

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 1 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

DISEÑO DE PAVIMENTO

Proyecto:	"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"
Contiene:	"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"
Elaboró:	PEDRO LUIS USMA VILLA Ingeniero Civil – Especialista en Interventoría de Proyectos y Obras MP-54202-403854 NTS
V.1-junio de 2026	

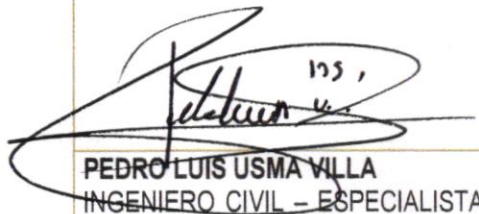
V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 2 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

CONTROL DE DOCUMENTOS	
-----------------------	--

OBJETO:	"Construcción De Pavimento Rígido Y Adecuación Del Espacio Público En La Urbanización Villa Gabriela Casco Urbano Del Municipio De Tame, Departamento De Arauca"
CONTIENE:	DISEÑO DE PAVIMENTO
FECHA:	JUNIO DE 2026

VERSIÓN	FECHA DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
V1	JUNIO- 11- de 2026	"Construcción De Pavimento Rígido Y Adecuación Del Espacio Público En La Urbanización Villa Gabriela Casco Urbano Del Municipio De Tame, Departamento De Arauca"

ELABORÓ:


PEDRO LUIS USMA VILLA INGENIERO CIVIL - ESPECIALISTA EN INTERVENTORIA DE PROYECTOS Y OBRAS MP.54202-403854 NTS

DISEÑO DE PAVIMENTOS

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 3 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo general.....	8
2.2 Objetivos especificos	8
3. GENERALIDADES.....	9
3.1 ALCANCE DEL PROYECTO	9
3.2 Localización	9
3.2.1 Localización Especifica.....	10
3.3 condiciones climaticas del área en estudio	12
3.4 caracteristicas del proyecto.....	13
4. INVESTIGACIONES REALIZADAS	14
4.1 antecedentes geologicos de la zona	14
4.2 Trabajos de campo	14
4.2.1 Muestreo y registros de excavaciones	14
4.3 ensayos de laboratorio.....	15
4.3.1 Ensayos estándar	15
4.3.2 Ensayos en campo y laboratorio	15
4.4 Clasificación de suelos.....	15
5. CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO	15
6. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO	16
6.1 estudio de tránsito.....	16
6.1.1 Objeto del estudio de tránsito	16
6.1.2 Estimación de tránsito de diseño	16
6.1.3 Localización de Aforos Vehiculares	17
6.1.4 Resultados de Transito Promedio Diario.....	17
6.1.5 Análisis del tránsito promedio diario "TPD" sector del Municipio de Tame.....	19
6.1.6 Número De Ejes Equivalentes De 8.20 Toneladas	20
6.2 características del terreno de fundación	23
6.2.1 Localización de los Apiques exploratorios	24
6.2.2 Valor del CBR de diseño.....	24
6.3 DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO METODOLOGÍA DE LA AASHTO	27

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 4 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.3.1	Categoría del tránsito.....	27
6.3.2	Valor del CBR de diseño.....	27
6.3.3	Confiabilidad	27
6.3.4	Serviciabilidad.....	29
6.3.5	Coeficiente de drenaje	29
6.3.6	Propiedades de los materiales.....	30
6.3.7	Factor de Pérdida de Soporte	31
6.3.8	Módulo de reacción efectivo del conjunto, kc efectivo	32
6.3.9	Mecanismos de Transferencia de carga	33
6.3.10	Cálculo del espesor de la losa de concreto AASHTO	33
6.4	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INSTITUTO NACIONAL DE VIAS "INVIAS"	34
6.4.1	Tránsito y Periodo de Diseño.....	34
6.4.2	Características de la Subrasante	35
6.4.3	Material de Soporte del Pavimento	35
6.4.4	Características del Concreto.....	36
6.4.5	Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral	36
6.4.6	Determinación del Espesor de la losa de Concreto "Invias"	37
6.5	ESTRUCTURA RECOMENDADA	38
6.6	geotextil para implementar en la separación de capas granulares	38
6.7	Dimensiones de la losa y elementos de Transferencia de carga	40
6.8	Diseño y construcción de Juntas	43
6.9	Modelo estructural de las losas y elementos de Transferencia de carga.....	47
7.	CALCULO DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA LOSA.....	47
7.1	Esfuerzos de Tensión debidos a las cargas del tránsito	48
7.1.1	Esfuerzos de tensión en la esquina de la losa	48
7.1.2	Esfuerzos de tensión en el interior de la losa.....	48
7.1.3	Esfuerzos de tensión en el borde de la losa	48
7.2	deflexiones debido a la acción del tránsito.....	49
7.2.1	Deflexiones en la esquina de la losa.....	49
7.2.2	Deflexiones en el borde de la losa	49
7.2.3	Deflexiones en el interior de la losa	49
7.3	chequeo de esfuerzos de tensión	50
7.4	deflexiones en la losa de concreto.....	50

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 5 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

8. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES A UTILIZAR.....	51
8.1 Relleno para estructura.....	51
8.2 Recomendaciones generales para la construcción de la estructura granular.	52
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ADICIONALES	54

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 3-1 Localización Municipio de Tame	10
Imagen 3-2 Localización Especifica del Proyecto	11
Imagen 3-3 Climograma de Tame.....	12
Imagen 3-4 Estaciones Activas IDEAM cerca de la zona de estudio	13
Imagen 6-1 Esquema de Localización estaciones de Aforo	17
Imagen 6-2 Distribución porcentual de Vehículos Estación 1	19
Imagen 6-3 Distribución porcentual de Vehículos Estación 2.....	19
Imagen 6-4 Localización Apiques Exploratorios	24
Imagen 6-5 CBR representativo de la subrasante	26
Imagen 6-6 Determinación de módulo de reacción efectivo de la subrasante (Kef)	32
Imagen 6-7 Determinación de espesor de losa de concreto (D)	34
Imagen 6-8 Estructura de Pavimento Recomendada	38
Imagen 6-9 Tipo de Geotextil a Implementar	40
Imagen 6-10 Detalle sección Típica y modulación Unidad de diseño 1	41
Imagen 6-11 Tipos de Juntas	44
Imagen 6-12 Recomendaciones construcción de Juntas	44
Imagen 6-13 Recomendación de distribución de juntas irregulares	45
Imagen 6-14 Refuerzo de losas de forma irregular o con estructuras fijas en su interior	45
Imagen 6-15 Sardineles exteriores	46
Imagen 6-16 Ubicación Vigas de confinamiento	46
Imagen 6-17 Modelo estructural de las Unidades de Diseño (Con sardinel)	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Coordenadas del Proyecto.....	10
Tabla 3-2 Estaciones activas IDEAM cerca de la zona de estudio.....	12
Tabla 3-3 Índice de Thornhwaite y temperatura media mensual	13

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 6 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Tabla 6-1 Factor de Distribución y Factor Carril – Tramos a Intervenir	18
Tabla 6-2 TPD – Estación de aforo 1 (Carrera 28 entre calles 13ª Y 14).....	18
Tabla 6-3 TPD – Estación de aforo 2 – (Calle 13A con carrera 27B esquina)	18
Tabla 6-4 Calculo $\sum(Ci \cdot FDC)$ – Estación 1.....	20
Tabla 6-5. Clasificación área del proyecto	21
Tabla 6-6. Calculo $\sum(Ci \cdot FDC)$ Estación 2.....	21
Tabla 6-7 Clasificación área del proyecto	22
Tabla 6-8 Localización de Apiques	24
Tabla 6-9 Valores de CBR	25
Tabla 6-10 Valores de CBR ordenados	25
Tabla 6-11 Límites para la selección de Resistencia.....	25
Tabla 6-12 Categorías de la subrasante	26
Tabla 6-13 Tipo de Subrasante.....	26
Tabla 6-14 Niveles de confianza aconsejados.....	27
Tabla 6-15 Valores de confiabilidad y desviación normal estándar.....	28
Tabla 6-16 Desviación estándar Total (overall)	28
Tabla 6-17 Índice de serviciabilidad del Pavimento PSI	29
Tabla 6-18 Índice de serviciabilidad del Pavimento PSI	29
Tabla 6-19 Factor pérdida potencial de soporte de la subbase	31
Tabla 6-20 Parámetros de diseño para determinación del K efectivo	32
Tabla 6-21 Resumen de espesores metodología de la AASHTO	34
Tabla 6-22 Categorías del Tránsito para la selección de espesores.....	35
Tabla 6-23 Clasificación de la Subrasante de acuerdo con su resistencia.....	35
Tabla 6-24 Clasificación de los materiales para el soporte del Pavimento.....	36
Tabla 6-25 Módulo de rotura del concreto	36
Tabla 6-26 Sistema de Transferencia de cargas y confinamiento lateral.....	36
Tabla 6-27 Espesores según combinaciones de variables y To como factor principal	37
Tabla 6-28 Resumen de espesores metodología del Invias	37
Tabla 6-29 Propiedades mecánicas del Geotextil.....	39
Tabla 6-30 Parámetros de entrada	39
Tabla 6-31 Cálculos y Resultados del Geotextil	40
Tabla 6-32 Geotextiles recomendados	40
Tabla 6-33 Requisitos mínimos para dovelas en las juntas.....	42

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 7 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Tabla 6-34 Recomendación para barras de anclaje	43
Tabla 7-1 Chequeos en la losa de diseño.....	50
Tabla 7-2 Deflexiones en la losa de diseño	50
Tabla 8-1 Requisitos de los suelos para rellenos de estructuras.	51
Tabla 8-2 Según tabla 320-2 Requisitos de los agregados para subbase granular.....	52
Tabla 8-3 Según tabla 320-3 Franjas granulométricas del material de subbase granular	53
Tabla 8-4 Según tabla 320-4 Verificaciones periódicas de la calidad de material de la subbase granular.	53

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 8 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe hace parte fundamental del proyecto de **"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**, el cual contiene el diseño estructural del pavimento.

Geométricamente las vías a intervenir presentan secciones transversales de 6.00 m de ancho de calzada, con carriles de 3.0 m de ancho. El tránsito de diseño determinado para los tramos a intervenir a partir de aforos vehiculares y de las condiciones particulares de los tramos permitió establecer un Ndis de **56212.23** ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril cargado durante los 20 años de vida útil de la estructura de pavimento rígido.

Producto de la investigación del subsuelo se establece la existencia de suelos de subrasante conformados por arenas limosas de granulometría fina clasificados como SM, según el sistema de clasificación USC y como A-2-4(0) según el sistema de clasificación AASHTO. Como capa de rodadura las calles cuentan con un material granula TM" de poco espesor y con presencia de material orgánico.

El método de diseño utilizado en este documento, es el establecido por la AASHTO-93 para pavimentos rígidos y el metodo designado por el Instituto Nacional de Vias "INVIAS" .Para la verificación tenso-deformacional se hace uso de la mecánica de pavimentos. Para lo anterior, el presente informe presenta los resultados obtenidos según la metodología de diseño, memorias de cálculo, conclusiones y recomendaciones que se deben tener en cuenta durante la construcción del pavimento.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente documento es determinar la configuración estructural para la construcción de pavimento rígido en tramos de la zona urbana del Municipio de Tame, los cuales se relacionan a continuación:

- ✓ Tramo 1. Carrera 28 Entre Calles 14 Y 13– Con Una Longitud de 126.56 m.
- ✓ Tramo 2. Calle 13 entre carreras 28 y 27b– Con una Longitud de 98.81 m.
- ✓ Tramo 3. Calle 13a entre carreras 28 y 27b- Con una Longitud de 99.24 m.
- ✓ Tramo 4. Carrera 27c entre calles 13a y 13– Con una longitud de 67.77 m.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos para lograr complementar el objetivo general son los siguientes:

- Definir las alternativas óptimas de estructura de pavimento rígido teniendo en cuenta las condiciones geométricas existentes y propuestas del proyecto.
- Calcular los espesores de diseño a partir de la metodología AASHTO-93 e INVIAS y posterior verificación mediante evaluación elástica.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 9 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

- Presentar las respectivas conclusiones y recomendaciones.

3. GENERALIDADES

3.1 ALCANCE DEL PROYECTO

Actualmente en el municipio de Tame, algunas vías se encuentran en mal estado y con deficiente mantenimiento, hay dificultad en la intercomunicación terrestre de la población urbana del Municipio. Estas vías han venido presentando un creciente deterioro, limitando la transitabilidad e ingreso en algunos sectores y los vehículos se ven diariamente afectados en sus condiciones técnicas y mecánicas. Situación vial que incide en otros aspectos sociales determinantes en el desarrollo de las comunidades, ya que el estado en que estas se encuentran dificulta el acceso del transporte autónomo y público, accesibilidad a servicios de salud, educación, etc.

Estos tramos urbanos son de suma importancia para la actividad comercial del municipio, por ende, surge la necesidad de mejorar sus condiciones de infraestructura, puesto que estos se encuentran a nivel de subrasante con patologías de desgaste que afectan directamente a los usuarios que transitan por estas zonas. Para el mejoramiento de estos corredores urbanos se contempla la construcción de pavimento rígido y obras de urbanismo.

En la Urbanización Villa Gabriela se encuentran los tramos 1,2,3 y 4 con una longitud total de 392.38 ml; Estos tramos se encuentran a nivel de subrasante en mal estado y cuentan con alcantarillado sanitario en tubería PVC de 8" en buen estado, con respecto a las redes de acueducto también se encuentran en buen estado. Se plantea la construcción de pavimento rígido MR= 3.8 MPA de 17 cm de espesor y 25 cm de subbase granular y para la separación de estas capas geotextil T 2400. Para el confinamiento lateral de la estructura se contempla la construcción de sardineles Tipo A-10, A-85 y la implementación de la respectiva señalización vial, las obras de urbanismo comprenden la construcción de un andén peatonal en concreto estampado de 3000 psi de 10 cm de espesor, con sus respectivas losetas guía y alerta y sardineles de confinamiento.

3.2 LOCALIZACIÓN

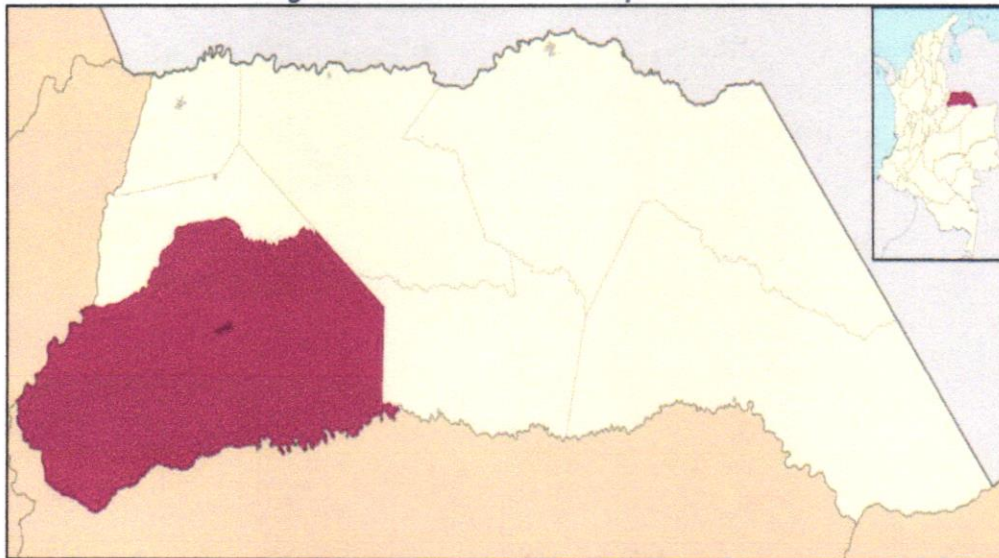
El proyecto se encuentra localizado en la zona urbana del Municipio de Tame, Departamento de Arauca.

