01	01

EJECUCIÓN, REVISIÓN Y APROBACIÓN

VERSIÓN	MODIFICACIÓN			FECHA
01	Versión Inicial			FEBRERO 2026
TÍTULO DEL DOCUMENTO:	DISEÑO DE PAVIMENTOS - MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PAVIMENTO RÍGIDO Y OBRAS DE DRENAJE EN LA CARRERA 48 CON CALLE 60, LA CARRERA 49 CON CALLE 53 Y LA VÍA DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA EUGENIA VELANDIA, MUNICIPIO DE ARJONA, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR			
DOCUMENTO No.:				
RESPONSABLES DE LA ELABORACIÓN	**Nombres:**	Ing. Civil, M.Sc. en infraestructura vial. OSWALDO GUERRERO.		
	Firma:			
	Matrícula Profesional:	08202-385387 ATL		
	Fecha:	FEBRERO 2026		
RESPONSABLE POR REVISIÓN, APROBACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	**Nombres:**			
	Firma:			
	Matrícula Profesional:			
	Fecha:			
APROBACIÓN CLIENTE	**Fecha**	**Nombre**	**Cargo**	**Firma**

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la red vial del municipio de Arjona, en el departamento de Bolívar, se encuentra en condiciones deficientes pues la constante sobrecarga en el pavimento y la falta de mantenimiento periódico han causado fallas en el pavimento resultando en un deterioro amplio de la malla vial del municipio. En consecuencia, las condiciones de movilidad y conectividad para los habitantes se ven afectadas negativamente, esto directamente repercute en el desarrollo económico, social y comercial del municipio.

Ante este panorama, resulta indispensable una planificación cuidadosa en la infraestructura vial, implementando estrategias que logren mejorar las condiciones de movilidad de los habitantes, impactando directamente en su calidad de vida, pues el flujo existente entre los traslados de mercancías de los comerciantes, los trayectos de los habitantes hacia sus lugares de ocupación o trabajo serán más rápidos y cómodos.

Este documento pretende presentar el diseño de pavimentos del proyecto titulado “MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PAVIMENTO RÍGIDO Y OBRAS DE DRENAJE EN LA CARRERA 48 CON CALLE 60, LA CARRERA 49 CON CALLE 53 Y LA VÍA DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA EUGENIA VELANDIA, MUNICIPIO DE ARJONA, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR” que pretende impactar positivamente la infraestructura vial en el municipio, promoviendo el bienestar y desarrollo de sus habitantes.

2. ALCANCE Y OBJETIVOS

2.1 ALCANCE

El presente documento permitirá el desarrollo del diseño de pavimentos para el proyecto denominado *"MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PAVIMENTO RÍGIDO Y OBRAS DE DRENAJE EN LA CARRERA 48 CON CALLE 60, LA CARRERA 49 CON CALLE 53 Y LA VÍA DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA EUGENIA VELANDIA, MUNICIPIO DE ARJONA, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR",* abarcando aspectos clave cumplimiento de normativas técnicas vigentes y la mejora de la seguridad y funcionalidad de la infraestructura vial para garantizar una rehabilitación eficiente y sostenible, contribuyendo al desarrollo urbano y la movilidad en la región.

2.2 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el diseño de pavimentos a nivel de detalle para el **Proyecto de MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PAVIMENTO RÍGIDO Y OBRAS DE DRENAJE EN LA CARRERA 48 CON CALLE 60, LA CARRERA 49 CON CALLE 53 Y LA VÍA DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA EUGENIA VELANDIA, MUNICIPIO DE ARJONA, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR**, garantizando el cumplimiento de normativas técnicas vigentes por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y lineamientos por el Ministerio de Transporte, asegurando así soluciones eficientes que mejoren la funcionalidad, seguridad y durabilidad de la infraestructura vial.

2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

A continuación, se presentan los objetivos específicos asociados a cada una de las áreas que componen el presente informe:

- Establecer las características de materiales aptos para el buen desempeño en la estructura de pavimento.
- Caracterizar las variables que influyen en el diseño final de las estructuras de pavimento como el tránsito, los materiales, el suelo de fundación, entre otros.
- Proponer y analizar una solución estructural y funcional a la problemática de transitabilidad y conectividad identificada en el corredor vial.
- Diseñar la estructura de pavimento más adecuada de acuerdo con las condiciones de carga, medioambientales y geotécnicas del sector.

- Definir los espesores y la geometría adecuada para garantizar una estructura de pavimento resistente al paso de las cargas vehiculares y los factores medioambientales en la zona del proyecto durante su vida útil.
- Detallar las especificaciones técnicas requeridas para la ejecución del proyecto, dentro del tiempo establecido, y bajo los parámetros exigidos por la normatividad vigente.

3. GENERALIDADES

El presente proyecto tiene como objetivo la rehabilitación del pavimento rígido en 5.1 kilómetros de vías que forman parte de la malla vial del municipio de Arjona, en el departamento de Bolívar.

Actualmente, la infraestructura vial del municipio presenta deficiencias significativas en conectividad y estado físico, debido a la falta de mantenimiento periódico. Muchas de las vías rurales y urbanas se encuentran en condiciones regulares o deficientes, afectadas por baches, grietas, hundimientos y erosión por bombeo, además de la ausencia de señalización y pendientes inadecuadas. Estos problemas aumentan los tiempos de movilidad, reducen la comodidad y seguridad de los usuarios y aceleran el deterioro de los vehículos, además de ser factores de riesgo en la siniestralidad vial. La falta de inversión en el mantenimiento de la red vial ha generado un deterioro progresivo, haciendo urgente una intervención que garantice mejores condiciones de movilidad y calidad de vida para los habitantes.

Por estas razones, se propone la rehabilitación de 5.1 kilómetros de vías, implementando un diseño geométrico optimizado que garantice mayor seguridad vial al reducir la probabilidad de accidentes mediante un trazado adecuado, buena señalización y mejor visibilidad. Además, permitirá optimizar la movilidad disminuyendo los tiempos de desplazamiento y facilitando la circulación eficiente del transporte público y privado. También se logrará una mayor durabilidad de la infraestructura, lo que minimizará costos de mantenimiento a largo plazo, y se mejorará el confort de los usuarios al ofrecer recorridos más seguros y cómodos. Finalmente, este proyecto impulsará el desarrollo urbano y económico, facilitando la conexión entre zonas estratégicas y promoviendo el crecimiento ordenado del municipio. Con esta intervención, no solo se mejorará la funcionalidad y seguridad de la red vial, sino que también se contribuirá al desarrollo sostenible y a la calidad de vida de los habitantes de Arjona.

A continuación, se presenta un registro fotográfico del estado actual de algunas de las vías con el objetivo de tener una perspectiva clara del proyecto.

Figura 1. Estado actual de las vías Arjona, Bolívar.



Fuente: Elaboración propia

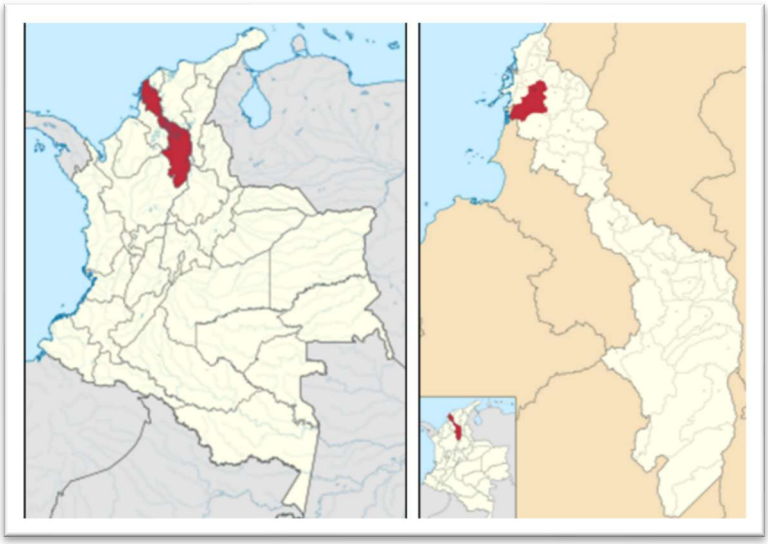
3.1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Arjona es un municipio colombiano ubicado en el norte del departamento de Bolívar, en la región Caribe. Se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros al sureste de Cartagena de Indias, lo que le otorga una ubicación estratégica dentro del área metropolitana de la capital departamental. Geográficamente, Arjona está situado en las coordenadas 10°15' de latitud Norte y 75°21' de longitud Oeste, con una altitud promedio de 54 metros sobre el nivel del mar. Su clima es tropical cálido, con una temperatura promedio anual cercana a los 28°C, caracterizado por una marcada estación seca y una estación lluviosa que influye en sus actividades agrícolas y económicas.

