



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE ARAUCA
ALCALDÍA MUNICIPAL DE TAME
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

TRD- 400



DISEÑO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

Carrera 15 No. 15-92 segundo piso

(7) 888 6394

Infraestructura@tame-arauca.gov.co

Tame Cuna de la Libertad

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPATAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

INFORME DE DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPATAMENTO DE ARAUCA

ARAUCA - TAME

ABRIL 2026

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA	
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
	FECHA:	Abril 2026
		VERSION: 1

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE DE REVISIÓN	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	29/04/2026	Entrega Inicial
2		
3		
4		

ELABORACIÓN

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA
CONTIENE:	INFORME DE DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
VERSION:	V1
FECHA:	29/04/2026
ELABORÓ:	JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
PROFESIÓN:	Ingeniero Ambiental e Ingeniero Sanitario
MATRICULA PROFESIONAL No:	15238-437150 BYC 15237-437151 BYC
FIRMA:	

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	6
2	NORMATIVA.....	6
3	GENERALIDADES	6
3.1	LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	6
3.2	LOCALIZACIÓN PUNTUAL DEL PROYECTO.....	8
3.3	ALCANCE DEL PROYECTO.....	10
4	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	11
4.1	TOMA DE DATOS DE PRECIPITACIÓN.....	12
4.2	CLIMA Y TEMPERATURA	12
4.3	PRECIPITACIÓN	13
4.4	RÉGIMEN DE LLUVIAS	14
4.5	CURVA IDF	17
5	CONDICIONES DE DISEÑO	20
5.1	DETERMINACIÓN DE CAUDALES.....	20
5.1.1	COEFICIENTE DE IMPERMEABILIDAD O ESCORRENTÍA	21
5.1.2	INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN	23
5.2	DISEÑO DE CUNETAS.....	24
5.2.1	TIPOS DE SECCIÓN Y SEGURIDAD VIAL.....	24
6	DISEÑO DRENAJE	26
6.1	MODELACIÓN DE CUNETAS.....	26
6.2	BOX CULVERT	36
6.2.1	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	37
6.2.2	LONGITUD AXIAL	38
6.2.3	FACTOR DE FORMA.....	38
6.2.4	CÁLCULO DE CAUDAL DE DISEÑO	43
6.2.5	MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA	44
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
8	ANEXOS	47
9	REFERENCIAS	47

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del municipio de Tame Arauca	7
Figura 2. División política de Tame Arauca	8
Figura 3. Localización específica de los tramos a intervenir.....	9
Figura 4. Identificación zona de intervención directa.....	10
Figura 5. Identificación de estaciones con datos de precipitación en zona de intervención	12
Figura 6. Variación de temperaturas al año en el municipio de Tame Arauca	13
Figura 7. Precipitación mínima, media, y máxima anual histórica, estación TAME (36025010)	13
Figura 8. Análisis de distribución precipitaciones máximas estación TAME (36025010).....	15
Figura 9. Histograma distribución de frecuencias precipitaciones máximas estación TAME (36025010)	16
Figura 10. Regiones en Colombia para definición de parámetros	18
Figura 11. Curva IDF estación TAME (36025010) método simplificado.....	19
Figura 12. Área aforante a las cunetas.....	24
Figura 13. Secciones cunetas típicas y propiedades geométricas	25
Figura 14. Sección de cuneta proyectada.....	26
Figura 15. Curvas Intensidad Pendiente Longitud para sección de cunetas proyectadas	28
Figura 16. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°1	29
Figura 17. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°2	30
Figura 18. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°3.....	31
Figura 19. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°4	32
Figura 20. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°5.....	33
Figura 21. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°6.....	34
Figura 22. Diseño hidráulico sumidero de ventana proyectado K0+144.30	35
Figura 23. Cabezal de descarga proyectado	36
Figura 24. Identificación cuenca aportante box culvert	37
Figura 25. Perfil de flujo box culvert abscisa K0+004.81	45
Figura 26. Perfil de flujo en box culvert proyectado.....	45
Figura 27. Sección box culvert proyectado	46

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del proyecto en estudio.....	9
Tabla 2. Coordenadas de localización estructura de pavimento.....	10
Tabla 3. Estaciones meteorológicas del municipio de Tame Arauca.....	11
Tabla 4. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas estación TAME (36025010).....	14
Tabla 5. Análisis de precipitación máxima en diferentes periodos de retorno estación TAME (36025010) distribución L-Moments Pareto.....	16
Tabla 6. Valores de los coeficientes calculo IDF para Colombia.....	17
Tabla 7. Precipitación máxima anual histórica en 24 horas estación TAME (36025010).....	18
Tabla 8. Datos curva IDF estación TAME (36025010).....	18
Tabla 9. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas.....	21
Tabla 10. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales.....	22
Tabla 11. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial.....	23
Tabla 12. Datos curva I-P-L cunetas a dos bombeos.....	27
Tabla 13. Resumen condición de cunetas proyectadas.....	34
Tabla 14. Condiciones de flujo en conexión de sumidero proyectado K0+144.30.....	35
Tabla 15. Características de la cuenca de acuerdo con el valor de k_c	39
Tabla 16. Clasificación de cauces – patrón de alineamiento.....	40
Tabla 17. Cálculo de tiempo de concentración por diferentes métodos.....	43