-Latitud Norte 6° 27' 30" N

-Longitud Oeste 71° 44' 41" O

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 10 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Imagen 3-1 Localización Municipio de Tame



Fuente: Sitio web: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tame_\(Arauca\)#/media/File:Colombia_-_Arauca_-_Tame.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Tame_(Arauca)#/media/File:Colombia_-_Arauca_-_Tame.svg)

3.2.1 Localización Específica

El proyecto se localiza en el área urbana del Municipio de Tame Departamento de Arauca, en las siguientes direcciones y coordenadas geográficas:

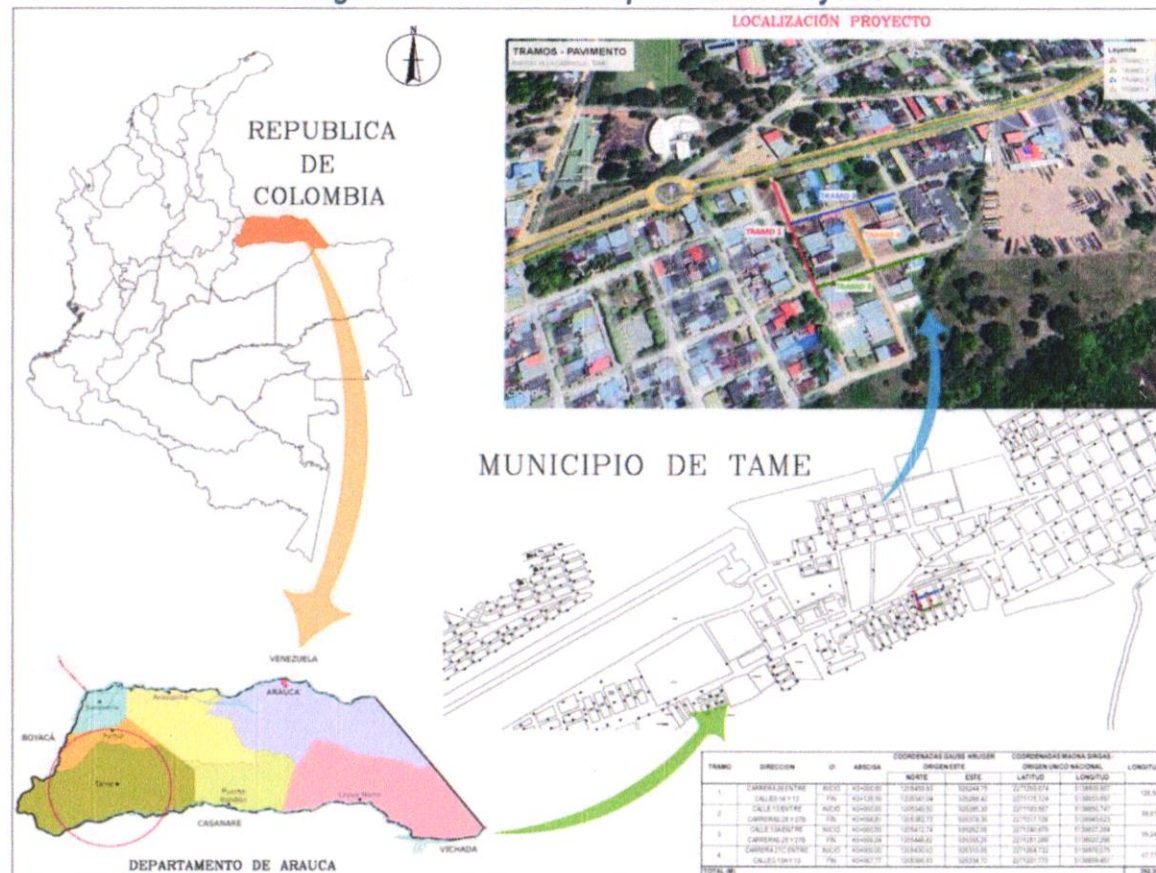
Tabla 3-1 Coordenadas del Proyecto

COORDENADAS DE LOCALIZACION TRAMOS PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"								
TRAMO	DIRECCION	ID	ABSCISA	COORDENADAS GAUSS KRUGER		COORDENADAS MAGNA SIRGAS -		LONGITUD (M)
				ORIGEN ESTE		ORIGEN UNICO NACIONAL		
				NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
1	CARRERA 28 ENTRE CALLES 14 Y 13	INICIO	KD+000,00	1205459,83	926244,75	2271293,674	5138809,807	126,56
		FIN	KD+126,56	1205341,04	926288,42	2271175,124	5138853,897	
2	CALLE 13 ENTRE CARRERAS 28 Y 27B	INICIO	KD+000,00	1205349,50	926285,30	2271183,567	5138850,747	98,81
		FIN	KD+098,81	1205382,73	926378,36	2271217,126	5138943,623	
3	CALLE 13A ENTRE CARRERAS 28 Y 27B	INICIO	KD+000,00	1205412,74	926262,06	2271246,679	5138827,284	99,24
		FIN	KD+099,24	1205446,82	926355,26	2271281,089	5138920,296	
4	CARRERA 27C ENTRE CALLES 13A Y 13	INICIO	KD+000,00	1205430,62	926310,95	2271264,732	5138876,075	67,77
		FIN	KD+067,77	1205366,93	926334,10	2271201,170	5138899,451	
TOTAL (M)								392,38

Fuente: Plano de localización del Proyecto

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 11 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Imagen 3-2 Localización Especifica del Proyecto



Fuente: Plano de Localización del Proyecto

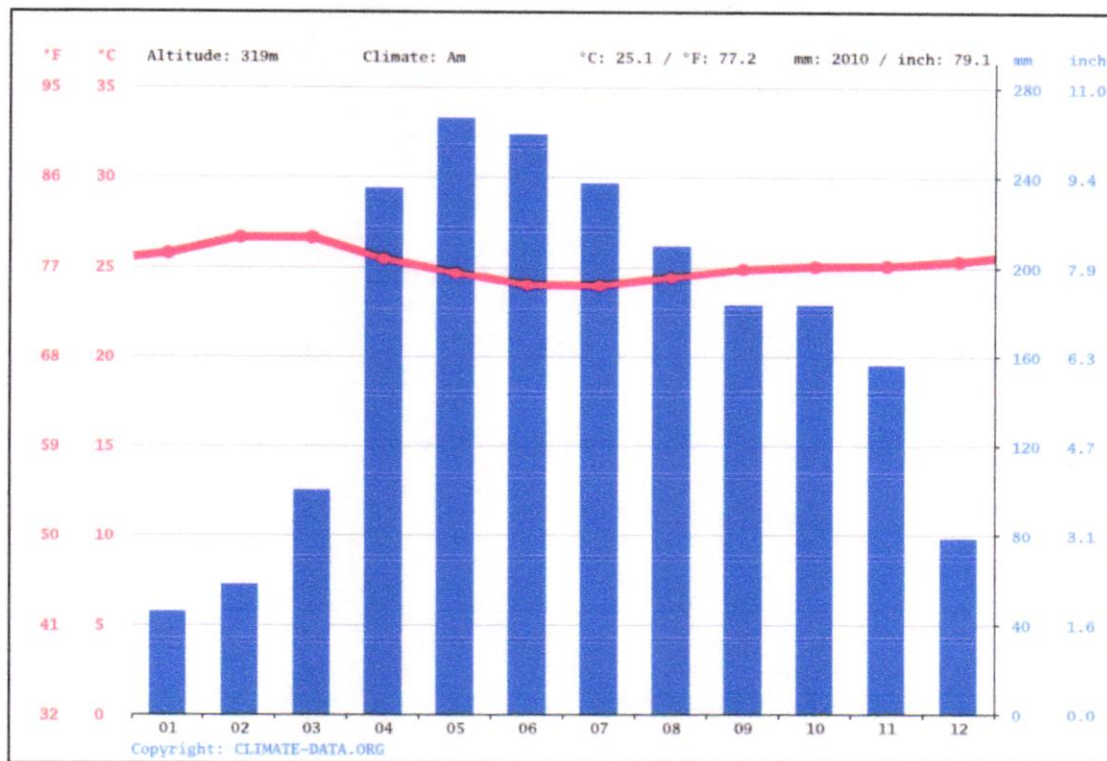
V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 12 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

3.3 CONDICIONES CLIMATICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO

La temperatura y la precipitación son variables que influyen de manera significativa en la durabilidad de los materiales que conforman las capas de la estructura de pavimento y se definieron de acuerdo con la información disponible en las estaciones meteorológicas disponibles en el municipio.

Tame tiene un clima tropical con precipitaciones moderadas. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Am y su temperatura promedio es de 25.1 ° C con una precipitación promedio de 2010 mm.

Imagen 3-3 Climograma de Tame



Fuente: <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/colombia/arauca/tame-50348/>

Con la ayuda de la aplicación CLIMA del programa PAV-NT123 de la Universidad del Cauca y avalados por el Instituto Nacional de Vías y el Ministerio de Transporte, apoyados en las siguientes estaciones del IDEAM se determina la temperatura media y la zona climática del área de estudio.

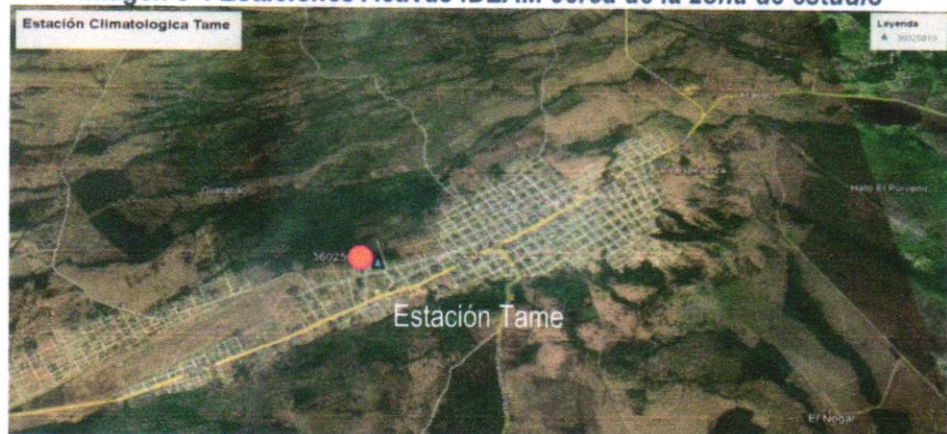
Tabla 3-2 Estaciones activas IDEAM cerca de la zona de estudio

Código	Nombre	Clase	Categoría	Municipio	Ubicación
36025010	Tame	Meteorológica	Climatológica ordinaria	Tame	6.456194°, -71.745028°

Fuente: Catalogo estaciones IDEAM

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 13 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Imagen 3-4 Estaciones Activas IDEAM cerca de la zona de estudio



Fuente: Google Earth.

Del análisis de los datos de las estaciones climáticas del IDEAM cercanas a la zona de estudio la aplicación CLIMA se obtiene:

Categoría climática por humedad : B1. Ligeramente húmedo (lluvia moderada o lluvia fuertemente estacional)

Categoría climática por temperatura : Muy cálido 26.8°C

Tabla 3-3 Índice de Thornthwaite y temperatura media mensual

CLIMA											
Latitud (g.m.s): 6,30,41.15											
Precipitaciones y Temperaturas Medias Mensuales											
Mes	Precipitación (mm)	Temperatura (oC)	Factor de ponderación Wf	Índice de Calor	Horas de Sol	Evt	Evt Corregida	Exceso	Deficit	Índice de Humedad	Índice de Aridez
Enero	5.50	26.78	2.33	12.69	11.66	138.00	138.61	0.00	132.61	0.00	95.67
Febrero	24.48	26.87	2.36	12.75	11.79	139.78	132.76	0.00	108.28	0.00	81.56
Marzo	57.48	26.80	2.34	12.70	11.96	138.39	142.51	0.00	85.03	0.00	59.67
Abril	305.50	26.76	2.33	12.69	12.15	138.00	139.68	65.82	0.00	47.12	0.00
Mayo	290.10	26.70	2.31	12.63	12.30	136.43	144.52	145.58	0.00	100.73	0.00
Junio	254.11	26.73	2.32	12.65	12.38	137.02	141.31	112.80	0.00	79.83	0.00
Julio	238.50	26.73	2.32	12.65	12.34	137.02	145.63	92.87	0.00	63.77	0.00
Agosto	217.20	26.70	2.31	12.63	12.21	136.43	143.41	73.79	0.00	51.45	0.00
Septiembre	173.73	26.70	2.31	12.63	12.03	136.43	138.80	36.93	0.00	27.00	0.00
Octubre	268.20	26.88	2.36	12.76	11.85	139.98	142.95	125.35	0.00	87.75	0.00
Noviembre	153.00	26.89	2.36	12.77	11.70	140.18	136.63	16.37	0.00	11.98	0.00
Diciembre	41.80	26.94	2.38	12.81	11.62	141.18	141.30	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Aplicación CLIMA del programa PAV-NT123

3.4 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

El proyecto corresponde a la "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", para lo cual se busca mejorar las condiciones del terreno para la conformación de la calzada y poder mantener la funcionalidad de la red vial existente.

La superficie del terreno por donde se construirán los tramos de pavimento rígido es de topografía plana, con pendientes promedio entre 1% y 3%. Las zonas adyacentes a las vías presentan ocupación

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 14 de 60 FECHA: JUNIO-2026
----	--	---

por predios residenciales, ya que estos tramos de vía donde se plantea la construcción de pavimento rígido se encuentran localizados en la zona urbana del Municipio de Tame Departamento de Arauca.

4. INVESTIGACIONES REALIZADAS

4.1 ANTECEDENTES GEOLOGICOS DE LA ZONA

La zona en estudio corresponde a una topografía plana y se caracteriza por presentar inundaciones en épocas invernales para bajos periodos de retorno.

GEOTECNIA.

El aspecto relacionado con la geotecnia se asocia a la estabilidad del área por donde pasa la vía en estudio y de cada una de las unidades geológicas y geomorfológicas diferenciadas, así como de las obras de arte existentes y las diseñadas.

En efecto el estudio geotécnico se dirige a establecer las propiedades geotecnias (físico mecánicas) de los materiales de la zona y el análisis de las fuerzas desestabilizadoras y aquellas estructuras restauradoras del equilibrio basado en las propiedades de dichos materiales. La profundidad de exploración se dio en cada caso por las condiciones encontradas llevado a cabo previamente.