Arjona limita al norte con los municipios de Turbaco y Santa Rosa de Lima, al sur con Mahates, al este con Villanueva y al oeste con el Canal del Dique, una vía fluvial de gran importancia para la región. Su cercanía con Cartagena y su conexión con importantes corredores viales le permiten ser un punto clave para el comercio y el transporte en el departamento. El municipio cuenta con un área urbana en crecimiento y diversas zonas rurales dedicadas a la agricultura, la ganadería y la pesca.

La siguiente figura presenta la localización esquemática del departamento de Bolívar a nivel nacional, y la localización del municipio de interés.

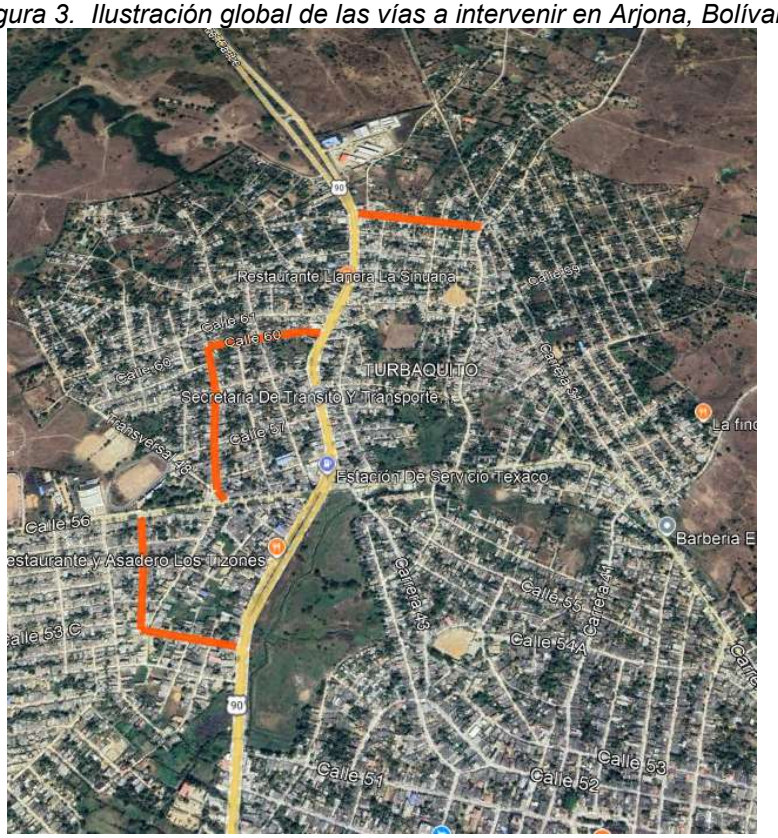
Figura 2. Localización del Proyecto: (a) Departamento de Bolívar (b) Municipio de Arjona.



. Fuente: Wikipedia

Adicionalmente, en las siguientes figuras se presenta una ilustración global de las vías a intervenir, identificando los centros poblados de interés en los cuales habrá impactos positivos generados directamente por la mejoría de la movilidad del municipio.

Figura 3. Ilustración global de las vías a intervenir en Arjona, Bolívar.



Fuente: Elaboración propia

3.2 SECTORIZACIÓN DE LAS VÍAS A INTERVENIR

En la zona de estudio se intervendrán una serie de tramos viales, que incluyen las carreras 48 y 49, además de la vía de acceso a la Escuela CEMEV. La intervención contempla la implementación de nuevas estructuras de pavimento para mejorar la movilidad y el drenaje, lo que contribuirá a optimizar la calidad de vida de los habitantes de la zona.

En las siguientes figuras se puede identificar las calles que serán intervenidas:

- Carrera 48 – Calle 60

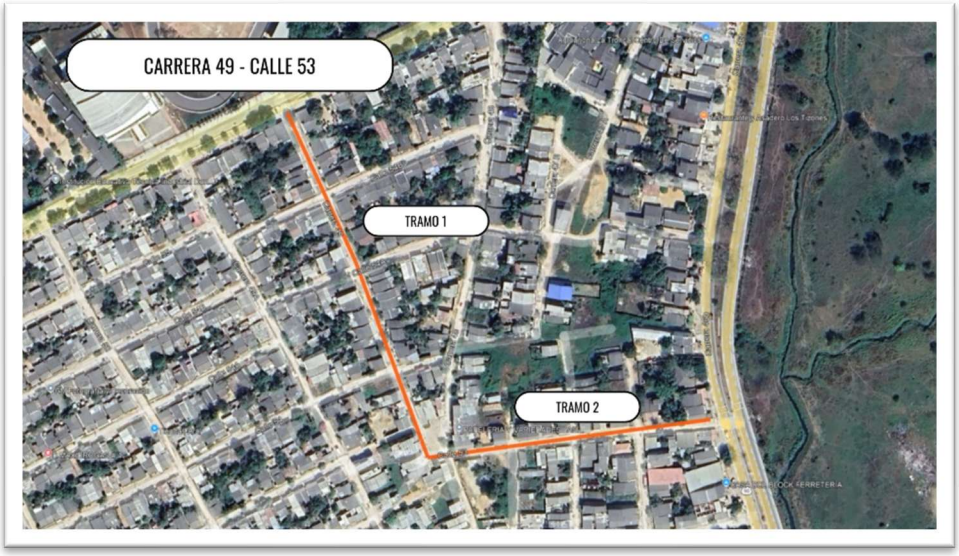
Figura 4. Imagen satelital ID – 03: Carrera 48 – Calle 60



Fuente: Elaboración propia

- Carrera 49 – Calle 53

Figura 5. Imagen satelital ID – 07: Carrera 49 – Calle 53



Elaboración propia

- Vía Escuela Cemev

Figura 6. Imagen satelital ID – 17: Vía Escuela Cemev



Fuente: Elaboración propia

En este orden de ideas, la siguiente tabla resume detalladamente las intervenciones propuestas para atender las limitaciones identificadas en el corredor vial, las cuales fueron esquematizadas en las figuras anteriores:

TRAMO				INICIO X	INICIO Y
CARRERA 48 - CALLE 60	ID – 03.1	L = 720 m	INICIO	10°15'46.55"N	75°21'6.67"O
			FIN	10°15'41.84"N	75°21'14.52"O
	ID – 03.2		INICIO	10°15'41.84"N	75°21'14.52"O
			FIN	10°15'29.80"N	75°21'7.15"O
CARRERA 49 - CALLE 53	ID – 07.1	L = 488 m	INICIO	10°15'26.12"N	75°21'12.30"O
			FIN	10°15'18.18"N	75°21'8.17"O
	ID – 07.2		INICIO	10°15'18.17"N	75°21'8.17"O
			FIN	10°15'19.61"N	75°21'1.36"O
VÍA ESCUELA CEMEV	ID - 17	L = 326 m	INICIO	10°15'59.25"N	75°21'8.65"O
			FIN	10°16'1.87"N	75°20'58.33"O

3.3 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Los tramos viales que serán intervenidos presentan distintas condiciones. Algunos tienen superficies de rodadura sobre terreno natural, funcionando como vías carreteables, mientras que otros requieren la rehabilitación de la infraestructura existente. Esto incluye la reparación o el refuerzo de la estructura del pavimento debido a su deterioro. Además, las dimensiones varían entre los tramos, con anchos de calzada que oscilan entre 3 y 7 metros.