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA	
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
	FECHA:	Abril 2026 VERSION: 1

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio hidrológico e hidráulico tiene como objetivo fundamental evaluar las condiciones y riesgos asociados al diseño de la pavimentación de la vía que conecta el casco urbano de Tame, Arauca, con el sector conocido como Gualabao. Esta vía, crucial para la conectividad regional, enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión de aguas superficiales y subterráneas, particularmente durante periodos de precipitación intensa.

El análisis hidrológico se centrará en la caracterización de las cuencas hidrográficas involucradas, la estimación de caudales máximos y el comportamiento de los escurrimientos. Paralelamente, el estudio hidráulico abordará la evaluación de estructuras de drenaje y la capacidad de los cuerpos de agua naturales y artificiales para manejar los flujos generados por la pavimentación propuesta.

Este estudio se presenta como un componente esencial para garantizar la infraestructura vial sostenible y resiliente, minimizando los impactos ambientales y maximizando la seguridad de los usuarios y comunidades a lo largo de la vía.

2 NORMATIVA

El presente estudio se emite siguiendo la normativa nacional vigente como lo es el Manual de Drenaje para Carreteras del 2009 (Ministerio de Transporte, 2009). La cartografía desarrollada se basa en la resolución 370 de 2021 estableciendo como único datum oficial de Colombia, el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNASIRGAS.