Los parámetros geo mecánicos observados e involucrados en el análisis fueron: Tipos y clases de Suelos, Nivel freático y Capacidad de Soporte.

4.2 TRABAJOS DE CAMPO

El estudio de Diseño Geotécnico se desarrolló siguiendo la siguiente metodología:

- Recopilación y análisis de información disponible.
- Exploración del corredor vial para evidenciar la estratigrafía del suelo.
- Ensayos de las muestras en laboratorio tomadas en campo.
- Procesamiento de los datos obtenidos para ensayos de CBR.

Determinación de la sección típica de estructura de pavimento rígido según los resultados obtenidos de clasificación de los suelos y capacidad de soporte por el método de la AASHTO y las recomendaciones del Instituto Nacional de Vías "Invias".

4.2.1 Muestreo y registros de excavaciones

Las actividades realizadas para el estudio de suelos y revisión de información encontrada fueron las siguientes:

- Para caracterizar los suelos de subrasante de las calles del proyecto se realizaron siete (7) perforaciones manuales hasta una profundidad máxima de 1.50 m, extrayendo muestras alteradas para determinación de granulometría y límites de consistencia.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 15 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

- Teniendo en cuenta la localización del proyecto en general se determinó que los suelos encontrados en los apiques exploratorios corresponden a arenas limosas de granulometría fina clasificados como SM según el sistema de clasificación USC y como A-2-4 (0) según el sistema de clasificación AASHTO. Como capa de rodadura las calles cuentan con un material granula TM" de poco espesor y con presencia de material orgánico El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada (1.50 m).

4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

4.3.1 Ensayos estándar

Con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

- Contenido de Humedad
- Granulometría
- Límites de consistencia
- Penetración CBR

4.3.2 Ensayos en campo y laboratorio

Se realizaron los siguientes ensayos en campo y laboratorio

- Ensayo de Penetración Dinámica de Cono (PDC)
- Toma de muestra inalterada para penetración CBR

4.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo con el American Association of State Highway Officials (AASHTO) y al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las muestras no ensayadas se han clasificado mediante pruebas sencillas de campo, observaciones y comparaciones con las muestras representativas. De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, se anexan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en el respectivo estudio geotécnico.

5. CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO

Con el fin de realizar la caracterización de suelos del sector se realizaron las siguientes actividades:

- Recorrido preliminar de Los tramos de Intervención del Proyecto.
- Se realizó la programación de los trabajos de campo y laboratorio.
- Trabajo de campo: se tomaron muestras representativas de suelos para los correspondientes ensayos de laboratorio. Entre los ensayos realizados está el ensayo de CBR para determinar la resistencia del suelo donde se proyectará la futura construcción del pavimento rígido, dichos C.B.R se realizaron sumergiendo la muestra en agua con el fin de representar la condición crítica de la subrasante.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 16 de 60
		FECHA: JUNIO-2028

Los resultados de la etapa de exploración de suelos, trabajo de campo y laboratorio quedan consignados en los respectivos resultados de ensayos que se presentan en los anexos del estudio geotécnico.

- El área en estudio donde ejecutarán los trabajos de pavimentación se pudo apreciar que los suelos de subrasante de la zona están compuestos en su mayoría por arenas limosas de granulometría fina clasificados como SM, según el sistema de clasificación USC y como A-2-4(0) según el sistema de clasificación AASHTO

6. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

6.1 ESTUDIO DE TRÁNSITO

6.1.1 Objeto del estudio de tránsito

Tiene por objeto determinar las incidencias de las cargas y volumen vehicular con la finalidad de obtener el parámetro del tránsito o tránsito de diseño.

6.1.2 Estimación de tránsito de diseño

Al no contar con información que caracterice el tránsito que circula por las calles objeto del diseño, y siguiendo la metodología adoptada en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos Para Bajos Volúmenes de Tránsito, del INVIAS, se procedió a realizar un conteo vehicular.

En la toma de información de campo, se realizaron actividades de logística y planeación que comprendían la visita a la vía objeto de estudio, elaboración de formatos de campo, ubicación de puntos de aforo, intervalos de aforo, capacitación de personal y pruebas piloto. Después de realizadas las pruebas piloto se inició la ejecución de los aforos en los lugares, horas y periodos establecidos.

El estudio de volúmenes vehiculares tuvo como objetivo establecer la variación y composición del tránsito vehicular en los puntos analizados mediante conteos vehiculares, los cuales se realizaron durante doce (12) horas para determinar la demanda vehicular en este; comprendido desde las 6:00 am a las 18:00 horas, esta variación nos indica cómo cambia el flujo vehicular y se cuantifica la demanda de los tramos a intervenir.

Diseño del formulario de control de vehículos: Los datos recogidos durante los conteos vehiculares fueron:

- Sector vía
- Localidad – Departamento
- Fecha y hora
- Nombre de la estación de aforo.
- Aforador y coordinador

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 17 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.1.3 Localización de Aforos Vehiculares

El aforo vehicular se realizó efectuando conteos en periodos de 60 minutos durante 12 horas continuas en 2 estaciones de aforo ubicadas en:

- ✓ Estación de Aforo 1. Carrera 28 entre calles 13A y 14.
- ✓ Estación de Aforo 2. Calle 13A con carrera 27B esquina.

Imagen 6-1 Esquema de Localización estaciones de Aforo



Fuente: Estudio de Transito

6.1.4 Resultados de Transito Promedio Diario

La estimación del Tránsito Promedio Diario (TPD) y el porcentaje vehicular se realiza a partir de tomar un promedio ponderado de la información obtenida para las condiciones registradas del comportamiento del tránsito en días típicos y atípicos. Como día atípico se registra el mayor de los volúmenes aforados, entre tanto que, como día típico se registra el promedio de los otros días de aforo. Para la obtención de los TPD definitivos se considera como días típicos 5 días de la semana y como días atípicos 2 días de la semana, como se muestra en la siguiente fórmula.

$$TPD = \frac{\# \text{ Veh } * \# \text{ días Atípicos}}{7} + \frac{\# \text{ Veh } * \# \text{ días típicos}}{7}$$

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 18 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

En las siguientes tablas se presenta el promedio ponderado para el TPD por tipo de vehículo, junto con el porcentaje que estos representan dentro del total aforado, en el sitio de medición. Las siguientes tablas presentan esta información para cada uno de los tramos a intervenir.

Tabla 6-1 Factor de Distribución y Factor Carril – Tramos a Intervenir

Tramo	Ancho de calzada (m)	# Carriles	Direcciones	Fd	Fc
Estación 1. (Carrera 28 entre calles 13A y 14).	6.00	2	1	0,50	1,0
Estación 2. (Calle 13A con carrera 27B esquina)	6.00	2	1	0,50	1,0

Fuente: Estudio de Transito 2025

Tabla 6-2 TPD – Estación de aforo 1 (Carrera 28 entre calles 13ª Y 14).

	A 1	B 2	C					
	Automóvil-Taxi Campero-Pick-Up Microbus	Buseta Bus	Camion 2 Ejes Pequeño	Camion 2 Ejes Grande	Camion 3 y 4 ejes	Camion 5 ejes	Camion 6 ejes	# Vehiculos Dia
	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3-C4	C5	C6	
Lunes	24	0	2	1	2	0	0	29
Martes	25	0	4	0	1	0	0	30
Miércoles	19	0	2	1	2	0	0	24
Jueves	29	0	2	1	1	0	0	33
Viernes	21	0	2	0	1	0	0	24
Sábado	15	0	1	1	2	0	0	19
Domingo	8	0	0	0	0	0	0	8
Totales	141	0	13	4	9	0	0	167
Total ponderado	20	0	2	1	1	0	0	24
	20	0			4			TPDS
	83,33%	0,00%			16,67%			24
COMERCIALES			8,33%	4,17%	4,17%	,00%	,00%	
			60,00%	25,00%	25,00%	0,00%	0,00%	

Fuente: Estudio de Tránsito,2025

Tabla 6-3 TPD – Estación de aforo 2 – (Calle 13A con carrera 27B esquina)

	A 1	B 2	C					
	Automóvil-Taxi Campero-Pick-Up Microbus	Buseta Bus	Camion 2 Ejes Pequeño	Camion 2 Ejes Grande	Camion 3 y 4 ejes	Camion 5 ejes	Camion 6 ejes	# Vehiculos Dia
	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3-C4	C5	C6	
Lunes	13	1	1	2	1	0	0	18
Martes	13	1	1	0	1	0	0	16
Miércoles	6	1	0	2	1	0	0	10
Jueves	9	1	1	2	1	0	0	14
Viernes	9	2	1	0	0	0	0	12
Sábado	3	0	1	1	0	0	0	5
Domingo	3	1	0	1	0	0	0	5
Totales	56	7	5	8	4	0	0	80
Total ponderado	8	1	1	1	1	0	0	12
	8	1			3			TPDS
	66,67%	8,33%			25,00%			12
COMERCIALES			8,33%	8,33%	8,33%	,00%	,00%	
			33,33%	33,33%	33,33%	0,00%	0,00%	

Fuente: Estudio de Tránsito,2025

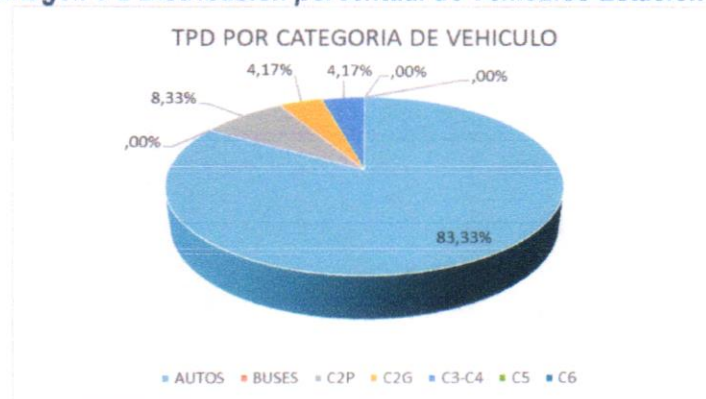
V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 19 de 60 FECHA: JUNIO-2026
----	---	---

6.1.5 Análisis del tránsito promedio diario "TPD" sector del Municipio de Tame.

Análisis Estación 1. (Carrera 28 entre calles 13A y 14).

El Tránsito Promedio Diario es de **24** vehículos, de los cuales **83.33%** son categoría 1 (Automóviles); **0.0%** son categoría 2 (Buses y Busetas) y **16.67%** son camiones. Del **16.67%** de camiones se encontró que la distribución por tipo de camión es **8.33%** (50.00%) camión pequeño de dos ejes (C2P); **4.17%** (25.00%) camión grande de dos ejes (C2G), **4.17%** (25.00%) camión de tres y cuatro ejes (C3-C4), **0%** camión de cinco ejes (C5) y **0%** para camiones de seis ejes o más (C6). El tránsito semanal (TS) es de 168 vehículos.

Imagen 6-2 Distribución porcentual de Vehículos Estación 1.

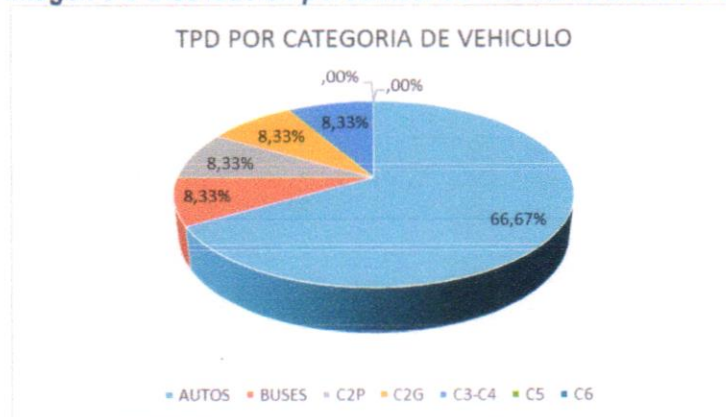


Fuente: Estudio de Tránsito, 2025.

Análisis Estación 2. (Calle 13ª con carrera 27B esquina)

El Tránsito Promedio Diario es de **12** vehículos, de los cuales **66.67%** son categoría 1 (Automóviles); **8.33%** son categoría 2 (Buses y Busetas) y **25.00%** son camiones. Del **25.00%** de camiones se encontró que la distribución por tipo de camión es **8.33%** (33.33%) camión pequeño de dos ejes (C2P), **8.33%** (33.33%) camión grande de dos ejes (C2G), **8.33%** (33.33%) camión de tres y cuatro ejes (C3-C4), **0%** camión de cinco ejes (C5) y **0%** para camiones de seis ejes o más (C6). El tránsito semanal (TS) es de 84 vehículos.

Imagen 6-3 Distribución porcentual de Vehículos Estación 2.



Fuente: Estudio de Tránsito, 2025.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 20 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.1.6 Número De Ejes Equivalentes De 8.20 Toneladas

✓ Proyección Transito Estación No.1

A continuación, se calcula el número de ejes equivalentes en el carril de diseño (tránsito normal) en el año base:

Tabla 6-4 Calculo $\sum(Ci*FDV)$ – Estación 1.

TIPO DE VEHICULO	% VEHICULOS	Ci	FDV	Ci*FDV
C2P	50,00	2	1,01	2,02
C2G	25,00	1	2,72	2,72
C3-C4	25,00	1	3,72	3,72
Σ				8,46

Fuente: Estudio de Tránsito 2025

Ahora reemplazando en la ecuación:

$$N_o = 365 * [8.46] * 0.50 = \mathbf{1543,95}$$

A continuación, el cálculo del número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño para el periodo de diseño (n) (tránsito normal):

Datos:

$$N_o = 1543.95$$

n= 20 años

r= 2%

Fc= 1.0

$$N_a = 1543.95 * \frac{(1+0.02)^{20}-1}{0.02} * 1.0 = \mathbf{37513,92}$$

Seguido se realiza el cálculo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el periodo de diseño (tránsito normal) con el nivel de confianza dado:

Datos:

Confiability 80% Zr= 0.842

$$N' = 37513.92 * 10^{0.05*0.842} = \mathbf{41332.57}$$

Y ahora, teniendo en cuenta la clasificación del proyecto en la **tabla 6-5** se presentan los porcentajes asumidos para el tránsito atraído, generado y desarrollado:

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 21 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Tabla 6-5. Clasificación área del proyecto

CLASIFICACION DEL AREA DEL PROYECTO-HABIT	
AREA CON POTENCIAL MINERO ALTO- Hab>=5000	
TRÁNSITO ATRAIDO (Tat)	25,0%
TRÁNSITO GENERADO (TG)	6,0%
TRÁNSITO DESARROLLADO (TD)	5,0%

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Tránsito atraído (Tat) = $41332,57 \times 25\% = 1033.14$
- ✓ Tránsito generado (TG) = $41332,57 \times 6.0\% = 2479.95$
- ✓ Tránsito desarrollado (TD) = $41332,57 \times 5\% = 2066.63$

De acuerdo a lo anterior, se procede a realizar el respectivo cálculo del número de ejes equivalentes de 8.2 t en el periodo de diseño:

$$N = 41332.51 + 10333.14 + 2479.95 + 2066.63 = 56212.23$$

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES – Estación. 1 (Carrera 28 entre calles 13ª y 14).	5.62 E+04
---	-----------

El tránsito estimado es de **56212** ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño corresponde a un T2.