4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Los datos referentes a las características del suelo fueron tomados del estudio de suelos realizados para el presente proyecto. A continuación se resumen los principales resultados encontrados en dicho estudio.

Diferentes apiques se realizaron con distancias menores a 250 metros entre apique, siguiendo así las recomendaciones de INVIAS para proyectos viales. A partir de los ensayos realizados a las muestras tomadas en campo, se determinaron los porcentajes de humedad natural y los límites de Atterberg, específicamente los valores de límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP), los cuales se resumen en la Tabla 1. La localización de los apiques se encuentra detallada en el plazo de localización de apiques adjunto como un anexo.

Tabla 1. Humedad y Consistencia

APIQUE No.	ABSCISA	PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m)		HUMEDAD (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
		LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR				
Carrera 48 - Calle 60							
Apique 1	K0+100	0.00	1.50	15.6	33	19	14
Apique 2	K0+320	0.00	1.50	12.9	35	20	15
Apique 3	K0+550	0.00	1.50	17.9	37	22	15
Apique 4	K0+710	0.00	1.50	16.1	38	21	17
Carrera 49 - Calle 53							
Apique 1	K0+020	0.00	1.50	14.9	32	19	13
Apique 2	K0+265	0.00	1.50	13.2	36	19	17
Apique 3	K0+450	0.00	1.50	18.2	37	22	15
Vía Escuela Cemev							
Apique 1	K0+130	0.00	1.50	16.6	38	20	18
Apique 2	K0+210	0.00	1.50	16.4	35	23	12

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados presentados en la tabla anterior permiten estimar algunas características del suelo que serán relevantes al momento de definir sus propiedades mecánicas como material de fundación. Entre estas se pueden mencionar la compresibilidad, la plasticidad, el contenido de arcillas y el potencial de expansión o hinchamiento. La Tabla 2 define un criterio para estimar la compresibilidad del suelo en función de su Límite Líquido.

Tabla 2. Compresibilidad del Suelo.

TÉRMINO UTILIZADO	LÍMITE LÍQUIDO (LL)
Ligera a baja compresibilidad	0 a 30
Moderada a intermedia compresibilidad	31 a 50
Alta compresibilidad	mayor a 50

Fuente: Mecánica de Suelos, K. Terzaghi.

Contrastando los valores de límite líquido de las tablas anteriores con el criterio de la Tabla 2 se puede determinar que los suelos de subrasante del presente estudio presentan de moderada a intermedia compresibilidad.

Tabla 3. Resultados de compresibilidad del suelo

TRAMOS	TERMINO UTILIZADO
Todos	Suelos de moderada a intermedia compresibilidad

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, las siguientes tablas presentan criterios de clasificación de resistencia y características basados en el índice de plasticidad.

Tabla 4. Clasificación de los suelos según su índice de plasticidad

TÉRMINO UTILIZADO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	RESISTENCIA EN ESTADO SECO
No Plástico	0 a 3	Muy Baja
Ligeramente Plástico	4 a 15	Ligera
Medianamente Plástico	15 a 30	Mediana
Muy Plástico	Mayor a 30	Alta

Fuente: Mecánica de Suelos, K. Terzaghi.

Tabla 5. Características del suelo de acuerdo con su índice de plasticidad.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP > 20	Suelos Muy Arcillosos
20 > IP > 10	Suelos Arcillosos

10 > IP > 4	Suelos Poco Arcillosos
IP = 0	Suelos Exentos de Arcilla

Fuente: Mecánica de Suelos, K. Terzaghi.

De acuerdo con los valores de índice de plasticidad del tramo de interés y los criterios de las tablas anteriores, se puede observar que los suelos estudiados son ligeramente a medianamente plásticos y de características arcillosas, ver Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación del suelo de subrasante del tramo de acuerdo con su índice de plasticidad.

TRAMOS	RESISTENCIA EN ESTADO SECO	CARACTERÍSTICA DE ACUERDO CON SU PLASTICIDAD
Todos	Suelos ligeramente a medianamente plásticos	Suelos arcillosos

Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos Para Vías Con Bajos Volúmenes De Tránsito del INVIAS presenta el siguiente criterio para calificar cualitativamente el potencial de expansión del suelo de subrasante a partir de su límite líquido y su índice de plasticidad, ver Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de los suelos según su potencial de hinchamiento.

LL (%)	IP (%)	CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL
> 60	> 35	Alto
50 - 60	25 - 35	Marginal
< 50	< 25	Bajo

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos Para Vías Con Bajos Volúmenes De Tránsito, INVIAS.

Finalmente, con base en este criterio, los suelos de subrasante en las vías analizadas son categorizados como de bajo potencial de hinchamiento.

Tabla 8. Clasificación de los suelos según su potencial de hinchamiento.

TRAMOS	CLASIFICACIÓN DEL HINCHAMIENTO POTENCIAL
Todos	Bajo

Fuente: Elaboración Propia.

RESUMEN DE CLASIFICACIÓN

Una vez descritos los sistemas de clasificación de suelos a utilizar, se procede a la clasificación de las muestras tomadas en las vías en estudio, cuyos resultados se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 9. Clasificación de los suelos de subrasante

APIQUE	MUESTRA No.	CLASIFICACIÓN			CLASIFICACIÓN GENERAL COMO SUBRASANTE
		AASHTO	ÍNDICE DE GRUPO	SUCS	
Carrera 48 - Calle 60					
Apique 1	1	A-6	10	CL	Regular a malo
Apique 2	1	A-6	10	CL	Regular a malo
Apique 3	1	A-6	9	CL	Regular a malo
Apique 4	1	A-6	10	CL	Regular a malo
Carrera 49 - Calle 53					
Apique 1	1	A-6	9	CL	Regular a malo
Apique 2	1	A-6	10	CL	Regular a malo
Apique 3	1	A-6	7	CL	Regular a malo
Vía Escuela Cemev					
Apique 1	1	A-6	8	CL	Regular a malo
Apique 2	1	A-6	8	CL	Regular a malo

Fuente: Elaboración Propia.

4.6. CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE

La siguiente tabla resume los valores de CBR identificados a lo largo de los apiques realizados, los cuales pueden ser utilizados para el diseño de las estructuras de pavimento. Es importante mencionar que los resultados de los ensayos se presentan en el capítulo de Anexos del presente informe.

Tabla 10. Valores de CBR (%) de suelos de subrasante

APIQUE	CBR (%) SUMERGIDO
Carrera 48 - Calle 60	
Apique 1	1.2
Apique 2	1.4
Apique 3	1.3
Apique 4	1.2
Carrera 49 - Calle 53	
Apique 1	1.3

Apique 2	1.5
Apique 3	1.4
Vía Escuela Cemev	
Apique 1	1.4
Apique 2	1.2

Fuente: Elaboración Propia.

En general, de la información presentada en las tablas anteriores, se puede observar que existe poca variabilidad en los valores de resistencia mecánica, en términos de CBR (%) a lo largo de los tramos analizados. Por esto, se generará un único diseño para los 3 proyectos que están ubicados en el mismo municipio. El análisis de la selección del CBR de diseño para cada calle/carrera se seleccionó como el valor promedio (media aritmética), siguiendo así las recomendaciones del Instituto del Asfalto para proyectos de bajos volúmenes de tráfico. Por lo tanto, se tiene un CBR de diseño para el tramo de 1.3%. Adicionalmente, dadas las pobres características de la subrasante arcillosa encontrada, se recomienda colocar un geotextil tejido T2400 entre la subrasante y la primera capa granular del pavimento.