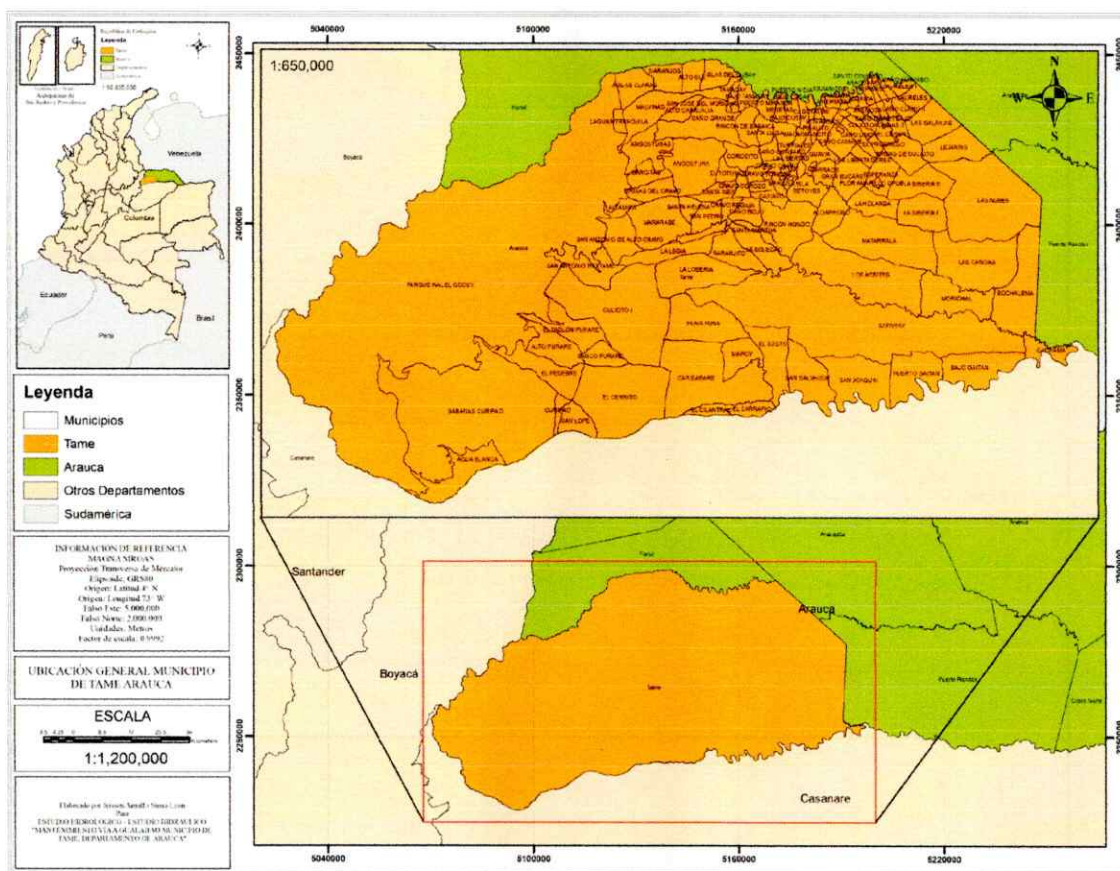
3 GENERALIDADES

3.1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Tame es un municipio situado en el suroccidente del departamento de Arauca (Colombia), su cabecera municipal según el marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS se encuentra en las coordenadas Norte (m) 2271839.870 Este (m) 5139855.540, con una altura sobre el nivel del mar de 340 metros sobre el nivel del mar, ubicado en una meseta de las últimas estribaciones de la Cordillera Oriental, la cual baja encajonada por la vertiente de los ríos Tame y Cravo. El municipio de Tame tiene una extensión de 6.457 km². Se localiza en el extremo suroccidental del Departamento, donde confluyen dos ejes viales principales; la ruta de los libertadores (Bogotá-Tunja-Tame-Arauca-Caracas) y la troncal del Llano (Bogotá-Villavicencio-Yopal-Tame-Saravena). Es el punto de distribución del tráfico terrestre hacia Puerto Rondón, Cravo Norte, Arauca, Saravena, Puerto Jordán, Panamá y Fortul. Esta localización da al municipio de Tame ventajas comparativas en el contexto departamental.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 1. Ubicación del municipio de Tame Arauca

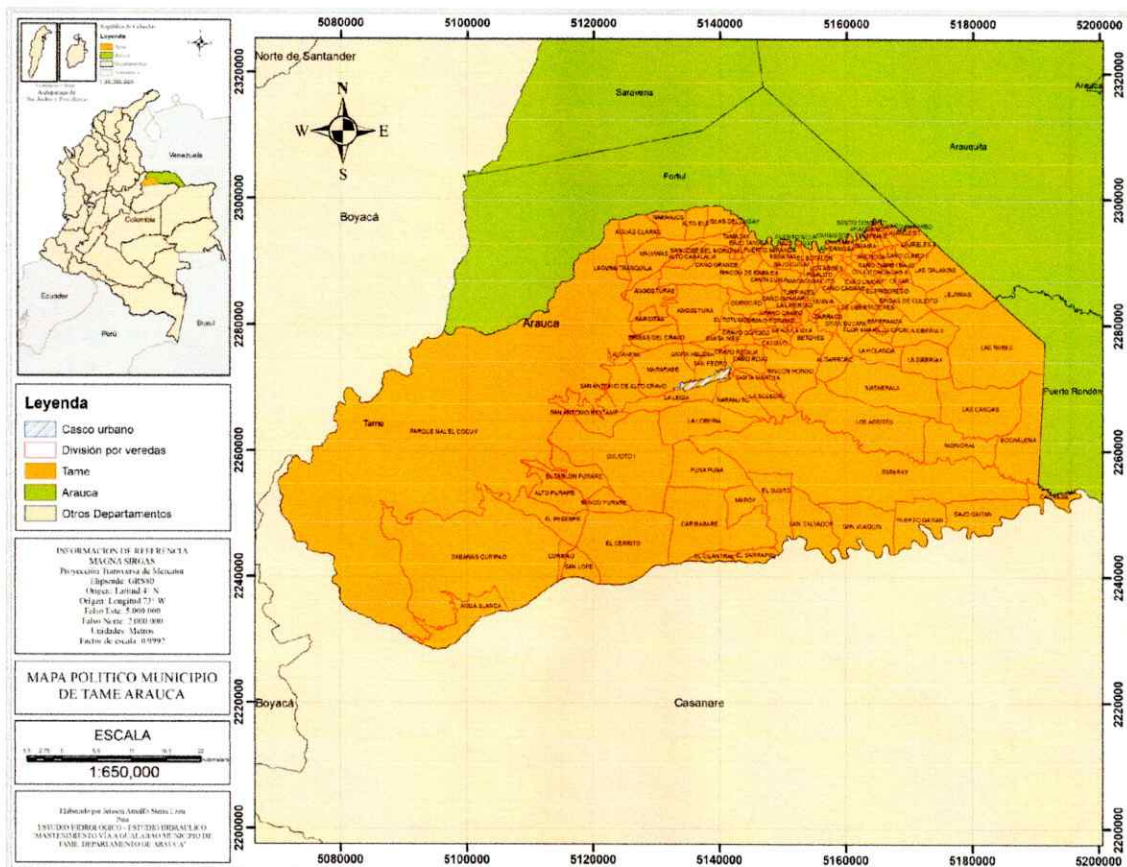


Fuente: Autor, 2026.