✓ **Proyección Transito Estación No.2**

A continuación, se calcula el número de ejes equivalentes en el carril de diseño (tránsito normal) en el año base:

Tabla 6-6. Calculo $\sum(Ci \times FDC)$ Estación 2.

TIPO DE VEHICULO	% VEHICULOS	Ci	FDV	Ci*FDV
C2P	33,33	1	1,01	1,01
C2G	33,33	1	2,72	2,72
C3-C4	33,33	1	3,72	3,72
Σ				7,45

Fuente: Estudio de Tránsito 2025

Ahora reemplazando en la ecuación:

$$N_o = 365 * [7.45] * 0.5 = 1359,63$$

A continuación, el cálculo del número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño para el periodo de diseño (n) (tránsito normal):

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 22 de 60
		FECHA: JUNIO-2025

Datos:

$$N_o = 1359.63$$

n= 20 años

r= 2%

Fc= 1.0

$$N_a = 1359,63 * \frac{(1+0.02)^{20}-1}{0.02} * 1.0 = \mathbf{33035,43}$$

Seguido se realiza el cálculo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el período de diseño (tránsito normal) con el nivel de confianza dado:

Datos:

Confiabilidad 80% Zr= 0.842

$$N' = 33035,43 * 10^{0.05*0.842} = \mathbf{36398,20}$$

Y ahora, teniendo en cuenta la clasificación del proyecto en la **tabla 6-7** se presentan los porcentajes asumidos para el tránsito atraído, generado y desarrollado:

Tabla 6-7 Clasificación área del proyecto

CLASIFICACION DEL AREA DEL PROYECTO-HABIT	
AREA CON POTENCIAL MINERO ALTO- Hab>=5000	
TRÁNSITO ATRAÍDO (TAI)	25,0%
TRÁNSITO GENERADO (TG)	6,0%
TRÁNSITO DESARROLLADO (TD)	5,0%

Fuente: Estudio de Tránsito 2025

- ✓ Tránsito atraído (TAI) = $36398,20 * 25\% = 9099.55$
- ✓ Tránsito generado (TG) = $36398,20 * 6.0\% = 2183.89$
- ✓ Tránsito desarrollado (TD) = $36398,20 * 5\% = 1819.91$

De acuerdo a lo anterior, se procede a realizar el respectivo cálculo del número de ejes equivalentes de 8.2 t en el periodo de diseño:

$$N = 36398.20 + 9099.55 + 2183.89 + 1819.91 = \mathbf{49501.55}$$

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES – Estación. 2 calle 13A con carrera 27B esquina	4.95 E+04
---	------------------

El tránsito estimado es de **49501** ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño corresponde a un T2.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 23 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

"A partir de los cálculos anteriormente mostrados, y teniendo en cuenta las características de movilidad de los tramos a intervenir, el estudio de tránsito recomienda que para la estructura de pavimento rígido se utilice un valor de **56212** ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante un periodo de diseño de 20 años."¹

NUMERO DE EJES EQUIVALENTES N	5.62 E +04
--------------------------------------	-------------------

6.2 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

Los suelos de subrasante de la zona están compuestos por arenas limosas de granulometría fina clasificados como SM, según el sistema de clasificación USC y como A-2-4(0) según el sistema de clasificación AASHTO. Como capa de rodadura las calles cuentan con un material granula TM" de poco espesor y con presencia de material orgánico

Durante la ejecución de los apiques y sondeos exploratorios y hasta la profundidad explorada no se identificó la existencia de nivel freático.

Teniendo en cuenta el diseño geométrico en planta y perfil, las características climáticas, el tránsito de diseño y los resultados de la investigación geotécnica preliminar, se establecieron las siguientes unidades definitivas de diseño:

- Un único sector ya que las calles en su totalidad presentan homogeneidad en cuanto a tránsito de diseño y clima.

Con base en la investigación preliminar se definió una unidad definitiva de diseño, segmentos tipo A en la que la rasante del proyecto es sensiblemente paralela al afirmado existente.

De los apiques exploratorios se extrajeron muestras inalteradas las cuales fueron preparadas de acuerdo con el Método C descrito en la norma INV. E-142. Con cada una de las muestras se prepararon especímenes con el contenido de humedad natural, luego de sumergidas 4 días se realizaron los ensayos de penetración CBR. Finalmente, y con el peso unitario seco resultado de los ensayos de densidad de campo en cada uno de los apiques, se determinó el valor del CBR del suelo de fundación en cada uno de los apiques realizados en los tramos a intervenir.

La exploración geotécnica no detectó la presencia de nivel freático hasta la profundidad explorada

¹ Estudio de Tránsito, 2025

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 24 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.2.1 Localización de los Apiques exploratorios

Estos apiques se realizaron a una profundidad de 1.50 m y se encuentran ubicados en las siguientes coordenadas.

Tabla 6-8 Localización de Apiques

Apique	Sector	Origen Único Nacional		Prof. (m)	Nivel freático (m)
		Norte	Este		
A-01	Carrera 28 entre calles 13A - 14	2271268,522	5138823,753	1.50	-
A-02	Carrera 28 entre calles 13 - 13A	2271203,489	5138846,024	1.50	-
A-03	Calle 13A entre carrera 27B - 28	2271254,475	5138854,498	1.50	-
A-04	Calle 13A entre carrera 27 - 27B	2271272,706	5138902,054	1.50	-
A-05	Carrera 27B entre calles 13 - 13A	2271235,524	5138888,633	1.50	-
A-06	Calle 13 entre carrera 27B - 28	2271189,751	5138877,383	1.50	-
A-07	Calle 13 entre carrera 27 - 27B	2271207,056	5138923,098	1.50	-

Fuente: Estudio Geotécnico

Imagen 6-4 Localización Apiques Exploratorios



Fuente: Plano de Localización de Apiques

6.2.2 Valor del CBR de diseño

A continuación, en la **Tabla 6-9** se entrega el resumen de los valores de capacidad portante de la subrasante, expresada en términos de CBR (%).

DISEÑO DE PAVIMENTOS

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 25 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Tabla 6-9 Valores de CBR

Apique	Sector	Clasificación del suelo		CBR (%)		Expansión (%)
		USC	AASHTO	0.1"	0.2"	
A-01	Carrera 28 entre calles 13A y 14	SM	A-2-4	3.53	3.77	0.12
A-02	Carrera 28 entre calles 13 y 13A	SM	A-2-4	3.23	3.38	0.11
A-03	Calle 13A entre carrera 27B y 28	SM	A-2-4	2.94	3.23	0.12
A-04	Calle 13A entre carrera 27 y 27B	SM	A-2-4	3.53	3.67	0.09
A-05	Carrera 27B entre calles 13 y 13A	SM	A-2-4	3.23	3.43	0.09
A-06	Calle 13 entre carrera 27B y 28	SM	A-2-4	2.94	3.04	0.12
A-07	Calle 13 entre carrera 27 y 27B	SM	A-2-4	3.16	3.18	0.12

Fuente: Estudio geotécnico

Definidos los valores de CBR, determinados mediante ensayos de CBR de laboratorio en muestras sumergidas, se organiza los valores de menor a mayor para analizarlos en conjunto y elegir un valor representativo de la capacidad de soporte de la unidad definitiva de diseño.

Tabla 6-10 Valores de CBR ordenados

CBR (%)	Frecuencia	Número de valores mayores o iguales	% de valores iguales o mayores
3.04	1	7	100.0
3.18	1	6	85.7
3.23	1	5	71.4
3.38	1	4	57.1
3.43	1	3	42.9
3.67	1	2	28.6
3.77	1	1	14.3
	7		

Fuente: Estudio Geotécnico

Criterio para seleccionar el CBR de la unidad de diseño.

El criterio más difundido para la determinación de valores de la resistencia de diseño es el propuesto por el Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total, que el 60, el 75 o el 87.2% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento, como se muestra en la **Tabla 6-11**.

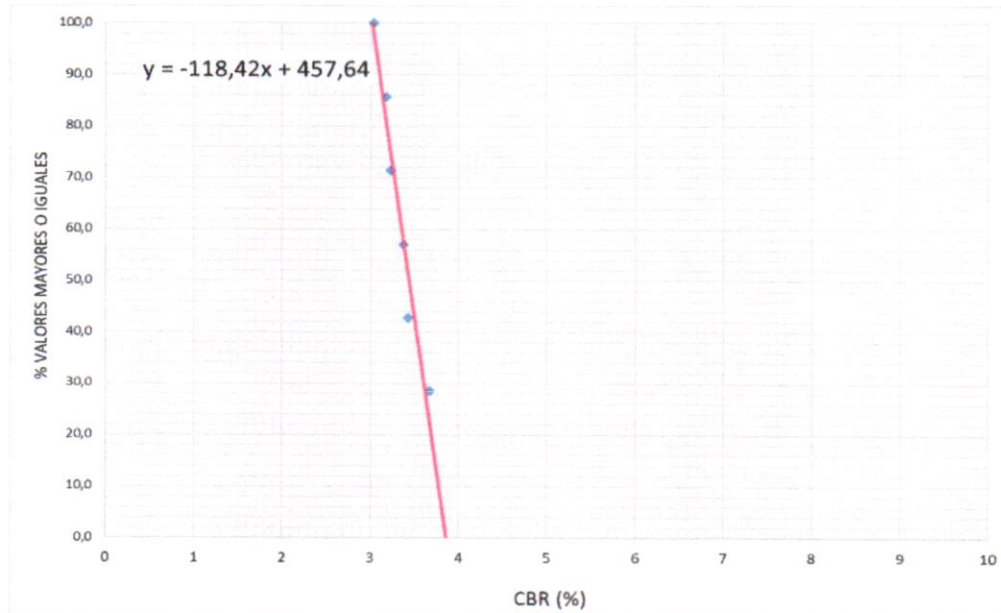
Tabla 6-11 Límites para la selección de Resistencia

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

(Fuente: MS-1 Asphalt Institute, Thickness Dessioning, 1981).

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 26 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Imagen 6-5 CBR representativo de la subrasante



Fuente: Estudio Geotécnico

Percentil : 75
CBR seleccionado : 3.27 %
 $Mr (2555 \times CBR^{0.64})$: 5454 psi

El valor del CBR de diseño es **3.27 %**, según el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, la subrasante se clasifica como Tipo S2.

Tabla 6-12 Categorías de la subrasante

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 - 500
S3	5 - 10	500 - 1.000
S4	20 - 10	1.000 - 2.000
S5	> 20	> 2.000

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

Tabla 6-13 Tipo de Subrasante

Tramo	CBR %	Mr (PSI)	Categoría	Observación
Calles del proyecto	3.27	5454	>3%	No Requiere mejoramiento

Fuente: Estudio Geotécnico

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 27 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.3 DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO METODOLOGÍA DE LA AASHTO

Los procedimientos para el diseño estructural del pavimento rígido presentado en este estudio son aplicables en este tipo de carreteras. Las estructuras de pavimentos fueron diseñadas siguiendo la metodología establecida en el manual de la American Association of State Highway and Transportation Officials 1993 (AASHTO 1993) para altos volúmenes de tráfico.

6.3.1 Categoría del tránsito

Tránsito para un periodo de diseño de 20 años: **56212** número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño, el tránsito de diseño es un T1. Este tránsito será utilizado para evaluar el pavimento.

6.3.2 Valor del CBR de diseño

Los valores de resistencia de la subrasante son los mostrados en la Imagen **6-5** "CBR representativo de la subrasante". Se definió un único valor de CBR de diseño para las subrasantes existentes, el cual equivale a **3.27%**. Se recomienda utilizar un Módulo resiliente (M_r) de aproximadamente **37.60 MPa (5454 psi)**.

6.3.3 Confiabilidad

Se refiere al grado de confianza de que un diseño dado pueda llegar al fin de su periodo de análisis en buenas condiciones.

Un nivel de confianza alto implica un pavimento más costoso por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pasará más tiempo que este necesite algún tipo de intervención y por ende los costos de mantenimiento será menores, por el contrario, un nivel de confianza bajo da pavimentos con un costo inicial más económico y con un mayor costo de mantenimiento.

En base a lo anterior, hay un nivel de confiabilidad optimo el cual la suma de los costos iniciales y de mantenimiento son mínimos. Los niveles de confianza recomendados por el método son:

Tabla 6-14 Niveles de confianza aconsejados

Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)	
	Urbano	Rural
Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO Guide for Desing of pavement structures. Washington D.C. 1993

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 28 de 60
		FECHA: JUNIO-2028

Para el presente estudio se trabajará con una confiabilidad del 90% para un periodo de diseño de 20 años, por tratarse de rutas colectoras urbanas de medio tránsito. La confiabilidad se expresa en la fórmula de diseño del método AASHTO, mediante la desviación estándar (z_r) (-1.6449).

Tabla 6-15 Valores de confiabilidad y desviación normal estándar

Confiabilidad, R (%)	Desviación normal estándar acumulada, Z_r
50	0.0000
60	-0.2533
70	-0.5244
75	-0.6745
80	-0.8416
85	-1.0364
87.5	-1.1503
90	-1.2816
91	-1.3408
92	-1.4051
93	-1.4758
94	-1.5548
95	-1.6449
96	-1.7507
97	-1.8808
98	-2.0537
99	-2.3263
99.9	-3.0902
99.99	-3.7190
99.999	-4.2649

Fuente: AASHTO Guide for Design of pavement structures. Washington D.C. 1993.

Tabla 6-16 Desviación estándar Total (overall)

Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, S_o	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34

Fuente: AASHTO Guide for Design of pavement structures. Washington D.C. 1993.

Teniendo en cuenta que se plantea la construcción de un pavimento rígido, y se cuenta con el respectivo estudio de tránsito se considera un error combinado en la predicción del tránsito $S_w=0.20$ lo cual determina una Desviación estándar total (overall) de $S_o= 0.39$

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 29 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.3.4 Serviciabilidad

La serviciabilidad se usa como una media de comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando este circula por la vía.

En el diseño de pavimento se debe elegir la serviciabilidad inicial y final, la inicial es función del diseño de pavimento y de la calidad de la construcción y la final es función de la categoría de la vía y se adopta en base a esta y a criterio del diseñador.

Tabla 6-17 Índice de serviciabilidad del Pavimento PSI

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

Fuente: AASHTO Guide for Desing of pavement structures. Washington D.C. 1993.

Pavimento rígido en vía secundaria. $P_o = 4.5$, $P_t = 2.0$

Para el diseño de pavimento rígido se cuenta con una diferencia de **ΔPSI de 2.5**

6.3.5 Coeficiente de drenaje

Se adopta un coeficiente de drenaje 0.80, correspondiente a características de drenaje regulares, y porcentajes de exposición de la estructura de pavimento a niveles próximos de saturación del 5 - 25%.