4.7. CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTE Y CBR DE DISEÑO

Teniendo en cuenta la Tabla 11 “Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia” del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito” del INVIAS en la clasificación de la Subrasante se tienen cinco clases de fundación en función de la capacidad de soporte (CBR), las cuales varían desde S1 hasta S5.

Tabla 11. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia

Clase o Tipo	CBR (%)
S1	< 2
S2	2 - 5
S3	5 - 10
S4	10 - 20
S5	>20

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos De Concretos Para Vías Con Bajos, Medios y Altos Volúmenes De Tránsito, INVIAS.

Los tramos de este proyecto clasifican como clase S1. Teniendo en cuenta que la capacidad portante de la subrasante del tramo analizado es muy baja con un valor de CBR de diseño menor a 3%, con suelos completamente arcillosos y que las especificaciones definidas por el INVIAS recomiendan procedimientos de mejoramiento o estabilización del terreno en suelos con CBR ≥ 3%, se recomienda un mejoramiento de subrasante utilizando material tipo triturado calizo 3/4 a 1 1/2". Para calcular el CBR mínimo de mejoramiento de la subrasante se aplica la metodología de Ivanov por medio de la siguiente ecuación:

$$E_e = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) arctan\left(\frac{ns}{2a}\right)}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_1}{E_0}}$$

Donde:

E_e Módulo equivalente de subrasante mejorada (kg/cm2).
E_0 Módulo de elasticidad de la subrasante (kg/cm2).
E_1 Módulo de elasticidad del material de tipo rajón (kg/cm2).
s Espesor del material de tipo rajón (cm).
a Constante con valor igual a 15.

El módulo de elasticidad dinámicos de cada capa se obtiene a partir de las siguientes correlaciones establecidas a partir de experiencias locales y cartas de la AASHTO:

Correlación 1: Para el módulo resiliente de la subrasante la ecuación propuesta es para CBR <8%

Mr (kg/cm2) = 100*CBR

Correlación 2: Para el módulo resiliente de la subrasante la ecuación propuesta es para CBR >8%

Mr (kg/cm2) = 130*CBR^0.714

Como los resultados de CBR obtenidos son menores al 8% se hace uso de la correlación 1 para el cálculo del Módulo Equivalente por el método de IVANOV y con base en este resultado se calcula el CBR equivalente de la interacción de la subrasante con el mejoramiento, obteniendo un valor de CBR de diseño de 7.3%.

CÁLCULO ESTIMATIVO DEL CBR EQUIVALENTE EN LA SUPERFICIE DE LA CAPA DE MEJORAMIENTO POR MEDIO DE LA FÓRMULA DE IVANOV

CBR DEL CORREDOR		$E_{INF.}$	$E_{SUP.}$	n	$n^{3.5}$	h_1(cm)	h_1 / 2a	$\tan^{-1}(n*h_1/2a)$ (rad)	$1-(1/n^{3.5})$	2/p	2/p*J*I	E_{equiv} (Kg/cm2)	CBR
SUBRASANTE	MAT. GRANULAR	($kg/cm^{2)}$											
1.20	30.0	148	1474	2.51	24.97	30.0	0.99	1.19	0.96	0.64	0.72	538	**7.3**

SISTEMA EQUIVALENTE

$CBR_{EQUIVALENTE}$ = **7.3 %**

CBR DISEÑO			$E_{INF.}$	$E_{SUP.}$	E_{EQUIV}	n	$n^{3.5}$	$1-(1/n^{3.5})$	2/p	2/p*I	$1-(E_{INF}/E_{EQUIV})$	tan(L/K)	h1 (cm)
SUBRASANTE	MAT. GRANULAR	EQUIV.	(Kg/cm^2)										
1.20	30.0	**7.3**	148	1474	**538.5**	2.51	24.97	0.96	0.64	0.61	0.73	2.47	**30.01**

ESPESOR NECESARIO
PARA OBTENER EL MÓDULO EQUIVALENTE
ALTURA DEL RELLENO (h_1) = **30.01** cm

$E_{INFERIOR}$ = $130 \times CBR^{0,714}$

$E_{SUPERIOR}$ = $130 \times CBR^{0,714}$

h_1 corresponde al espesor entre máximo y mínimo del material granular

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

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

De acuerdo con lo anterior, se deben mejorar las características de la subrasante usando un mejoramiento con material de tipo triturado calizo 3/4 a 1 1/2" y un espesor mínimo de **0.30 m**, obteniendo el CBR de diseño de 7.3%, el cual es análogo a un módulo de reacción de la subrasante de 167 pci. Con esto el proyecto clasificaría como S3. Adicionalmente, contemplar este material disminuye los espesores del pavimento en concreto, tal como se presenta en el diseño de pavimentos del proyecto. El cálculo del relleno para el mejoramiento de la subrasante por medio de IVANOV, se muestran en el Anexo. Adicionalmente, dadas las pobres características de la subrasante arcillosa encontrada, se recomienda colocar un geotextil tejido T2400 entre la subrasante y la primera capa granular del pavimento.

5. MATERIALES VIALES

Los materiales para la construcción de la infraestructura vial, sin excepción, deben cumplir con las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías - INVIAS. A continuación, se describen algunos de los aspectos más relevantes a considerar en la definición de los materiales del proyecto.

- **Subrasante:** Los suelos arenosos se consideran aceptables como materiales de subrasante, pero sus características se ven modificadas cuando aparecen combinados con materiales arcillosos, estos suelos son medianamente competentes para soportar cargas vehiculares con un adecuado control de las aguas. En particular, se requiere de suelos con CBR mayor a 3% para garantizar una capa de fundación apropiada para las estructuras de pavimento a proyectar. En caso contrario, como en suelos expansivos o demasiado blandos, se deberá contemplar alguna de las estrategias de mejoramiento de suelos disponibles en el estado de la práctica.

- **Terraplenes:** El material debe cumplir las disposiciones definidas en el capítulo 2, artículos 220-22 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

- **Afirmado:** El material debe cumplir las disposiciones definidas en el capítulo 3, artículo 311-22 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

- **Subbase Granular:** El material debe cumplir las disposiciones definidas en el capítulo 3, artículos 300-22 y 320-22 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Este material debe tener como mínimo un CBR de 30% para proyectos con nivel de tránsito NT1.

- **Base Granular:** El material debe cumplir las disposiciones definidas en el capítulo 3, artículos 300-22 y 330-22 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Este material debe tener como mínimo un CBR de 80% para proyectos con nivel de tránsito NT1.

- **Concreto hidráulico:** Se deben cumplir las disposiciones definidas en el capítulo 5, artículo 500-22 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

- **Acero de Refuerzo:** se deben cumplir las disposiciones definidas en el capítulo 6, artículo 640-22 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

- **Concreto asfáltico:** En particular, la mezcla densa en caliente (MDC) que se utilizará en este proyecto, debe cumplir las disposiciones definidas en el capítulo 4, artículos 400-22 y 450-22 de las Especificaciones Generales de Construcción

de Carreteras.

6. CONSIDERACIONES DE TRANSITO

Para el análisis del tránsito se cuenta con el documento independiente de estudio de tránsito. En dicho documento se calculó el número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas (80 kN) – ESALS. Para un periodo de 20 años, el estudio de tránsito reportó un total de 589683 ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

Para detalles de este valor y el procedimiento utilizado para sus cálculos se remite al documento de estudio de tránsito realizado para este proyecto.

7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En esta sección se describen los procedimientos de diseño utilizados para la definición de las estructuras de pavimento contempladas en el proyecto.

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASHTO 93

Actualmente, existen un gran número de metodologías de diseño de estructuras de pavimento, las cuales se clasifican como empíricas, mecanísticas o mecanístico-empíricas, dependiendo de los criterios de análisis que utilizan para definir los espesores de diseño y predecir su comportamiento en función de unos parámetros de entrada. Para el diseño de la estructura de pavimento rígido del proyecto será utilizada la metodología AASHTO 93, la cual es probablemente la metodología más implementada para el diseño de pavimentos rígidos. El espesor de diseño se determina en función de los parámetros de diseño que se analizarán en las siguientes secciones.