El municipio de Tame limita por el norte con el municipio de Fortul, por el oriente limita con los municipios de Arauquita y Puerto Rondón, por el sur limita con el departamento de Casanare y por el occidente con el departamento de Boyacá. Además de su cabecera municipal, Tame tiene bajo su jurisdicción los siguientes corregimientos: Alto Cauca, Betoyes, Botalón, Corocito, Flor Amarillo, La Holanda, Las Malvinas, Pueblo Seco, Pueblo Tabla, Puerto Gaitán, Puerto Miranda, Puerto San Salvador y Santo Domingo. De acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se reporta la existencia de 139 veredas.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCIARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 2. División política de Tame Arauca



Fuente: Autor, 2026.

3.2 LOCALIZACIÓN PUNTUAL DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo optimizar la conectividad vial entre el casco urbano del municipio de Tame, Departamento de Arauca y la salida hacia la Herradura Ecoturística, facilitando el acceso y promoviendo el desarrollo socioeconómico de la región. A continuación, se detallan las coordenadas específicas de intervención.

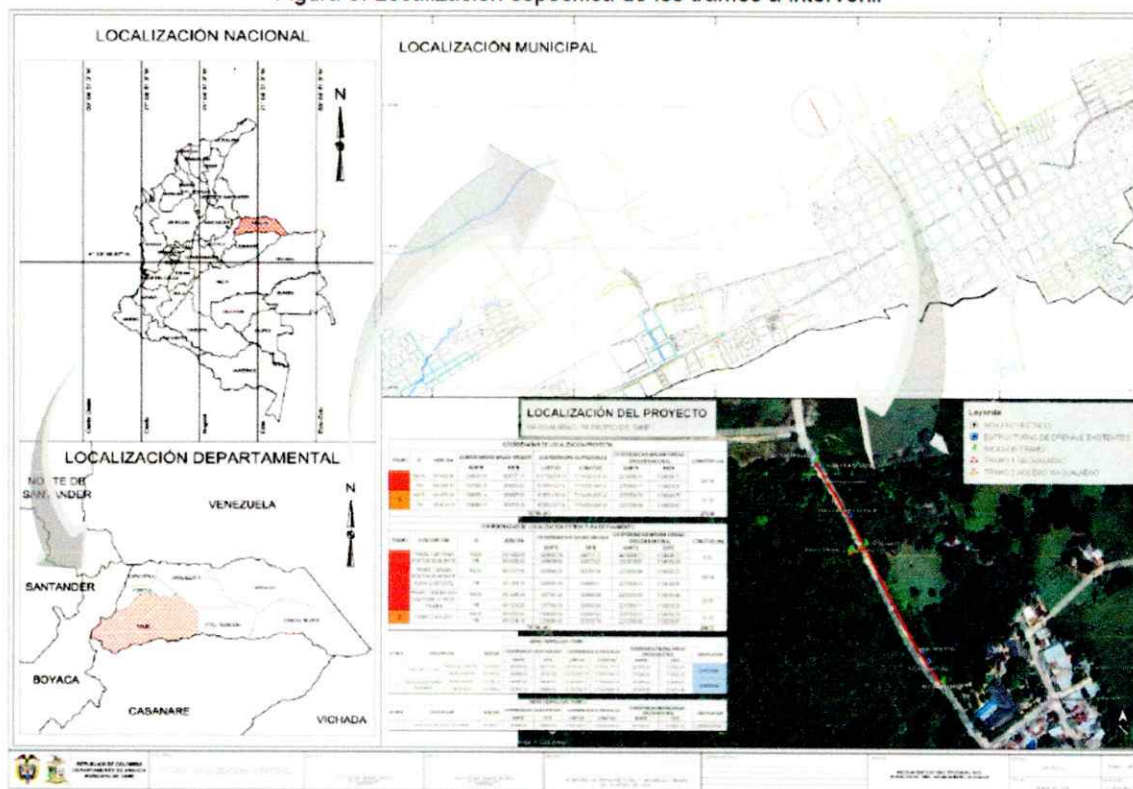
	MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias en el Municipio de Tame, Departamento de Arauca		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Tabla 1. Coordenadas del proyecto en estudio

COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN PROYECTO									
TRAMO	ID	ABSCISA	COORDENADAS GAUSS KRUGER		COORDENADAS ELIPSOIDALES		COORDENADAS MAGNA SIRGAS -ORIGEN NACIONAL		LONGITUD (m)
			NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	
1	NICIO	K0+000.00	1206833,43	926777,17	6 27°58,074" N	71 44°22,014" W	2272668,41	5139336,71	259,30
	FIN	K0+259.30	1207059,35	926650,50	6 28°5,423" N	71 44°26,146" W	2272893,71	5139209,26	
2	NICIO	K0+000.00	1206959,14	926687,63	6 28°2,163" N	71 44°24,933" W	2272793,70	5139246,75	14,19
	FIN	K0+014.19	1206964,47	926700,78	6 28°2,337" N	71 44°24,506" W	2272799,08	5139259,87	
TOTAL (m)									273,49