Tabla 6-18 Coeficiente de Drenaje

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 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
Malo	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: AASHTO Guide for Desing of pavement structures. Washington D.C. 1993.P

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 30 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.3.6 Propiedades de los materiales

De acuerdo con lo establecido por el instituto nacional de vías Invias; los materiales a utilizar deberán acogerse a las "Especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto nacional de vías.

a) Características de la subrasante

Los valores de resistencia de la subrasante son los mostrados en la Imagen 6-5 "CBR representativo de la subrasante". Se definió un único valor de CBR de diseño para las subrasantes existentes, el cual equivale a **3.27%**. Se recomienda utilizar un Módulo resiliente (Mr) de aproximadamente 37.60 MPa (5454 psi) $\approx$ (383.45 kg/cm²).

Para el cálculo del módulo de reacción del suelo de soporte (subrasante), en cálculos preliminares se determina utilizando la siguiente correlación empírica propuesta por la AASHTO 1993, la cual se aplica para CBR<10% y es relacionada por el Ingeniero Giovanni Edgar Rincón Ochoa en su metodología para realizar el cálculo del Kc efectivo utilizando el programa ASMOD.

$$K = 2.55 + 52.5 \log (\text{CBR})$$

Donde:

K: Módulo de reacción de la subrasante (Mpa/m).

CBR: Capacidad de soporte de la subrasante (%).

$$k = 2.55 + 52.5 \log (3.27) = 29.56 \text{ Mpa/m} \approx \mathbf{108.90 \text{ lb/pulg}^3}$$

b) Características del concreto

Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño de un pavimento de concreto y en su comportamiento a lo largo de su vida útil:

- Módulo de ruptura del concreto, Mr: (Sc, resistencia a la flexión).

$$S_c = 0.8(f'c)^{0.5} \text{ resistencia a la compresión del concreto (MPa).}$$

Teniendo en cuenta el tipo de zona comercial donde se ubica el proyecto, se plantea un módulo de rotura mínimo de 3.8 MPa (**551.143 lb/pulg²**), el cual es concordante con la resistencia de las losas de pavimento existentes del tramo vial a intervenir.

$$\begin{aligned} 3.8 &= 0.8(f'c)^{0.5} \\ f'c &= (3.8/0.8)^2 \\ f'c &= 22.5 \text{ MPa} = 229.436 \text{ Kg/cm}^2 = \mathbf{3263.35 \text{ lb/pulg}^2}. \end{aligned}$$

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 31 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

- Módulo de elasticidad del concreto, E_c : Como no se conoce el tipo de materiales a emplear en la mezcla se emplea la siguiente ecuación:

$$E_c = 12500\sqrt{f'_c} \text{ resistencia a la compresión del concreto (kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 189339.31 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{2693038.01 \text{ lb/pulg}^2}$$

c) Características del material de apoyo de la losa

Teniendo en cuenta las características del material de la subrasante se deberá instalar una capa de subbase granular compactada al 95% de su peso seco volumétrico máximo. El módulo resiliente de la subbase granular, se determina con base a la metodología de la Shell:

$$E_{sbg}(\text{kg/cm}^2) = 0.206 \times h_{sbg}^{0.45} \times M_r(\text{kg/cm}^2)$$

Donde:

E_{sbg} (Kg/cm²): módulo resiliente de la subbase granular

h_{sbg} : espesor de la subbase granular (mm)

M_r módulo resiliente de la subrasante

El módulo resiliente de la subbase granular se determina según las características de resistencia de una subbase granular con un CBR mínimo del 30%, y un espesor adoptado de 25 cm, el cual según la metodología AASHTO tiene un módulo resiliente de (947.65 kg/cm²) $\approx \mathbf{13478.75 \text{ lb/pulg}^2}$.

6.3.7 Factor de Pérdida de Soporte

Este factor permite ajustar (reducir) el módulo efectivo de reacción de la subrasante por erosión o movimientos verticales diferenciales en el suelo de soporte de la losa por la generación de vacíos.

Tabla 6-19 Factor pérdida potencial de soporte de la subbase

Tipo de material	Rango de E (ksi)	Pérdida de soporte (LS)
Base granular tratada con cemento	1,000 a 2,000	0.0 a 1.0
Mezclas de grava - cemento	500 a 1,000	0.0 a 1.0
Base tratada con asfalto	350 a 1,000	0.0 a 1.0
Mezclas estabilizadas con asfalto	40 a 300	0.0 a 1.0
Estabilización con cal	20 a 70	1.0 a 3.0
Materiales granulares no tratados	15 a 45	1.0 a 3.0
Materiales de suelo fino o subrasante natural	3 a 40	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO Guide for Design of pavement structures. Washington D.C. 1993.P

Para el tipo de material de subbase granular se tiene un factor de pérdida de soporte, **$L_s=1.80$**

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 32 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.3.8 Módulo de reacción efectivo del conjunto, k_c efectivo

Utilizando el programa ASMOD, desarrollado por el Ing. Giovanni Edgar Rincón Ochoa, a partir del módulo resiliente de la subrasante, módulo de reacción de la subrasante, espesor de la subbase granular, módulo resiliente de la subbase granular, espesor estimado de la losa de concreto y pérdida de soporte, se obtiene el módulo de reacción efectivo del conjunto estructural material de apoyo – subrasante. Se supone un espesor inicial de la losa de 6.70 pulg (17.00 cm). El espesor del material de apoyo se estima de 10.00 pulg (25.00 cm).

Tabla 6-20 Parámetros de diseño para determinación del K efectivo

Parámetros de la subrasante		
CBR(%) s_r =	3.27	
M_r (sr)=	383.45 kg/cm ² .	5454 Lb/pulg ²
K (sr)=	29.56 Mpa/m	108.90 lb/pulg3
Parámetros de la subbase		
h sbg=	250 mm	10 pulg
E sbg=	947.65 kg/cm2	13478.75 lb/pulg2.
Parámetros del concreto		
M_r (sc)	3.8 Mpa	551.143 lb/ pulg ²
$F'c$ =	229.436 Kg/cm2 =	3263.35 lb/pulg2.
E_c =	189339.31 kg/cm ²	2693038.01 lb/pulg2
Espesor estimado losa	170 mm	6.70 pulg

Fuente: Elaboración Propia

Se procede a calcular el módulo de reacción efectivo de la subrasante (k_{ef}) de acuerdo al espesor asumido de subbase, módulo de reacción de la subrasante, espesor estimado de la losa de concreto, y el factor de pérdida de soporte, tal y como se muestra en la **Imagen 6-6**, obteniéndose un K_{ef} de 27.90 lb/pulg3.

Imagen 6-6 Determinación de módulo de reacción efectivo de la subrasante (K_{ef})

Módulo de Reacción Efectivo de la Subrasante...

Archivo Resultados Ayuda

**MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE
MÉTODO AASHTO 1993**

Unidades:
☒ U.S. ☐ S.I.

Módulo Resiliente de la Subrasante, M_r : 5454 lb/pulg²

Módulo de Reacción de la Subrasante, K_s : 108.90 lb/pulg³ ¿Ks?

Espesor de la Subbase Granular, D_{sb} : 10 pulgadas

Módulo de la Subbase Granular, E_{sb} : 13478.75 lb/pulg²

☐ Estrato Rocoso

Espesor Estimado Losa de Concreto, D : 6.70 pulgadas

Pérdida de Soporte, L_s : 1.8 ¿Ls?

Salir Reporte Calcular

Módulo de Reacción Compuesto, K_c : 296.7 lb/pulg³

Valores de K (lb/pulg ³)	Daño Relativo U_i
K_s 108.9	38.3
K_c 296.7	24.4

Daño Relativo Promedio, $\bar{U}_i$: 31.4

Módulo de Reacción Promedio, $\bar{K}_c$: 179.3 lb/pulg³

Módulo Efectivo de Reacción, K_{ef} : 27.9 lb/pulg³

Fuente: Programa ASMOD, desarrollado por el Ing. Giovanni Edgar Rincón-UPTC

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 33 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.3.9 Mecanismos de Transferencia de carga

La transferencia de carga es la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir fuerzas cortantes con sus losas adyacentes con el objeto de minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento, mientras mejor sea la transferencia de cargas mejor será el comportamiento de las losas del pavimento.

Para el presente proyecto, se recomienda que la transferencia de carga se haga por barras de transferencia de carga o dovelas, el coeficiente de transferencia de carga considera el esfuerzo de transferencia a través de la junta o grieta. Teniendo en cuenta que las losas de concreto estarán confinadas con bordillos y/o cunetas de concreto que mejoran el comportamiento del pavimento, ya que impiden aperturas de las juntas longitudinales, y que estas no cuentan con bermas, se adopta un valor de **3,6** para losas en concreto simple con mecanismos de transferencia de carga.

6.3.10 Cálculo del espesor de la losa de concreto AASHTO

La ecuación básica de diseño empleado para el dimensionamiento de las estructuras, propuesta por la AASHTO, tiene en cuenta condiciones de tránsito, confiabilidad, serviciabilidad y resistencia de la subrasante.

Reemplazando las variables de los numerales anteriores en la ecuación básica de diseño de la AASHTO – 93 para pavimento rígidos, se obtiene el espesor de la losa de concreto.

Ecuación AASHTO 1993:

$$\log(W_{18}) = Z_r \cdot S_o + 7.35 \cdot \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \cdot p_t) \cdot \log \left[\frac{S'_c \cdot C_d \cdot (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \cdot J \cdot \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right]} \right]$$

Donde:

- W18 : Número de ejes equivalentes
- Zr : Coeficiente de la confiabilidad que se requiere en el diseño.
- So : Desviación Standard combinada del método y de las variables.
- D : Espesor de la losa en pulgadas
- ΔPSI : Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial Po y final Pt.
- Pt : Serviciabilidad final
- Cd : Coeficiente de drenaje
- S'c : Módulo de rotura del concreto en lb/pulg2
- Ec : Módulo de elasticidad del concreto en lb/pulg2
- Kd : Módulo de reacción del soporte de la losa en lb/pulg2/pulgada.
- J : Coeficiente de transmisión de carga en las juntas
- K : Módulo de reacción conjunto sobre la cual se apoya la losa de concreto, lb/pulg3

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 34 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Utilizando la interfaz para la solución del método AASHTO-93 compilado por el Ing. MSc. Luis Ricardo Vásquez, se soluciona la fórmula de la AASHTO (ver Imagen 6-7), obteniéndose los siguientes espesores de losa.

Imagen 6-7 Determinación de espesor de losa de concreto (D)

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
☐ Pavimento flexible ☒ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
95 % $Z_r = -1.645$ So: 0.39

Serviciabilidad inicial y final:
PSI inicial: 4.5 PSI final: 2

Módulo de reacción de la subrasante:
k: 27.9 pci

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): 2693038.01	Coefficiente de transmisión de carga - (J): 3.6
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): 551.143	Coefficiente de drenaje - (Cd): 0.80

Tipo de Análisis:
☒ Calcular D **W18 = 56212** ☐ Calcular W18

Espesor de losa (plg): **D = 6.6**

Calcular Salir

Fuente: Programa Ecuación AASHTO, desarrollado por el Ing. Luis Ricardo Vásquez, octubre de 2000

Espesor losa de concreto 6.6 pulg $\approx$ 16.76 cm. Con el fin de realizar el chequeo de esfuerzos y deflexiones en el borde, en el interior y en la esquina de la losa, y evitar inconvenientes en el proceso constructivo el espesor de losa adoptado es de 17.00 cm.

La siguiente tabla muestra el resumen de los espesores obtenidos por la metodología de diseño de pavimentos de la AASHTO.

Tabla 6-21 Resumen de espesores metodología de la AASHTO

Material	AASHTO	Símbolo
Concreto Hidráulico MR $\geq$ 3.8 MPA	17 cm	
Sub- base granular CBR $\geq$ 30%	25 cm	

Fuente: Elaboración Propia

6.4 DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INSTITUTO NACIONAL DE VIAS "INVIAS"

Según el Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto, para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de vías.

6.4.1 Tránsito y Periodo de Diseño

En este manual se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 35 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Para la clasificación del Tránsito se tienen en cuenta los ejes acumulados de 8,2 ton descritos en el estudio de Tránsito los cuales para este caso son **56212**, estos son los ejes equivalentes que han de pasar por el carril de diseño durante el período de diseño. Dada la información anterior el tipo de Tramo a Intervenir se encuentra en la Categoría **T0** como se muestra a continuación.

Tabla 6-22 Categorías del Tránsito para la selección de espesores

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T0	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

6.4.2 Características de la Subrasante

Para el diseño del pavimento, el manual del Invias, tiene en cuenta cinco clases de suelo, en la cual, la clasificación se hace con base en la Relación de Soporte de California del suelo -CBR-evaluada según la Norma INVE-148-07.

Teniendo en cuenta el CBR de diseño de la subrasante **3.27%** se procede a clasificar el Tipo de acuerdo con su resistencia, para lo cual se obtiene una Subrasante **Tipo S2** como se presenta a continuación.

Tabla 6-23 Clasificación de la Subrasante de acuerdo con su resistencia

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

6.4.3 Material de Soporte del Pavimento

El manual del Invias tiene en cuenta tres tipos de soporte para el pavimento, el suelo natural, las bases granulares (Artículo INV330-07) y las bases estabilizadas con cemento (Artículo INV-341-07), de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante.

Con el objetivo de optimizar la resistencia en conjunto de la subrasante y teniendo en cuenta las características del Terreno junto con el CBR de diseño se opta por realizar el soporte del pavimento a nivel de subbase granular con un espesor de **150 mm** tal y como se indica a continuación.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 36 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Tabla 6-24 Clasificación de los materiales para el soporte del Pavimento

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

6.4.4 Características del Concreto

Para los diseños de los pavimentos el manual tiene en cuenta 4 calidades de concreto, las resistencias al flexo tracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo Resistencia a la flexión del concreto. Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz (Norma INV E414-07).

Teniendo en cuenta el tipo de zona comercial donde se ubica el proyecto, se plantea un módulo de rotura mínimo de **3.8 MPa $\approx$ 38.74 kg/cm²**, el cual es concordante con la resistencia de las losas de pavimento existentes del tramo vial a intervenir.

Tabla 6-25 Módulo de rotura del concreto

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

6.4.5 Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes.

Este método presenta el espesor que deben tener los pavimentos en función de la presencia o ausencia de las dovelas y de los elementos confinantes, que para efectos prácticos se denominan genéricamente como bermas.

Teniendo en cuenta las características del proyecto se plantea la transferencia de carga por medio de dovelas y el confinamiento lateral por medio de bermas.

Tabla 6-26 Sistema de Transferencia de cargas y confinamiento lateral

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 37 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.4.6 Determinación del Espesor de la losa de Concreto "Invias"

Teniendo en cuenta la combinación de variables mencionadas anteriormente y utilizando la categoría del Tránsito **To** como factor principal se utiliza la siguiente tabla.

Tabla 6-27 Espesores según combinaciones de variables y To como factor principal

		ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																			
		Tránsito To																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR2			22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR3			21	24	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22	18	21	18	21
	MR4			20	23	19	23	19	23	18	21	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20
BEC	MR1			20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20
	MR2			19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19
	MR3			18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19
	MR4			18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	18

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

Espesor losa de concreto 22 cm.