PARÁMETROS DE DISEÑO

PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño corresponde al lapso transcurrido desde el inicio de la vida en servicio de la estructura de pavimento, hasta que los deterioros generados por las condiciones operativas (tránsito y condiciones medioambientales) hacen que la vía pierda su desempeño estructural y funcional. En el dimensionamiento de la estructura de pavimento rígido se adoptará un ***periodo de diseño de 20 años***.

MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (*k*)

La capacidad de soporte del suelo en pavimentos de concreto rígido se define en términos del módulo de reacción de la subrasante (*k*), conocido también como el “Coeficiente de balasto” o el “Módulo de Westergaard”. Este parámetro representa la relación entre la presión necesaria para aplicar una deformación definida producto de la aplicación de ciclos de carga-descarga sobre el suelo.

Este parámetro se obtiene por medio de la prueba de placa definida por la norma I.N.V. E 168-22. Sin embargo, en la práctica este parámetro puede ser correlacionado con el CBR (%) o con el Módulo Resiliente (M_R) de la subrasante, como se presenta a continuación.

Siguiendo las recomendaciones del estudio de suelos, se adoptará un reemplazo del material de subrasante con un espesor de 30 cm de triturado calizo 3/4 a 1 1/2", obteniendo el CBR de diseño de 7.3%. De acuerdo con el software de la American Concrete Pavement Association (ACPA), una de las organizaciones más importantes a nivel mundial en el campo de la ingeniería de pavimentos de concreto corresponde a un módulo resiliente de 7355 psi o un k de reacción de la subrasante de 167 pci.

Figura 7. Cálculo del K de la Subrasante.



Fuente: http://apps.acpa.org/applibrary/KValue/.

Esta capa de material de triturado también ayuda a mitigar el fenómeno de erosión y aumenta la durabilidad de la estructura del pavimento. Esta capa mitiga el fenómeno de erosión, el cual genera un deterioro acelerado en los pavimentos rígidos. De igual manera, el uso de esta capa mejora la capacidad de soporte de la fundación, lo que a su vez representa una disminución del espesor de concreto requerido para satisfacer las solicitaciones de diseño.

TRÁNSITO

La metodología de diseño de la AASHTO 93 requiere la caracterización de la variable tránsito en términos de NESE, los cuales fueron determinados en la sección *consideraciones de tránsito*.

CARACTERÍSTICAS DE LAS LOSAS DE CONCRETO

A continuación, se resumen las características requeridas para el diseño del espesor del pavimento:

- PSI inicial: 4.5, PSI final: 2.0 (valores típicos sugeridos por la AASHTO-93 para pavimentos rígidos).
- Confiabilidad R de 80% y desviación estándar (So) de 0.4, siguiendo las recomendaciones de la AASHTO 93 para pavimentos rígidos en vías locales o de baja importancia, ver Tabla 20.
- Coeficiente de drenaje igual a 0.7 (ver Tabla 16) debido a las características malas de drenaje del material (arcillas de baja plasticidad).
- Coeficiente de transmisión de cargas igual a 3.1 (valor conservador para estructuras con confinamiento lateral por medio de bermas/bordillos/cunetas, ver Tabla 14).
- Módulo de elasticidad del concreto 28000 MPa (valor típico).
- Módulo de rotura (M_R) del concreto: 4.1 MPa (Valor típico para este tipo de proyectos).
- Dovelas/Pasadores de transmisión de carga.

Tabla 12. Valores de confiabilidad

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
Rutas interestatales y Autopistas	85 – 99.9	80 – 90.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 - 80	50-80

Fuente: Adaptado de la Guía AASHTO -93 Diseño de Pavimentos.

Tabla 13. Valores del coeficiente de drenaje

Valores del coeficiente de drenaje				
Calidad del Drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Adaptado de la Guía AASHTO -93 Diseño de Pavimentos.

Tabla 14. Valores del coeficiente de transmisión de carga

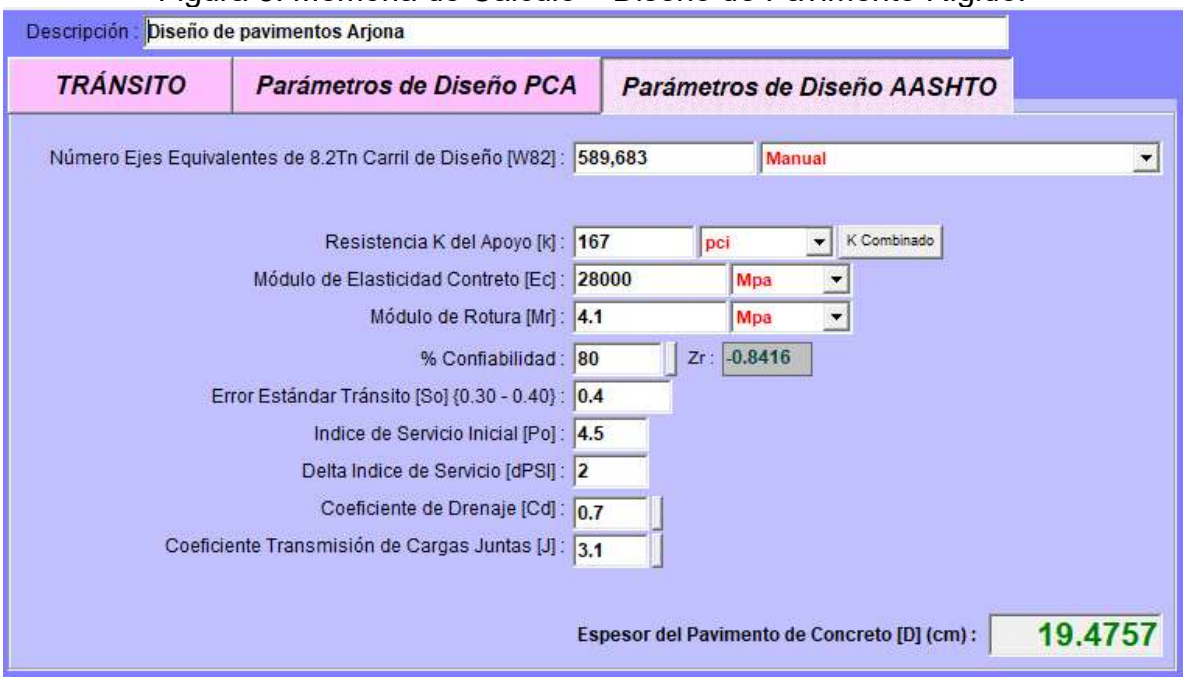
Valores del Coeficiente de Transmisión de Cargas, J				
Berma	De Asfalto		De Concreto	
Tipo de Pavimento	Si	No	Si	No
1. No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
2. Reforzado continuo	2.9 - 3.2	--	2.3 - 2.9	--

Fuente: Adaptado de la Guía AASHTO -93 Diseño de Pavimentos.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

De acuerdo con los parámetros de diseño definidos en las secciones anteriores se determinó el espesor de diseño, aproximados al centímetro siguiente. Para esto, se utilizó el software BS-PCAA desarrollado por el ingeniero Luis Ricardo Vásquez de la Universidad Nacional. El resultado del cálculo se presenta en la siguiente figura:

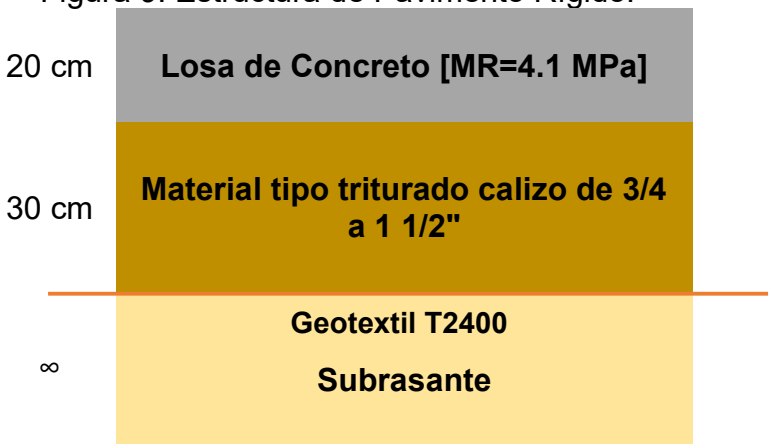
Figura 8. Memoria de Cálculo – Diseño de Pavimento Rígido.