Fuente: Elaboración propia

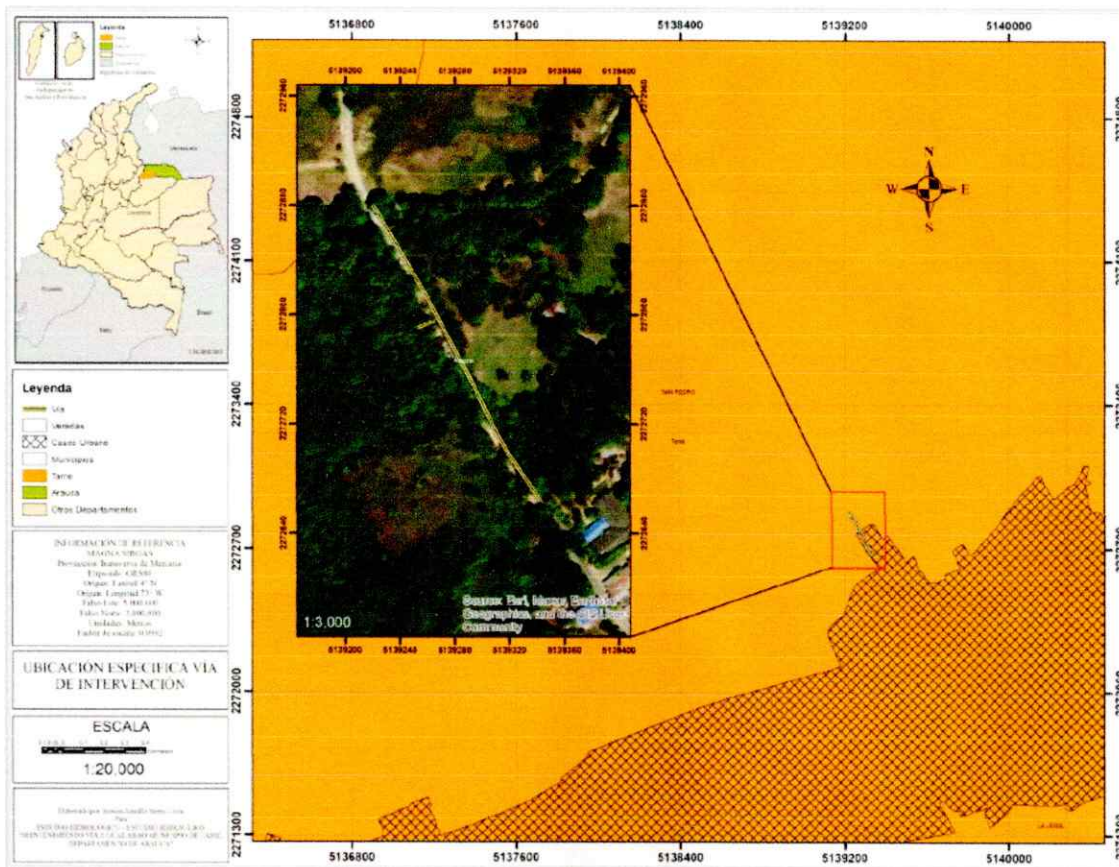
Figura 3. Localización específica de los tramos a intervenir



Fuente: Elaboración propia

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 4. Identificación zona de intervención directa



Fuente: Autor, 2026.

3.3 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto "MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA" tiene como objetivo la intervención de un total de 273,49 metros lineales de corredor vial, de los cuales se plantea realizar la pavimentación de 204,72 ml en pavimento flexible distribuidos en los siguientes tramos:

Tabla 2. Coordenadas de localización estructura de pavimento

COORDENADAS DE LOCALIZACION ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
TRAMO	DESCRIPCION	ID	ABSCISA	COORDENADAS GAUSS KRUGER		COORDENADAS MAGNA SIRGAS -ORIGEN NACIONAL		LONGITUD (m)
				NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
1	TRAMO 1 ENTRADA PONTON EXISTENTE	INICIO	K0+000.00	1206833.43	926777.17	2272668.41	5139336.71	6.32
		FIN	K0+006.32	1206838.64	926773.57	2272673.60	5139333.09	