Espesor de subbase granular 15 cm.

La siguiente tabla muestra el resumen de los espesores obtenidos por la metodología de diseño de pavimentos del Instituto Nacional de Vías.

Tabla 6-28 Resumen de espesores metodología del Invias

Material	INVIAS	Símbolo
Concreto Hidráulico MR≥3.8 MPA	22 cm	
Sub- base granular CBR≥30%	15 cm	

Fuente: Elaboración Propia

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 38 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

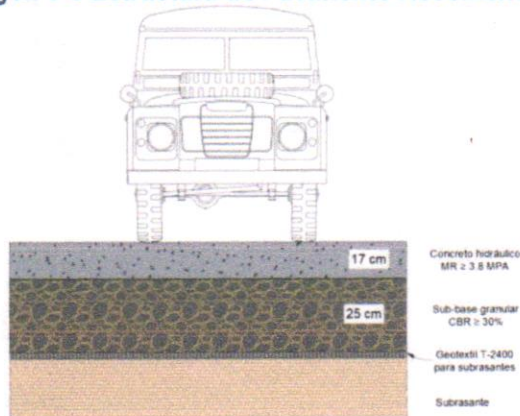
6.5 ESTRUCTURA RECOMENDADA

A continuación, se resumen las alternativas propuestas por los diferentes métodos de diseño de pavimento rígido empleados.

Material	AASHTO	INVIAS	Símbolo
Concreto Hidráulico MR≥3.8 MPA	17 cm	22 cm	
Sub- base granular CBR≥30%	25 cm	15 cm	

Luego de revisadas las alternativas de diseño de espesores de capas determinadas por las diferentes metodologías y teniendo en cuenta la zonificación del proyecto, se evalúan las variables técnicas y económicas, además del tránsito que se espera circule en el periodo de diseño, por tal motivo se recomienda que se tenga en cuenta la estructura de pavimento rígido calculada por la metodología de la **AASHTO** puesto que en términos económicos representa un menor costo de inversión y a nivel técnico aporta un módulo de reacción combinado adecuado para soportar las cargas y solicitudes provenientes del tránsito calculado. A continuación, se representa gráficamente la estructura recomendada.

Imagen 6-8 Estructura de Pavimento Recomendada



Fuente: Elaboración Propia

6.6 GEOTEXTIL PARA IMPLEMENTAR EN LA SEPARACIÓN DE CAPAS GRANULARES

Las propiedades requeridas del geotextil para estabilización deberán estar en función de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material que deba ser superpuesto y las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. Además, el geotextil deberá permitir en todo momento el libre paso del agua. Se podrán emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95% en peso de poliolefinas o poliéster.

El geotextil a utilizar deberá cumplir con las propiedades mecánicas e hidráulicas que se indican a continuación.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 39 de 60
		FECHA: JUNIO-2028

Tabla 6-29 Propiedades mecánicas del Geotextil

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VMPR ^(Nota 1) GEOTEXTILES TEJIDOS	VMPR ^(Nota 1) GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación	E-901	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tensión Grab (N) valor mínimo	E-901	1400	900
Resistencia a la costura (N) valor mínimo	E-901	1260	810
Resistencia a la penetración con pistón de 50mm de diámetro (N) valor mínimo	E-913	2750	1925
Resistencia al rasgado trapezoidal (N) valor mínimo (Nota 2)	E-903	500	350

Fuente: INVIAS Artículo 232-07

Separación de capas granulares y subrasantes.

La correcta selección e instalación de un geotextil entre la subrasante y las capas granulares, evita la contaminación de estas, impidiendo la mezcla entre suelos de diferentes características y comportamiento mecánico, lo que se traduce en una mayor durabilidad de la estructura.

Para el cálculo del geotextil a implementar en el proyecto se implementó la herramienta de cálculo GEOSOFT v.4.0, la cual es un complemento del Manual de Diseño de Infraestructura con Geo sintéticos dispuesto por GEOSINTÉTICOS PAVCO WAVIN, esta herramienta tiene en cuenta las características físicas del suelo presente en la subrasante y el tipo de material de Mejoramiento que se planea implementar a criterio del diseño de Pavimentos.

Para el aplicativo se plantean los siguientes parámetros de entrada.

Tabla 6-30 Parámetros de entrada

Presión de inflado p'	690 kPa
Diámetro máximo de la partícula (pulg)	2.0
Forma de la partícula	Parcialmente Redondeada
Suelo de sitio	Arenas limosas
Tipo de suelo de subrasante	Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (menos del 50% pasa tamiz #200)
Permeabilidad del material de sitio K	5.0E-4 cm/s
Criterio de retención	Usar criterio recomendado
TAA <	0.6 mm
Desea cumplir norma AASHTO 288-17	No
Reducción por daños en instalación	2.0
Reducción por degradación química y biológica	1.0

Fuente: Reporte - Aplicativo Geosoft V. 4.0

Teniendo en cuenta el tipo de suelo de la subrasante presente en la zona y el tipo de material generador de la presión del inflado p', el aplicativo realiza los respectivos chequeos de resistencia para tipos de Geotextil Tejido y No Tejido.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 40 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Tabla 6-31 Cálculos y Resultados del Geotextil

Geotextil propuesto	Geotextil Tejido	Geotextil no Tejido
Resistencia al Punzonamiento CBR [kN]	3.59	3.59
Resistencia a la Tensión Grab [N]	1396.165	775.647
Criterio de retención	Cumple!	Cumple!
Criterio de Permeabilidad	Cumple!	Cumple!

Fuente: Reporte - Aplicativo Geosoft V. 4.0

Dada la información anterior y según los criterios de resistencia expuestos se recomiendan los siguientes geotextiles.

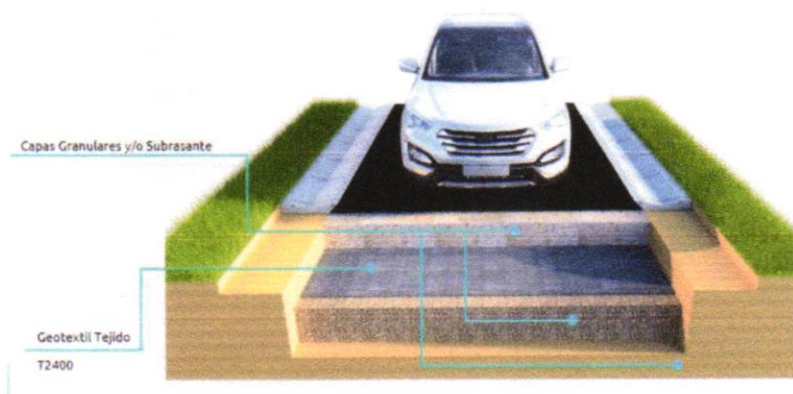
Tabla 6-32 Geotextiles recomendados

Geotextil Tejido	T2400
Geotextil no Tejido	NT6000

Fuente: Reporte - Aplicativo Geosoft V. 4.0

Teniendo en cuenta las condiciones de humedad del terreno, resistencia de la subrasante y tamaño máximo nominal del material de sub base, se opta por utilizar el Geotextil Tejido **T2400**.

Imagen 6-9 Tipo de Geotextil a Implementar



Fuente: Reporte - Aplicativo Geosoft V. 4.0

6.7 DIMENSIONES DE LA LOSA Y ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA

Los objetivos para el diseño y la modulación de las juntas en los pavimentos de concreto son:

- Controlar la fisuración del concreto.
- Mantener la capacidad estructural y la calidad del pavimento.
- Permitir los movimientos de la losa y de otras estructuras de manera independiente (pozos de inspección, sumideros, etc. con la losa).

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 41 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

- Dividir el pavimento en tramos adecuados que faciliten su construcción (juntas de construcción).

Los criterios para determinar la longitud de diseño de losas rectangulares son:

- El primer criterio determina que la longitud máxima de la losa debe ser igual a 25 veces su espesor
- El segundo criterio (según las recomendaciones de la AASHTO) determina que la relación de esbeltez (largo del carril/ancho del carril) debe ser máximo de 1,25.

UNIDAD DE DISEÑO No.1 TRAMO 1,2,3 y 4

El tramo vial para intervenir tiene un perfil de vía (ancho calzada = 6.00 m, por lo tanto, la longitud máxima de las losas de concreto debe ser de:

- Longitud de la losa = $25 \times D = 25 \times 0,17 \text{ m} = 4,25 \text{ m}$
- Longitud de la losa perfil tipo (sección1) = Ancho del carril $\times 1,25 = 3.0\text{m} \times 1,25 = 3.75 \text{ m}$

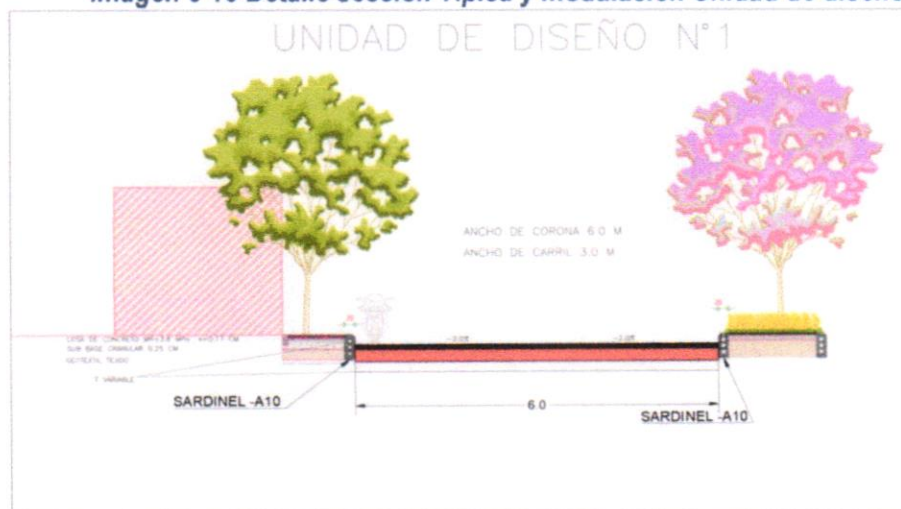
Para el diseño de las vías se toma un ancho máximo de la losa de 3,0 m y un largo de 3.50 m, lo cual satisfacen la relación de esbeltez recomendada por la AASHTO (Perfil tipo) = $(\text{Largo} / \text{Ancho}) = (3.50 / 3.00) = 1,16 < 1,25 \text{ OK}$

Finalmente, las dimensiones definitivas de la losa de concreto para el perfil de vía tipo son:

PERFIL TIPO

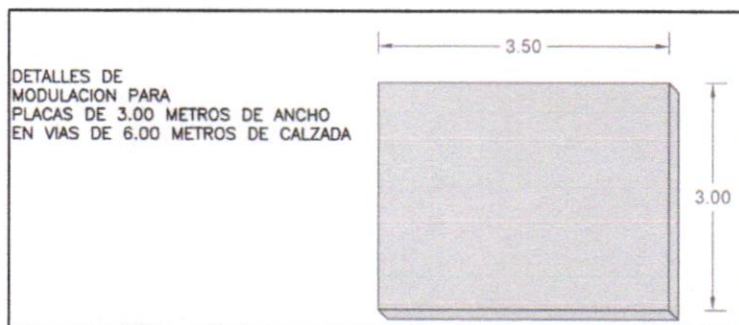
- Espesor: 0,17 m
- Largo: 3,50 m
- Ancho: 3.00 m

Imagen 6-10 Detalle sección Típica y modulación Unidad de diseño 1



Fuente: Elaboración Propia

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 42 de 60
		FECHA: JUNIO-2026



Fuente: Elaboración Propia

Nota: El ancho de la losa corresponderá a los anchos establecidos anteriormente, pero no debe ser menor a estos. En caso de ser necesario losas de menor ancho, la longitud de la losa siempre debe conservar una relación de esbeltez, es decir la relación Largo carril/Ancho carril, menor a 1.25.

a) Elementos de Transferencia de Carga

A continuación, se presenta la determinación de los elementos de transferencia de carga, se usó el espesor de losa de 17.00 cm para determinar el dimensionamiento de los elementos de transferencia de carga.

Cálculo de los Pasadores:

Para una losa de 170 mm de espesor, ingresando este valor a la siguiente tabla se tiene:

Tabla 6-33 Requisitos mínimos para dovelas en las juntas

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
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 para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

Se adoptan los siguientes valores para los respectivos perfiles de vía:

- Diámetro del pasador = 7/8 pulg.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 43 de 60
		FECHA: JUNIO-2028

- Longitud del pasador = 350 mm.
- Separación entre centros = 300 mm.

Cálculo de las barras de anclaje:

Para impedir el desplazamiento de las losas de un carril con respecto a las del otro, se recomienda dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje. Los aceros deben cumplir con el Artículo INV 500-13 y lo que sea aplicable del Artículo 640-13, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi).

Utilizando la siguiente tabla se ingresa con un espesor de losa de 170 mm y según los anchos de carril de la vía, se obtiene los siguientes datos:

Tabla 6-34 Recomendación para 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 $f_y = 187,5$ 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 $f_y = 280$ 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 para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito – ICPC, INVIAS, Ministerio de Transporte

Para las vías del proyecto se adoptan los siguientes valores:

- Diámetro de la barra = 1/2" (12.7 mm)
- Acero de $f_y = 60\ 000$ psi.
- Longitud de la barra = 0.85 m.
- Separación entre centros = 1.2 m.

6.8 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE JUNTAS

Las juntas del pavimento rígido van a ser las responsables del control del agrietamiento, así como de mantener la capacidad estructural del pavimento y su calidad de servicio en los más altos niveles al menor costo anual. Además, las juntas cumplen funciones más específicas como lo son:

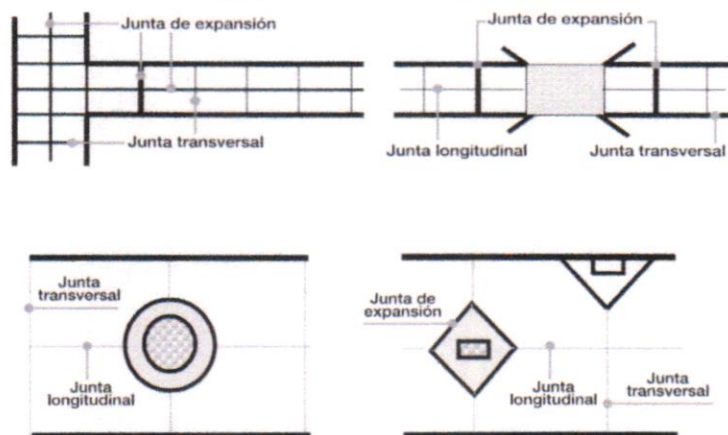
V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 44 de 60 FECHA: JUNIO-2026
----	---	---

- El control del agrietamiento transversal y longitudinal provocado por las restricciones de contracción combinándose con los efectos de pandeo ó alabeo de las losas, así como las cargas del tráfico.
- Dividir el pavimento en incrementos prácticos para la construcción (por ejemplo, los carriles de circulación).
- Absorber los esfuerzos provocados por los movimientos de las losas
- Proveer una adecuada transferencia de carga.
- Darle forma al depósito para el sellado de la junta.

a) Tipo de Juntas

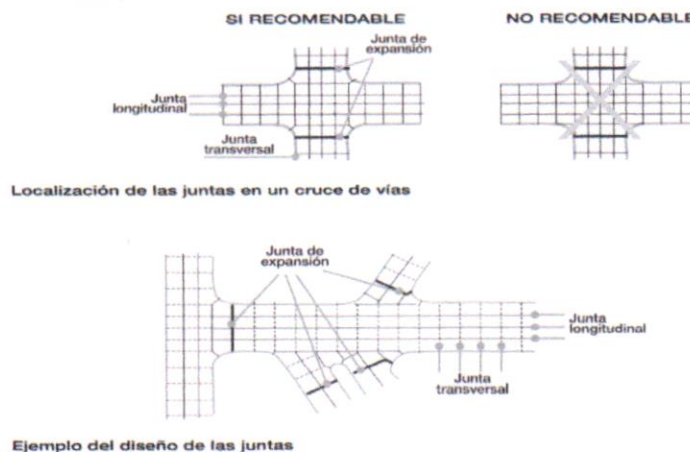
Los tipos de juntas a usar en el pavimento rígido son las mostradas en las siguientes figuras.