Fuente: software BS-PCAA.

El resultado de los análisis se presenta en las anteriores figuras muestran que el mínimo espesor requiriendo de concreto es de 19.47 cm, el cual se redondea al entero superior que sea constructivamente viable, el cual es de 20 cm (200 mm). A continuación, se presenta el esquema de las estructuras de pavimento de concreto hidráulico diseñada por la metodología de la AASHTO 93.

Figura 9. Estructura de Pavimento Rígido.



Fuente: Elaboración Propia.

GEOMETRÍA, MODULACIÓN, JUNTAS Y REFUERZO DE LAS LOSAS

GEOMETRÍA Y MODULACIÓN DE LAS LOSAS

En general, el espaciamiento de las juntas transversales y longitudinales depende de las condiciones locales de los materiales y el clima. En este sentido, la modulación de las losas debe satisfacer los siguientes criterios:

De acuerdo con la guía AASHTO

- El espaciamiento entre juntas (en pies) no debe exceder dos veces el espesor de la losa (en pulgadas).
- La relación Largo / Ancho de la losa no debe exceder el valor de 1.25.
-

De acuerdo con el Manual de Diseño del INVIAS

- Las losas deben ser lo más cuadradas posible para garantizar un mejor comportamiento estructural y su relación Largo/Ancho oscile en el rango de 1 a 1.3.

De acuerdo con la guía de diseño de juntas de la PCA

- El espaciamiento entre juntas no debe ser mayor a 20 pies (6 metros).

Atendiendo a los criterios mencionados anteriormente, y siguiendo los lineamientos del diseño geométrico, se propone que todas las losas se modulen de forma cuadrada para evitar, en lo posible, el uso de parrillas de refuerzo.

JUNTAS, BARRAS DE ANCLAJE Y PASADORES

En este proyecto se considerará el uso de dovelas para garantizar una adecuada transferencia de carga y la disminución de los esfuerzos y deflexiones en las juntas de las losas de concreto hidráulico que componen la estructura de pavimento. Estas barras se colocarán en la mitad del espesor de la losa y deberán permitir los desplazamientos relativos de la losa por efecto de expansión o contracción del

concreto.

El Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto del INVIAS brinda las recomendaciones de la Tabla 15 para la selección apropiada de los pasadores de carga.

Tabla 15. Recomendaciones para la Selección de los Pasadores de Carga.

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto, INVIAS.

Considerando el espesor de pavimento propuesto de 20 cm, se requiere el uso de pasadores de carga con diámetro de 1 pulgadas (25 mm), longitud de 35 cm separados los mismos cada 30 centímetros.

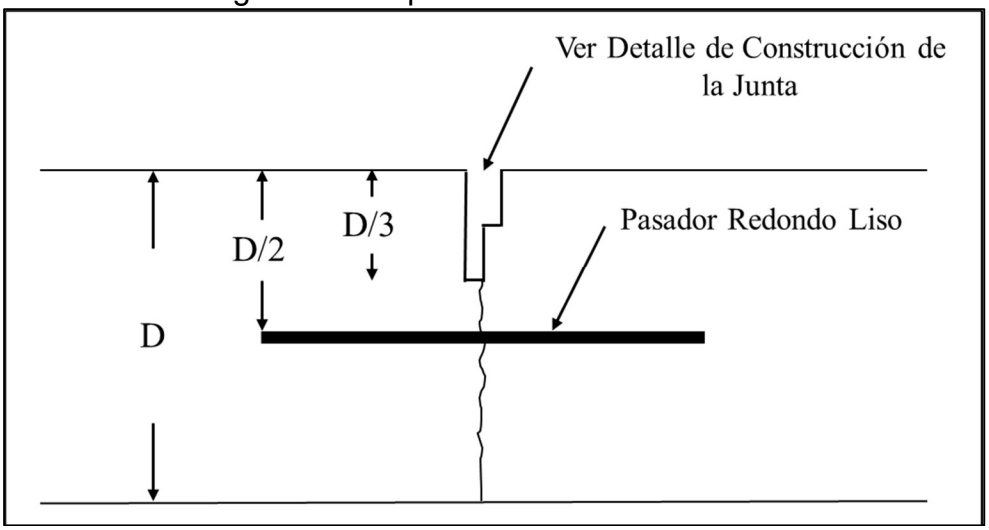
Por otra parte, se utilizarán barras de amarre en las juntas longitudinales del pavimento para controlar los deslizamientos de las losas de un carril respecto a las del carril adyacente. En este punto, de acuerdo con el manual de diseño del INVIAS se requieren barras de 1/2 pulgada (12.7 mm) de acero con $f_y = 280$ MPa de longitud 0.85 m y con separación entre barras de 1.2 metros. Finalmente, se presentan esquemas de los cortes y el tratamiento típico a realizar en las juntas de la estructura de pavimento.

Tabla 16. Recomendaciones para la Selección de las Barras de Anclaje.

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

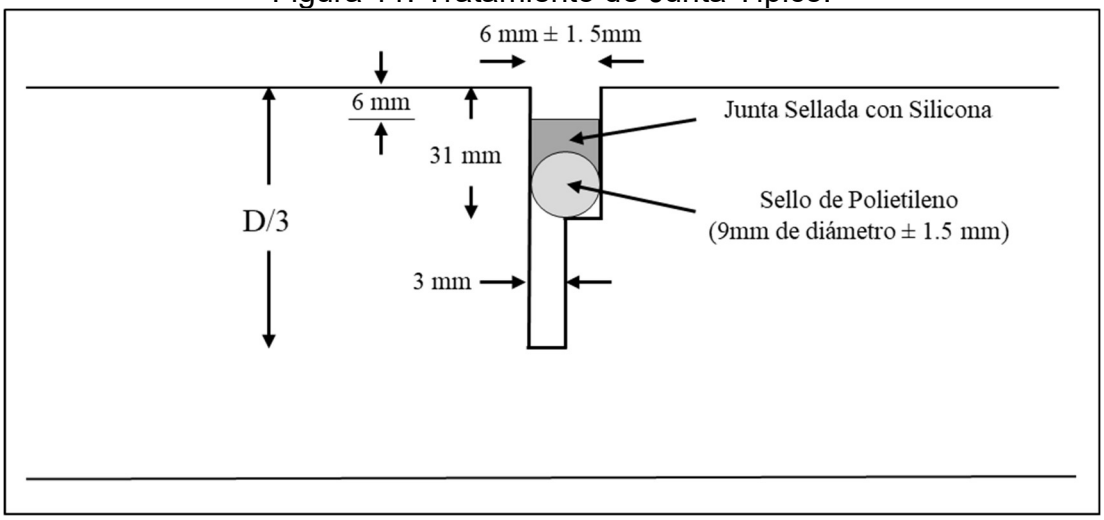
Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto, INVIAS.

Figura 10. Esquema de Corte de Juntas.



Fuente: Adaptado INVIAS.

Figura 11. Tratamiento de Junta Típico.



Fuente: Adaptado Guía AASHTO 1993.