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

COORDENADAS DE LOCALIZACION ESTRUCTURA DE PAVIMENTO								
TRAMO	DESCRIPCION	ID	ABSCISA	COORDENADAS GAUSS KRUGER		COORDENADAS MAGNA SIRGAS -ORIGEN NACIONAL		LONGITUD (m)
				NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
	TRAMO 1 SALIDA PONTON EXISTENTE A BOX EXISTENTE	INICIO	K0+017,80	1206848.06	926767.06	2272682,99	5139326,55	163,35
		FIN	K0+181,15	1206991.69	926689.51	2272826,24	5139248,50	
	TRAMO 1 SALIDA BOX EXISTENTE A FIN DE TRAMO	INICIO	K0+238,44	1207041.23	926660.85	2272875,64	5139219,68	20,86
		FIN	K0+259.30	1207059,35	926650,50	2272893,71	5139209,26	
2	TRAMO 2 ACCESO	INICIO	K0+000.00	1206959,14	926687,63	2272793,70	5139246,75	14,19
		FIN	K0+014.19	1206964,47	926700,78	2272799,08	5139259,87	
TOTAL (m)								204,72

Fuente: Elaboración propia

Además de la construcción del pavimento, el proyecto abarca una serie de obras complementarias clave para garantizar la funcionalidad y durabilidad de la vía. Estas incluyen:

- Obra hidráulica tipo box culvert, necesaria para garantizar un adecuado paso de las aguas superficiales y subterráneas.
- Estructuras de encauzamiento y encole para el manejo eficiente de las aguas pluviales, protegiendo la infraestructura vial de posibles erosiones.
- Elementos de confinamiento, indispensables para estabilizar la vía y asegurar su resistencia a las condiciones ambientales y de tránsito.

Este proyecto está diseñado para mejorar las condiciones de transitabilidad y conectividad de los habitantes. La intervención no solo beneficiará la movilidad diaria, sino que también contribuirá al desarrollo económico y social de la región. Además, asegurará que la vía construida no solo cumpla con las expectativas de durabilidad y resistencia, sino que también proporcione beneficios tangibles a la comunidad, mejorando su calidad de vida y facilitando su movilidad en condiciones óptimas.

4 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La recopilación de la información para el estudio hidro climatológico comprende la toma de información de campo, como de la investigación en documentos oficiales y entidades estatales como lo es el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM).

A partir de lo cual, se identifica que el municipio de Tame cuenta con seis (6) estaciones de las cuales cuatro (4) cuentan con datos de precipitaciones.

Tabla 3. Estaciones meteorológicas del municipio de Tame Arauca

Nombre	Código	Categoría	Estado	Tecnología	Nota
MORICHAL	36030030	Pluviométrica	Activa	Convencional	Posee datos de precipitación

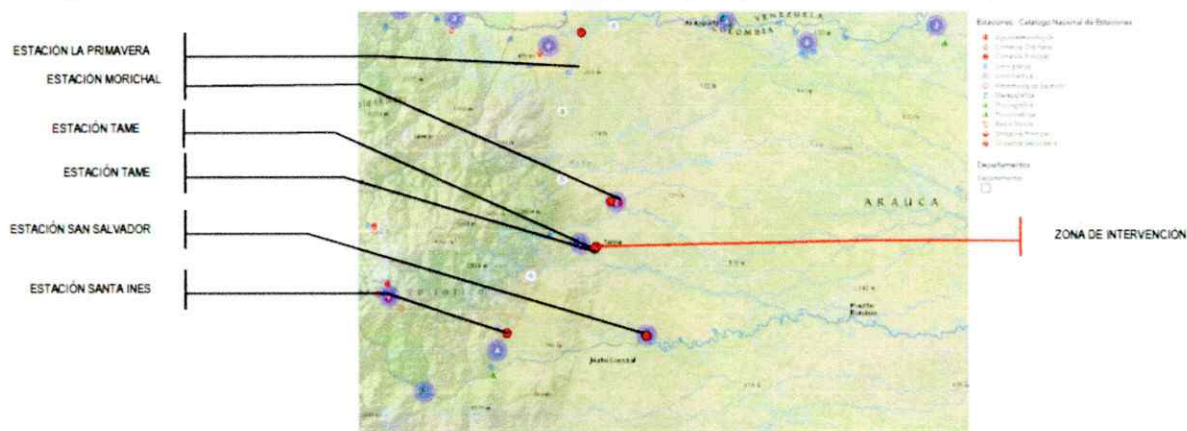
	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Nombre	Código	Categoría	Estado	Tecnología	Nota
LA PRIMAVERA	37050020	Pluviométrica	Suspendida	Convencional	Se encuentra suspendida desde junio 15, 1976
SAN SALVADOR	3602700101	Limnigráfica	En Mantenimiento	TEST005	Se instaló en marzo 17 de 2018
SANTA INES	36020030	Pluviométrica	Activa	Convencional	Posee datos de precipitación
TAME	36025010	Climática Ordinaria	Activa	Convencional	Posee datos de precipitación
TAME	36030010	Pluviométrica	Suspendida	Convencional	Se encuentra suspendida desde diciembre 15, 1972

Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2026.