Imagen 6-11 Tipos de Juntas



Fuente: INVÍAS, Manual de diseño de pavimentos en concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Imagen 6-12 Recomendaciones construcción de Juntas



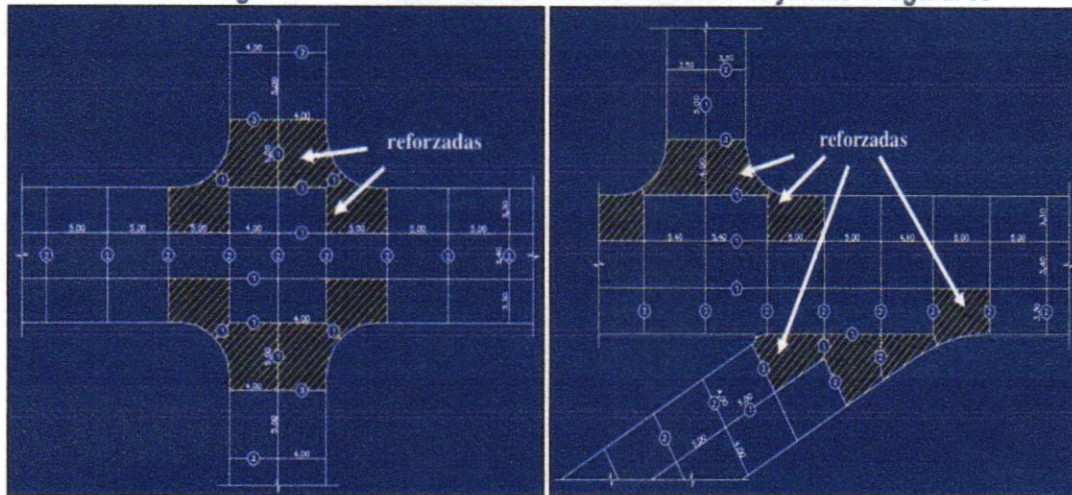
Fuente: INVÍAS, Manual de diseño de pavimentos en concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 45 de 60 FECHA: JUNIO-2026
----	---	---

b) Refuerzo en losas irregulares

Para controlar la aparición de grietas en losas irregulares que no mantengan la relación larga/ancho entre 1.0 y 1.25, y/o cuando las estructuras como pozos de inspección y sumideros quedan en el interior de una losa, se recomienda la colocación de refuerzo en la parte superior.

Imagen 6-13 Recomendación de distribución de juntas irregulares

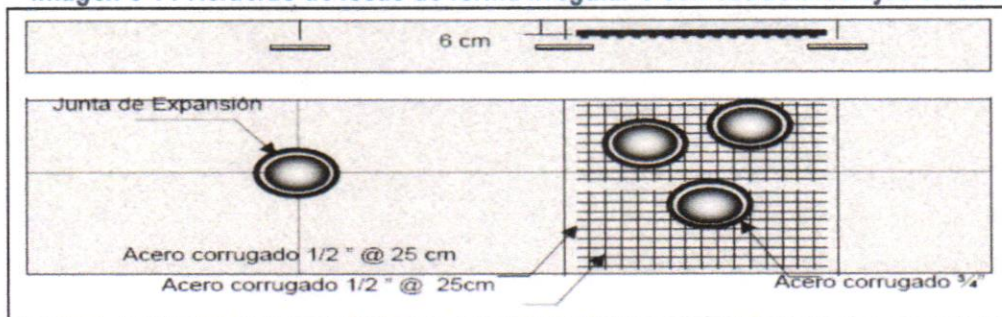


Fuente: Instituto del Cemento Portland

Como guía general, se requerirá la colocación de una parrilla de refuerzo con acero corrugado de diámetro $\frac{1}{2}$ " $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ cada 25 cm en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.3.
- Losas de forma irregular (no rectangular).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos como pozos de alcantarillado o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.

Imagen 6-14 Refuerzo de losas de forma irregular o con estructuras fijas en su interior

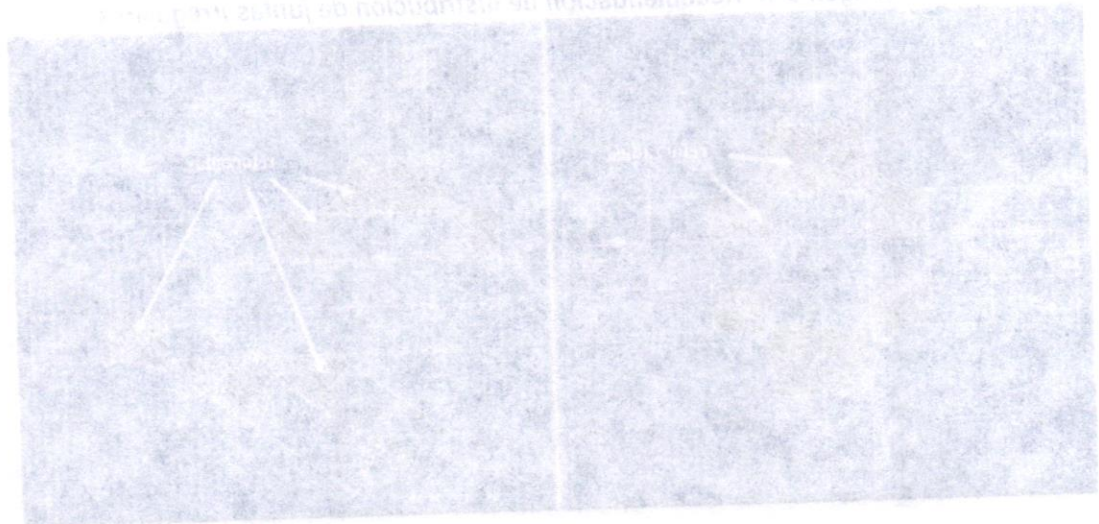


Fuente: Diseño Pavimentos Rígidos Calles y Carreteras - Fernando Sánchez Sabogal.

b) Refuerzo en juntas irregulares

Para controlar la aparición de grietas en lasas irregulares, que no mantengan la relación largo/anchura entre 1.5 y 1.25, y/o cuando las estructuras como pozos de inspección y sumideros queden en el interior de una losa, se recomienda la colocación de refuerzo en la parte superior.

Figura 8-13 Recomendación de distribución de juntas rectas y curvas



Fuente: Instituto del Cemento Portland

Como guía general, se sugiere la colocación de una barra de refuerzo con sección contigua de diámetro $\phi = 4500 \text{ kg/cm}^2$ cada 25 cm en las lasas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la losa.
- Lasas con relación largo/anchura mayor que 1.3.
- Lasas de forma irregular (no rectangular).
- Lasas con aberturas en su interior para acomodar elementos como pozos de inspección o sumideros.
- Lasas en las cuales no coinciden las juntas con las lasas adyacentes.

Imagen 8-14 Refuerzo de lasas de forma irregular o con estructuras fijas en su interior



Fuente: Diseño Pavimentos Rígidos Calle y Estación - Párrafo General Especial

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 46 de 60 FECHA: JUNIO-2026
----	---	---

c) Sardineles de confinamiento

Teniendo en cuenta que el diseño de pavimento se ubica en el sector urbano del Municipio de Tame, se recomienda que la corona del pavimento sea confinada por medio de Sardineles Tipo A-10 en aquellos sectores donde se desarrolla el andén peatonal. Para el soporte de dichos sardineles se recomienda implementar 0.25 cm de subbase granular compactada al 95% del Proctor modificado. Así mismo para la transición de niveles en los accesos peatonales se recomienda implementar piezas del empalme Tipo A-100 para el cual se instalarán los respectivos sardineles bajos Tipo A-85.

Imagen 6-15 Sardineles exteriores



Fuente: Elaboración Propia

d) Vigas de confinamiento

Para controlar la aparición de grietas y fracturas en los límites de transición entre el pavimento rígido y la subrasante natural o pavimento existente de los tramos que no se planean intervenir, se recomienda la ubicación de vigas de confinamiento lateral, cuya función es proteger las esquinas de las losas de esfuerzos actuantes causados por los vehículos en la transición del pavimento.

Como guía general, estas vigas de confinamiento tendrán una sección de 0.20 m x 0.25 m con acero corrugado longitudinal de diámetro 5/8" $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, cuyos esfuerzos cortantes serán controlados con la ubicación de flejes transversales de diámetro 3/8" espaciados cada 15 cm teniendo en cuenta los recubrimientos detallados en los planos constructivos. En caso de requerirse, se recomienda utilizar traslpos de mínimo 60 cm de longitud.

Imagen 6-16 Ubicación Vigas de confinamiento



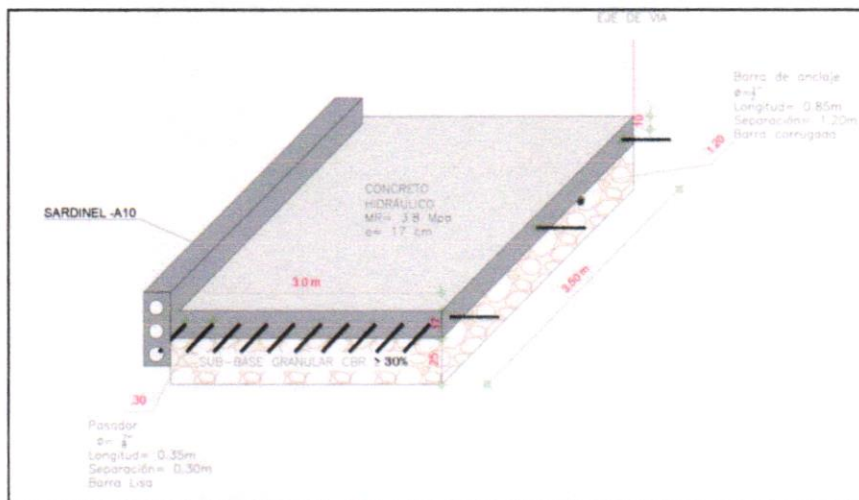
Fuente: Elaboración Propia

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 47 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

6.9 MODELO ESTRUCTURAL DE LAS LOSAS Y ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA

A continuación, se presenta el modelo estructural de las losas de pavimento rígido, la cual tendrá dimensiones variables para cada una de las unidades de diseño presentadas en el **capítulo 6.7** **"Dimensiones de la losa y elementos de Transferencia de carga"**

Imagen 6-17 Modelo estructural de las Unidades de Diseño (Con sardinel)



Fuente: Elaboración Propia

7. CALCULO DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA LOSA

Para el diseño de la losa de concreto es necesario calcular los esfuerzos y las deflexiones en el borde, en el interior y en la esquina de la losa. Esto se hace utilizando las expresiones para el chequeo de esfuerzos y deflexiones propuestos en la mecánica de pavimentos rígidos, los cuales se relacionan a continuación. Para el chequeo se toma como carga de análisis la correspondiente al eje patrón de 8,2 toneladas y como carga aplicada sobre la losa la correspondiente a 4,1 toneladas, un radio de carga de 15,27 cm y una presión de contacto de 5,6 kg/cm². El chequeo se realiza para una losa de 17.00cm cm de espesor apoyada sobre 25.00cm de material tipo sub-base.

Parámetros de cálculo:

- Carga aplicada, $P = 40 \text{ KN} = 4100 \text{ Kg} = 9000 \text{ Lb}$.
- Radio de Carga, $a = 15.27 \text{ cm} = 6 \text{ pulg}$.
- Espesor de la losa, $h = 17 \text{ cm} = 6.70 \text{ pulg}$
- Módulo de reacción de conjunto, $K = 27.90 \text{ lb/pulg}^3$
- Módulo de elasticidad del concreto, $E_c = 2693038.01 \text{ psi}$
- Módulo de rotura del concreto, $Sc = 551.143 \text{ psi}$
- Relación de Poisson del concreto, $\mu = 0.15$

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 48 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

7.1 ESFUERZOS DE TENSIÓN DEBIDOS A LAS CARGAS DEL TRANSITO

7.1.1 Esfuerzos de tensión en la esquina de la losa

$$\sigma_e = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right)^{0.6} \right]$$

Dónde:

σ_e = Esfuerzo de tensión en la esquina de la losa, Lb/pulg²

h = Espesor de la losa, pulg

P = Carga aplicada, Lbs

l = Radio de rigidez relativa, pulg

a = Radio del área cargada, pulg

$$l = \left(\frac{E_c \cdot h^3}{12(1 - \mu^2)K} \right)^{0.25}$$

Dónde:

l = Radio de rigidez relativa en pulgadas.

E = Módulo de elasticidad del concreto en libras/pulgada².

h = Espesor de la losa en pulgadas.

μ = Relación de Poisson del concreto.

k = Módulo de reacción de la subrasante en libras/pulgada³.