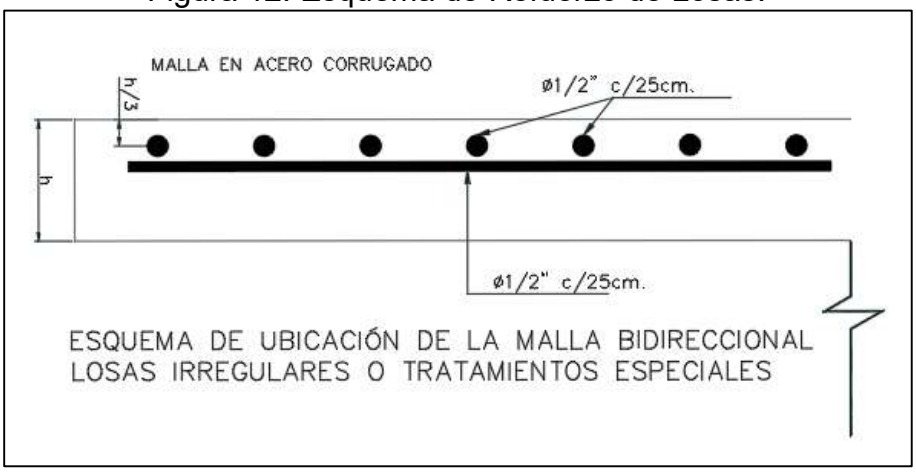
REFUERZO DE LAS LOSAS

En el Capítulo 5 de las Especificaciones Generales de Construcción de carreteras del INVIAS se establece que todas o algunas de las losas diseñadas pueden requerir una o dos parrillas de refuerzo como sistema para controlar la aparición o ensanche de grieta. En este sentido, como guía general, establece que se requerirá la colocación de estas parrillas en aquellas losas que presenten las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de esta.
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.4.
- Losas de forma irregular (diferentes de la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.

En estos casos, el acero de refuerzo de las losas estará constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 420 MPa, diámetro de ½ de pulgada y separación entre centros de 25 cm como refuerzo del pavimento de concreto.

Figura 12. Esquema de Refuerzo de Losas.



Fuente: Adaptado de la Guía AASHTO 1993.

8. MANTENIMIENTO VIAL

El Mantenimiento se define como la conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación. En el caso de las vías se establecen tres niveles de mantenimiento:

- **El mantenimiento rutinario** comprende todas aquellas actividades requeridas para conservar una vía de regular a buen estado, las cuales se repiten una o más veces al año. También, incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar elementos menores dañados, deteriorados o destruidos, tal como los barandales de puentes, obras de drenaje menores, señalización vertical y horizontal, muros de retención y actividades afines.
- **El mantenimiento periódico** abarca las obras de conservación vial que se repiten en períodos de más de un año para elevar la vía a un nivel de servicio de regular a buen estado. En este tipo de mantenimientos se incluye la colocación de sobrecapas/sobrecarpetas en pavimentos existentes en alto grado de deterioro.
- **El mantenimiento preventivo** consiste en actividades y obras de mantenimiento destinadas a prevenir fallas en la vía antes de su ocurrencia.

En un sentido amplio las acciones de mantenimiento tratan de preservar el patrimonio vial y evitar situaciones que pueden inducir, en forma progresiva, a varias acciones: perdida de serviciabilidad vial, accidentabilidad, deterioro prematuro de las obras y situaciones de riesgo para los usuarios.

MANTENIMIENTO PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

En una estructura de pavimento rígido, con el objetivo de garantizar niveles adecuados de serviciabilidad en la vía (comodidad y seguridad al usuario), durante su vida útil, se considerarán las siguientes actividades de mantenimiento:

- Resellado de juntas y/o grietas

A continuación, se describe detalladamente la actividad mencionada.

RESELLADO DE JUNTAS Y/O GRIETAS

Se considera que de un buen sellado de juntas depende la vida de un pavimento de concreto, razón por la cual las normas exigen este proceso tanto en la construcción como en el mantenimiento.

Descripción:

Las juntas son parte importante de los pavimentos de concreto y se hacen con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación del material y a los cambios de temperatura y humedad, entre la cara superficial y la de soporte de las losas de concreto. El sellado de las juntas persigue fundamentalmente:

- Minimizar la infiltración del agua superficial, puesto que esta ablanda la base y propicia el bombeo (salida de finos a través de la junta) con lo que la losa pierde apoyo, corriéndose el riesgo de su rotura.
- Evitar la entrada de materiales duros e incompresibles a la junta, que pueden desportillar los bordes y permitir daños mayores al dilatarse las losas.
- Disminuir la corrosión de los pasadores de las losas del pavimento evitando la entrada de humedad a través de las juntas.

Las juntas que se deben someter al proceso de resellado son aquellas, en las que no se dan movimientos verticales grandes entre las losas que forman la junta. Antes de resellar las juntas se deben clasificar en función del ancho que ellas presenten según su ancho, como se indica a continuación:

- Juntas con ancho hasta de 12 mm.
- Juntas con ancho entre 12 mm y 20 mm.
- Juntas con ancho entre 20 mm y 30 mm.
- Grietas con ancho entre 3 mm y 30 mm.
- Juntas y grietas con ancho superior a 30 mm.
- Juntas longitudinales de cualquier ancho.

Materiales:

El material para el sello debe cumplir con lo mencionado particularmente en el Artículo I.N.V. 500-22 o con las del productor, en caso de que no estén cubiertas por el INVIAS, siempre y cuando tengan el visto bueno del interventor.

Después de agrupar las juntas y fisuras según el ancho y la dirección, se escoge el material de sello siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Juntas con ancho hasta de 12 mm: Los productos recomendados son aquellos

que con una deformación admisible entre el 20% y el 30%, cumplan con los requisitos establecidos en las normas correspondientes. Los imprimantes y cordones de respaldo serán los adecuados y compatibles con el sellador.

- Juntas con ancho entre 12 mm y 20 mm: Para sellar estas juntas, los productos recomendados son los del tipo termoplástico, aplicados en caliente, que tengan una deformación admisible entre el 10% y el 20% y que cumplan con las normas correspondientes.
- Juntas con ancho entre 20 mm y 30 mm, Grietas con ancho entre 3 mm y 30 mm y Juntas longitudinales de cualquier ancho: Los productos recomendados son del tipo masillas asfálticas, modificadas con polímero, que tengan las siguientes características: Penetración, 25°C, 100g, 5s, 101mm: máx.60; Ductilidad, 0°C, mm: mín.20; Filler, porcentaje en peso: máx.25; Punto Ablandamiento, °C: mín.58
- Juntas y grietas con ancho superior a 30 mm: En estos casos se recomienda usar una mezcla de arena-emulsión asfáltica, con una dosis mínima de 18% de emulsión.

Procedimiento de ejecución:

La operación de sellado de las juntas implica los siguientes procesos:

- Limpieza: Las juntas y grietas que contengan restos de sellos antiguos o materiales extraños, se limpian con cuidado en toda su extensión y profundidad, con la ayuda de hojas de sierra, herramientas manuales u otros equipos adecuados, que permitan remover el sello, o relleno antiguo, sin afectar al concreto. La limpieza se termina soplando la junta con aire comprimido, libre de aceite, con una presión mínima de 120 psi, que elimine todo vestigio de material contaminante, incluso el polvo.
- Imprimación: Cuando se especifican materiales para imprimar, se debe tener cuidado, que se produzca la adherencia pedida entre el producto usado para sellar y las paredes de las juntas o grietas.
- Sellado de juntas con ancho hasta de 12 mm: En las juntas que no tengan la caja para alojar el material de sello, se les debe formar cortando el concreto de manera que se forme la caja, con un ancho de 8 mm a 12 mm y con una profundidad entre 22 y 35 mm, según el tipo de sellador y respaldo por emplear, el cual se debe ajustar a lo recomendado por el fabricante del material sellador y ser ligeramente más ancho que la junta de manera que ajuste bien.
- Sellado de juntas con ancho entre 12 mm y 20 mm: Para estas juntas se seguirá un procedimiento similar al descrito para las juntas de hasta 12 mm de ancho, salvo que el ancho de la caja será de hasta 20 mm, y su profundidad la necesaria para insertar el cordón de respaldo. Las juntas clasificadas en este grupo se sellan con productos termoplásticos que se meten en la junta a una profundidad de 14 mm o más y con un espacio libre entre las superficies del sello y de la losa, de mínimo 4 mm. El imprimante se deberá ajustar a las recomendaciones del fabricante del sellador.
- Sellado de juntas con ancho entre 20 mm y 30 mm: Las juntas con ancho entre