En la siguiente figura se describen las estaciones disponibles con respecto a las diferentes zonas de intervención del proyecto.

Figura 5. Identificación de estaciones con datos con datos de precipitación en zona de intervención



Fuente: Autor con base en DHIME IDEAM, 2026.

4.1 TOMA DE DATOS DE PRECIPITACIÓN

Para el presente estudio se tomó la información de precipitaciones de la estación propiedad del IDEAM TAME la cual tiene código 36025010 y se encuentra en estado activo desde el 15 de febrero de 1985, esta estación se ubica en las coordenadas Norte (m) 2271987.797 Este (m) 5138171.852 a una altitud de 350 msnm. Algunos otros datos de referencia han sido tomados de referencias no gubernamentales tipo satelital global dada la falta de información en registros históricos, los datos brutos de precipitaciones se adjuntan en el anexo H-1.

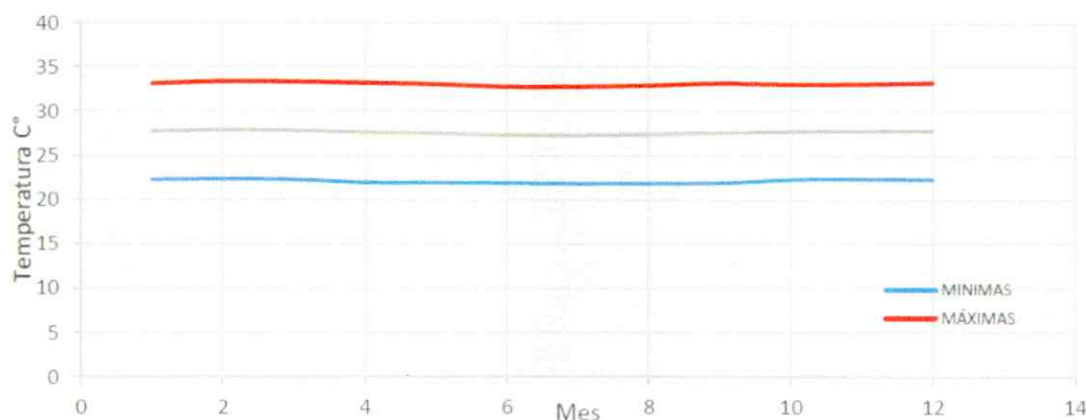
4.2 CLIMA Y TEMPERATURA

En Tame Arauca, los veranos son cortos, cálidos, húmedos y secos; los inviernos son cortos, calurosos, bochornosos y mojados y está nublado durante todo el año. Según datos tomados de la estación climática ordinaria TAME código 36025010, durante el transcurso del año en base a datos promedios históricos la

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

temperatura generalmente varía de 22.13 °C a 33.14 °C y rara vez baja a menos de 18.01 °C o sube a más de 35.54 °C. En la siguiente gráfica se encuentra la representación de la variación de temperaturas en el año. Los datos brutos de temperaturas se presentan en el anexo H-2.

Figura 6. Variación de temperaturas al año en el municipio de Tame Arauca

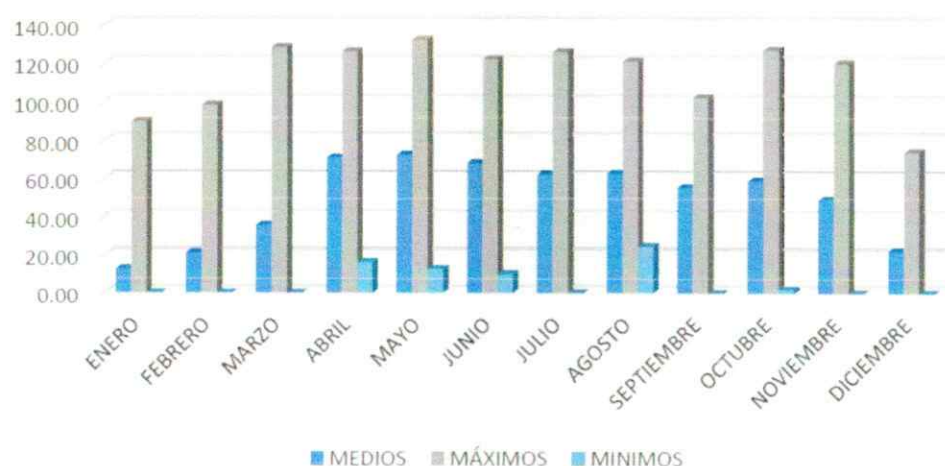


Fuente: Autor con base en DHIME IDEAM, 2025.