7.1.2 Esfuerzos de tensión en el interior de la losa

$$\sigma_i = 0.316 \frac{P}{h^2} \left[4 \log \left(\frac{l}{b} \right) + 1.069 \right], \text{ lb/pulg}^2$$

Dónde:

σ_i = Esfuerzo de tensión en el interior de la losa, Lb/pulg²

P = Carga aplicada, Lbs

h = Espesor de la losa, pulg

l = Radio de rigidez relativa, pulg

$$b = (1.6a^2 + h^2)^{1/2} - 0.675h, \text{ si } a < 1.724h$$

$$b = a, \text{ si } a \geq 1.724h$$

a = Radio del área cargada, pulg

7.1.3 Esfuerzos de tensión en el borde de la losa

$$\sigma_b = 0.572 \frac{P}{h^2} \left[4 \log \left(\frac{l}{b} \right) + 0.359 \right], \text{ lb/pulg}^2$$

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 49 de 60 FECHA: JUNIO-2026
----	--	---

Donde:

σ_b = Esfuerzo de tensión en el borde de la losa, Lb/pulg²

P = Carga aplicada, Lbs

h = Espesor de la losa, pulg

l = Radio de rigidez relativa, pulg

$$b = (1.6a^2 + h^2)^{1/2} - 0.675h, \text{ si } a < 1.724h$$

$$b = a, \text{ si } a \geq 1.724h$$

a = Radio del área cargada, pulg

7.2 DEFLEXIONES DEBIDO A LA ACCIÓN DEL TRÁNSITO

7.2.1 Deflexiones en la esquina de la losa

$$\Delta e = \frac{P}{kl^2} \left[1.1 - 0.88 \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right) \right], \text{ pulg}$$

Dónde:

Δe = Deflexión en la esquina de la losa, pulg

P = Carga aplicada, Lbs

l = Radio de rigidez relativa, pulg

a = Radio del área cargada, pulg

k = Módulo de reacción de la subrasante, lbs/pulg³

7.2.2 Deflexiones en el borde de la losa

$$\Delta b = \frac{0.431P}{kl^2} \left[1 - 0.82 \left(\frac{a}{l} \right) \right] \text{ pulg.}$$

Dónde:

Δb = Deflexión en el borde de la losa, pulg

P = Carga aplicada, Lbs

l = Radio de rigidez relativa, pulg

a = Radio del área cargada, pulg

k = Módulo de reacción de la subrasante, lbs/pulg³

7.2.3 Deflexiones en el interior de la losa

$$\Delta i = \frac{P}{8kl^2} \left[1 + \frac{1}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{a}{2l} \right) - 0.673 \right) \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right] \text{ pulg.}$$

Dónde:

Δi = Deflexión en el interior de la losa, pulg

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 50 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

P = Carga aplicada, Lbs

l = Radio de rigidez relativa, pulg

a = Radio del área cargada, pulg

k = Módulo de reacción de la subrasante, lbs/pulg³

7.3 CHEQUEO DE ESFUERZOS DE TENSION

A continuación, se resumen los esfuerzos de tensión actuantes en el borde, interior y esquina de la losa debido a las cargas del tránsito, los cuales se evidencia son menores al esfuerzo a flexo-tracción del concreto, para lo cual se considera que las dimensiones y estructura de la losa cumplen con el chequeo de diseño.

Tabla 7-1 Chequeos en la losa de diseño

CHEQUEOS ESFUERZO FLEXO-TRACCIÓN			
Posición en la losa	Esfuerzo de Tensión (PSI)	Módulo de rotura del concreto, Sc (PSI)	CHEQUEO
Esquina	363.02	551.143	OK
Interior	283.15		OK
Borde	431.11		OK

Fuente: Elaboración Propia

De los esfuerzos descritos anteriormente se evidencia que en los bordes de la losa se presentan los puntos de mayor carga por tensión, lo cual se debe a la magnitud de los esfuerzos actuantes y la ubicación de estos. Para ayudar a controlar la aparición de posibles fracturas a lo largo del perímetro de la losa se implementan elementos de transferencia de carga y vigas de confinamiento en la transición del pavimento con la subrasante natural de los tramos que no se planean intervenir.

7.4 DEFLEXIONES EN LA LOSA DE CONCRETO

A continuación, se resumen las deflexiones presentadas en el borde, interior y esquina de la losa debido a la acción del tránsito.

Tabla 7-2 Deflexiones en la losa de diseño

DEFLEXIONES		
Posición en la losa	Deflexión (pulg)	Deflexión (mm)
Esquina	0,19	4,75
Interior	0,025	0,64
Borde	0,074	1,88

Fuente: Elaboración Propia

Del análisis de deflexiones descritos anteriormente se evidencia que en las esquinas de la losa se presentan los puntos sometidos a mayor deformación, lo cual se debe a la magnitud de los niveles de esfuerzo-deformación actuantes y la ubicación de estos. Para ayudar a controlar la aparición de posibles fracturas, a lo largo del perímetro de la losa se implementan elementos de transferencia de carga instalados cerca de las esquinas de las losas y vigas de confinamiento lateral.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 51 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

8. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

Pensando en la optimización de los recursos y la correcta utilización de los materiales, se deben establecer la utilización de fuentes de materiales próximos a la vía a construir, se deberán caracterizar dichos materiales de tal forma que se pueda determinar si cumplen con los parámetros de calidad de materiales para la vía, según tipo (Clase C – NT1, Clase B – NT2, Clase A – NT3)

El constructor deberá presentar la caracterización de material, indicando las canteras de suministros y hará ensayos de campo y laboratorio en el número y frecuencia que tan indicados en los artículos 220, 230, 311, 320, 330, 610, y 500 del instituto nacional de vías 2013, INVIAS – 13.

Permitiéndole efectuar oportunamente las correcciones, ajustes y modificaciones en el material, se humedad y sus sistemas de construcción, para asegurar el cumplimiento de las especificaciones y el mayor rendimiento en sus operaciones.

8.1 RELLENO PARA ESTRUCTURA.

Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deberán provenir de las excavaciones del proyecto, de préstamos laterales o de fuentes aprobados; están libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; no tendrán características expansivas ni colapsables. Su empleo deberá ser autorizado por el interventor.

Tabla 8-1 Requisitos de los suelos para rellenos de estructuras.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV.	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican	--	todas	todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2mm (Nº10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75mm (Nº200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, Máximo	E-121	0	1	1
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	
CBR de laboratorio, mínimo (%):	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0	2	2
Índice de colapso, máximo (%)	E-157	2	2	2
Contenido de sales solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Fuente: Especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías 2013.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 52 de 60
		FECHA: JUNIO-2028

8.2 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA GRANULAR.

Para las capas granulares el Constructor deberá presentar la caracterización del material, indicando las canteras de suministro y hará ensayos de campo y laboratorio en el número y frecuencia que están indicados en los artículos 311, 320, 330, 340 y 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías 2013, INVIAS.

Las curvas granulométricas serán lisas y libres de irregularidades bruscas, de manera que haya una variación uniforme de los tamaños gruesos a los finos, no se aceptan cambios bruscos en las curvas granulométricas entre tamices adyacentes.

Tabla 8-2 Según tabla 320-2 Requisitos de los agregados para subbase granular.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV.	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)	E-218	50	50	50
-500 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad				
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220			
- Sulfato de Sodio		12	12	12
- Sulfato de Magnesio		18	18	18
Limpieza				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, máximo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material				
CBR (%). Nota: Porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a 4 días de inmersión. Mínimo.	E-148	30	30	40

Fuente: Especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías 2013.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 53 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Tabla 8-3 Según tabla 320-3 Franjas granulométricas del material de subbase granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1-1/2"	1"	1/2"	3/8"	No.10	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancia en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7%				6%			3%

Fuente: Especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías 2013.

Una vez que el material extendido de la subbase granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el interventor, hasta alcanzar la densidad seca específica.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactara por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador.

En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior. Los párrafos anteriores son tomadas del literal 320.4.6. de las especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías, INVIAS - 13.

Tabla 8-4 Según tabla 320-4 Verificaciones periódicas de la calidad de material de la subbase granular.

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Límite Líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 Y E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana

Fuente: Especificaciones generales de construcción de carreteras del instituto nacional de vías 2013.

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 54 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ADICIONALES

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

El periodo de diseño de las estructuras de pavimento es de 20 años para el análisis y cálculo realizado en el presente diseño, con inicio de operación en el año 2026.

El diseño de pavimento rígido para el proyecto: **"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**, se llevó a cabo para las direcciones mencionadas en la zona urbana del municipio de Tame, departamento de Arauca.

El estudio cuenta con una unidad de diseño caracterizada por la homogeneidad de la estratificación de los materiales encontrados en la zona por donde pasa las vías en diseño y por ende su capacidad de soporte.

Los suelos de subrasante de la zona están compuestos en su mayoría por arenas limosas de granulometría fina clasificados como SM, según el sistema de clasificación USC y como A-2-4(0) según el sistema de clasificación AASHTO.

De los resultados de CBR de las subrasantes encontradas en los tramos viales a intervenir, se define un único segmento vial homogéneo y establece una relación de soporte CBR de diseño de **3.27%**.

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

Los anchos de losas no deben ser menor a los recomendados, en caso de ser necesario losas de menor ancho, la longitud de la losa siempre debe conservar la relación de esbeltez, es decir la relación Largo carril/Ancho carril, menor a 1.25.

El concreto utilizado para la construcción de las losas del pavimento rígido deberá tener un módulo de rotura igual o superior a 3.8 MPa, equivalente a 3263 psi (229 kg/cm²) de resistencia a la compresión, para el cual se deberán realizar los respectivos ensayos de laboratorio para verificación de resultados siguiendo la norma INV E - 414 ó INV E - 415

El dimensionamiento de las estructuras de pavimento rígido se realizó con la metodología propuesta en el Manual de la AASHTO-1993 y la metodología del Instituto Nacional de Vías Invias.

Luego de revisadas las alternativas de diseño de espesores de capas determinadas por las diferentes metodologías y teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolla en zonas residenciales, se evalúan las variables técnicas y económicas, además del tránsito que se espera circule en el periodo de diseño, por tal motivo se recomienda que se tenga en cuenta la estructura de pavimento rígido calculada por la metodología de la **AASHTO** puesto que a nivel técnico aporta un módulo de reacción combinado adecuado para soportar las cargas y solicitudes provenientes del tránsito calculado. La estructura de pavimento rígido recomendada es la siguiente:

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 55 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Estructura	Espesor en cm
Concreto hidráulico INV 500-13 (MR≥3.8 MPA)	17
Subbase granular INV 320-13 CBR≥30%	25
Geotextil T-2400 Para subrasantes	----

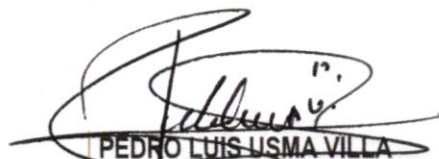
Luego de los trabajos previos de excavación, necesarios para llegar a los niveles especificados para la colocación y conformación de las capas de pavimento o de su estructura, debe realizarse la compactación del fondo de la excavación con estrictos controles de calidad al objeto de evitar asentamientos diferenciales que pueden afectar al pavimento.

Para controlar la aparición de grietas y fracturas en los límites de transición entre el pavimento rígido y la subrasante natural de los tramos que no se planean intervenir, se recomienda la ubicación de vigas de confinamiento lateral, cuya función es proteger las esquinas de las losas de esfuerzos actuantes causados por los vehículos en la transición del pavimento.

Teniendo en cuenta que el diseño de pavimento se ubica en el sector urbano del Municipio de Tame, se recomienda que la corona del pavimento sea confinada por medio de Sardineles Tipo A-10 en aquellos sectores donde se desarrolla el andén peatonal. Para el soporte de dichos sardineles se recomienda implementar 0.25 cm de subbase granular compactada al 95% del Proctor modificado. Así mismo para la transición de niveles en los accesos peatonales se recomienda implementar piezas del empalme Tipo A-100 para el cual se instalarán los respectivos sardineles bajos Tipo A-85.

Las normas y recomendaciones del presente informe se basan en los datos obtenidos mediante los apiques realizados y en los ensayos de campo y de laboratorio efectuados sobre las muestras extraídas de dichos apiques, es posible que durante la construcción se presenten condiciones diferentes. En todo caso las condiciones en campo deben ser verificadas por el geotecnista del proyecto durante la realización de la obra y ajustar los parámetros a los suelos encontrados diferentes a los reportados en este informe o en su defecto comunicarse con el laboratorio para realizar los ajustes respectivos.

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



PEDRO LUIS USMA VILLA
INGENIERO CIVIL – ESPECIALISTA EN INTERVENTORIA DE
PROYECTOS Y OBRAS
MP.54202-403854 NTS

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 56 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

Tame Arauca, junio de 2026.

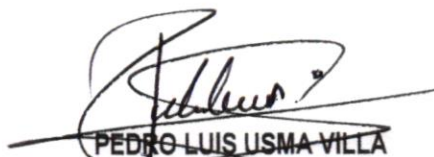
**Señores
MUNICIPIO DE TAME**

Asunto: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **PEDRO LUIS USMA VILLA**, con Matricula profesional No.54202-403854 NTS, como **INGENIERO CIVIL CERTIFICADO** que realicé el **DISEÑO DE PAVIMENTO** para el proyecto "**CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**", a realizarse en el Municipio de Tame, Departamento de Arauca, así mismo declaro que asumo la responsabilidad del perjuicio que por causa de él pueda deducirse y hago constar que el presente documento cumple con la normativa y reglamentos vigentes aplicables al área de estudio.

Aclaro que este documento no puede ser modificado sin mi autorización una vez sea viabilizado el proyecto.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi tarjeta profesional, copia de cedula de ciudadanía y certificado de vigencia y antecedentes personales.



PEDRO LUIS USMA VILLA

Ing. Civil ESPECIALISTA EN INTERVENTORIA DE PROYECTOS Y OBRAS
MP 54202- 403854 NTS

DISEÑO DE PAVIMENTOS

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 57 de 60 FECHA: JUNIO-2026
----	---	---

Tame Arauca, junio de 2026.

**Señores
MUNICIPIO DE TAME**

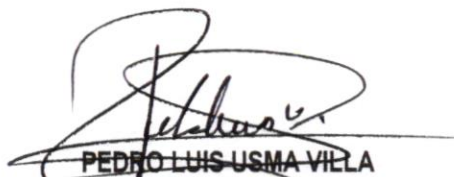
Asunto: CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **PEDRO LUIS USMA VILLA**, con Matrícula profesional No.54202-403854 NTS, como **INGENIERO CIVIL CERTIFICADO** que realicé el **DISEÑO DE PAVIMENTO** para el proyecto "**CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**", a realizarse en el Municipio de Tame, Departamento de Arauca. Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos a la Alcaldía del Municipio de Tame.

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional, certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a solicitud del interesado, a los once (11) días del mes de junio del 2026.



PEDRO LUIS USMA VILLA

Ing. Civil ESPECIALISTA EN INTERVENTORIA DE PROYECTOS Y OBRAS
MP 54202- 403854 NTS

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 58 de 60
		FECHA: JUNIO-2026



V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 59 de 60
		FECHA: JUNIO-2026

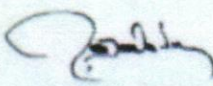

COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matricula Profesional No.
54202-403854 NTS
 Fecha de Expedición: **19/10/2018**

Nombre:
**PEDRO LUIS
 USMA VILLA**
 Identificación:
C.C. 1094277845
 Profesión:
INGENIERO CIVIL
 Institución:
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza al titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.


 DIRECTOR GENERAL

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA, Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590

V1	DISEÑO DE PAVIMENTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN LA URBANIZACIÓN VILLA GABRIELA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"	Página 60 de 60 FECHA: JUNIO-2026
----	--	---



Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4521205

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que PEDRO LUIS USMA VILLA, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 1094277845, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-403854 desde el 19 de Octubre de 2018, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1496.
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 once (11) días del mes de Junio del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

(*) 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.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA
Calle 78 N° 9 - 57 · Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

DISEÑO DE PAVIMENTOS