20 mm y 30 mm se limpian según lo ya mencionado y se sellan con productos del tipo masilla asfáltica. La profundidad del sello será como mínimo de 15 mm, debiendo quedar entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

- Sellado de grietas con ancho entre 3 mm y 30 mm: Se limpian de acuerdo con lo especificado anteriormente y luego se biselan los bordes mediante equipo esmerilador u otro aprobado, para formar una cavidad con un ancho mínimo de 6 mm. Estas grietas se sellarán con productos tipo masilla asfáltica. El espesor del material sellador será como mínimo de 15 mm, cualquiera que sea el ancho superficial de la grieta, y deberá quedar entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.
- Sellado de juntas y grietas con ancho superior a 30 mm: Después de hacer la limpieza de las juntas y grietas se procede a sellarlas con una mezcla de arena-emulsión asfáltica, siempre que el ancho promedio no exceda los 100 mm, en cuyo caso, el sellado se hace con una mezcla en caliente. En ambos casos el espesor del material sellador será como mínimo 20 mm. El relleno deberá quedar de 4 a 5 mm por debajo de la superficie del pavimento. Las paredes de las juntas y grietas se deberán imprimar con emulsión asfáltica diluida en agua por partes iguales. Se imprime por jornada la longitud que se alcance a sellar en un día de trabajo.
- Sellado de las juntas longitudinales con cualquier ancho: Las juntas longitudinales se limpian según lo descrito anteriormente, y se sellan con productos tipo masilla asfáltica que se ajusten a los requisitos ya estipulados
- Preparación de las mezclas de sellado: Salvo que las instrucciones del fabricante de un determinado producto indiquen otra cosa, o cuando se utilice un imprimante con base en emulsiones asfálticas, las juntas y grietas deberán estar secas antes de comenzar el sellado, el cual se recomienda que se haga con una temperatura entre 5°C y 30°C. La preparación del producto de sellado se hace buscando que se obtenga un material homogéneo y con características estables. La manera de mezclar y homogenizar los productos de sellado son objeto de recomendaciones y especificaciones, que se deben consultar con los proveedores de los productos o con las autoridades pertinentes, antes de emprender las labores de reparación de las juntas.

Frecuencia:

La primera actividad de mantenimiento suele realizarse después de 2-5 años de vida útil.

Mientras la vía está en funcionamiento se deberán realizar los trabajos de limpieza, conservación, reparación y reconstrucción del pavimento que sean necesarios para mantener la condición de la vía en buen estado. La frecuencia de las intervenciones y las cantidades de obra a ejecutar podrán variar de acuerdo con las circunstancias climáticas y otras características, pero siempre deberán cumplir con las especificaciones y parámetros técnicos exigidos.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

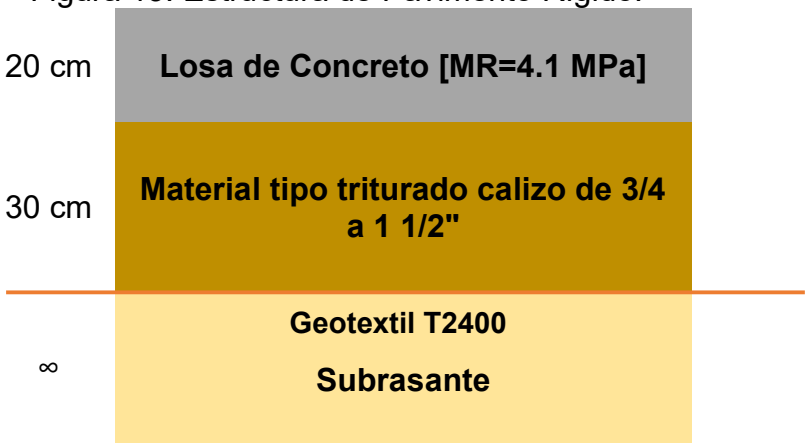
El presente informe desarrolló los aspectos asociados al diseño de pavimento en concreto hidráulico para el proyecto denominado *"MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PAVIMENTO RÍGIDO Y OBRAS DE DRENAJE EN LA CARRERA 48 CON CALLE 60, LA CARRERA 49 CON CALLE 53 Y LA VÍA DE ACCESO A LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA EUGENIA VELANDIA, MUNICIPIO DE ARJONA, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR"*. Atendiendo a los requerimientos de proveer una solución estructural que garantice la operación vehicular en condiciones satisfactorias de serviciabilidad durante un amplio periodo de diseño. En este sentido, se diseñó la solución en pavimento rígido utilizando la metodología de la AASHTO 93, a partir de la cual se definió el espesor de la losa de concreto hidráulico competente para un periodo de diseño de 20 años. Es importante mencionar que el diseño propuesto incluye una capa de tipo triturado calizo de 3/4 a 1 1/2" (material de mejoramiento) de 30 cm cuyos objetivos son mitigar el fenómeno de erosión y prolongar la vida útil de la estructura.

Se contrastaron las especificaciones del manual de diseño del INVIAS y la guía AASHTO 93, para la modulación de las losas de pavimento y las propiedades de las barras de acero requeridas para la distribución de carga y la estabilidad de la estructura. Las estructuras de pavimento rígido propuesta para los tramos a intervenir se resumen a continuación:

TIPO DE PAVIMENTO:	**PAVIMENTO RÍGIDO**
PERIODO DE DISEÑO:	**20 AÑOS**
Concreto Hidráulico M_R 4.1 MPa	20 cm
Dovelas (Diámetro, Longitud. Separación)	25 mm, 35 cm, 30 cm
Barras de Amarre (Diámetro, Longitud. Separación)	12.7 mm, 85 cm, 1.2 m
En el caso de losas irregulares o con tratamiento especial, se utilizarán mallas de refuerzo conformadas por barras de acero corrugado de 1/2 pulgada (12.7 mm), con una separación entre centros de 25 cm en sentido longitudinal y transversal.	
Material tipo triturado calizo de 3/4 a 1 1/2" (material de mejoramiento)	30 cm
Geotextil de mejoramiento	T2400

La siguiente figura presenta un esquema típico de la sección transversal de la solución de pavimento rígido.

Figura 13. Estructura de Pavimento Rígido.



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se debe realizar un adecuado control de calidad siguiendo las especificaciones técnicas definidas por el INVIAS para garantizar que la obra, una vez construida, cumpla con los requerimientos del diseño, especialmente la garantía de ofrecer un buen servicio a los usuarios durante su vida útil.

10. REFERENCIAS

Braja, D (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.

AASHTO (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.*

HUANG, Y H. (1993). *Pavement Analysis and Design.*

INVIAS (2007). *Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito.*

INVIAS (2008). *Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías de Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito.*

INVIAS (2012). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.*

INVIAS (2012). *Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras.*

INVIAS (2017*). Cartilla Guía para la Evaluación de Cantidades y Ejecución de Presupuestos para la Construcción de Obras de la Red Terciaria y Férrea.*

NCHRP 1-37A (2002). *Mechanistic-Empirical Design of New & Rehabilitated Pavement Structures.*

PCA (1984). *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements.*

PCA (1975). *Joint Design for Concrete Highway and Street Pavements.*

Shell (1985). *Shell Pavement Design Manual – Asphalt Pavements and Overlay for Road Traffic*. Shell International Petroleum, London.

Terzaghi, K (1978). *Mecánica de Suelos.*

11. ANEXOS

Resultados de ensayos de laboratorio del estudio de suelos.

Plano de detalles de estructuras de pavimentos.