4.3 PRECIPITACIÓN

El análisis de precipitación se realiza con fundamento en los registros de la estación meteorológica, con el propósito de involucrar los posibles factores orográficos en el comportamiento de las precipitaciones. A partir de los registros de precipitación media mensual multianual para la estación TAME (36025010), se presenta en la siguiente figura la distribución temporal de las precipitaciones mínimas, medias y máximas al día históricas a través del ciclo anual.

Figura 7. Precipitación mínima, media, y máxima anual histórica, estación TAME (36025010)



Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2026.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

El régimen de lluvias es básicamente monomodal, con una temporada de lluvias que comprende los meses de marzo a noviembre. En promedio el mes más seco es enero, mientras que el mes en el que se presentan más generosas precipitaciones es abril.

4.4 RÉGIMEN DE LLUVIAS

Con el fin de establecer el régimen de lluvias del área de influencia del proyecto, se analizó estadísticamente la información histórica obtenida del IDEAM de la estación TAME (36025010). De esta estación se efectuó la consecución de la siguiente información con un histórico de 30 años, que van desde 1995 hasta el año 2024. Los valores totales mensuales de precipitación máxima en 24 horas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas estación TAME (36025010)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1995	1.3	12.0	35.0	90.0	62.0	122.0	28.2	77.0	55.5	59.0	49.2	22.4
1996	12.9	21.5	35.9	71.0	72.6	120.0	126.0	98.0	29.0	2.0	0.3	15.0
1997	0.0	86.7	0.6	27.0	103.0	68.0	86.0	99.0	69.0	21.6	85.0	17.3
1998	2.4	15.0	20.4	60.8	69.0	86.5	63.5	53.0	48.0	86.0	24.0	4.8
1999	13.1	85.5	11.6	48.2	132.5	42.1	107.0	121.0	100.0	50.0	33.3	61.8
2000	40.5	6.6	119.8	42.0	13.0	52.6	101.2	37.8	57.3	127.1	37.1	10.4
2001	0.7	0.2	12.7	16.4	69.3	35.4	58.8	61.4	41.7	75.7	19.5	74.1
2002	15.6	1.4	52.2	109.5	92.0	116.8	58.8	62.2	34.3	61.6	6.8	8.7
2003	0.0	1.6	36.0	60.0	61.0	86.4	0.0	69.8	0.0	76.0	0.0	0.0
2004	0.0	0.0	35.9	84.0	86.2	10.0	98.0	87.4	42.5	100.0	120.0	55.0
2005	70.1	32.5	20.0	71.0	72.6	58.5	62.1	59.5	55.0	45.0	85.0	21.0
2006	90.0	21.5	35.9	71.0	72.6	68.0	62.1	62.6	69.2	79.9	104.7	9.7
2007	0.7	8.1	45.2	59.3	64.7	48.1	75.2	70.8	48.9	44.6	48.0	13.3
2008	2.7	18.2	19.0	81.0	46.5	84.0	66.2	49.0	36.8	52.4	38.8	0.0
2009	22.8	36.8	16.2	48.2	76.8	98.2	34.4	38.4	32.4	71.6	45.8	11.0
2010	0.0	0.0	68.2	48.2	66.8	88.2	68.4	56.2	54.2	44.6	38.4	24.8
2011	18.6	98.4	18.6	126.4	81.4	68.1	82.6	48.8	48.2	64.2	45.2	24.6
2012	0.0	8.4	41.2	122.8	56.8	78.4	58.8	38.8	38.4	75.8	64.8	38.6
2013	0.0	0.0	41.8	98.8	82.6	42.8	42.8	54.6	58.6	58.4	54.8	34.6
2014	0.0	24.2	16.8	68.2	89.4	48.6	68.8	24.6	38.4	43.8	35.8	14.2
2015	11.4	32.8	6.4	46.2	26.8	51.8	53.6	46.8	36.8	88.6	58.8	24.4
2016	2.2	12.8	12.4	64.8	112.4	34.8	54.8	88.4	58.4	45.6	49.6	32.4
2017	8.8	2.6	128.4	73.8	62.8	41.2	21.6	45.8	99.8	86.4	41.8	53.8
2018	14.2	0.0	38.6	58.8	49.8	52.8	66.8	78.4	98.8	61.8	21.8	0.0
2019	7.8	0.0	86.4	88.6	52.8	93.8	49.8	54.6	51.8	23.6	38.6	20.6
2020	1.2	0.0	0.0	41.8	78.8	80.6	31.8	79.8	99.8	44.8	118.0	17.4
2021	24.2	11.6	54.8	96.8	110.8	71.8	66.8	91.4	102.4	42.2	48.8	2.8

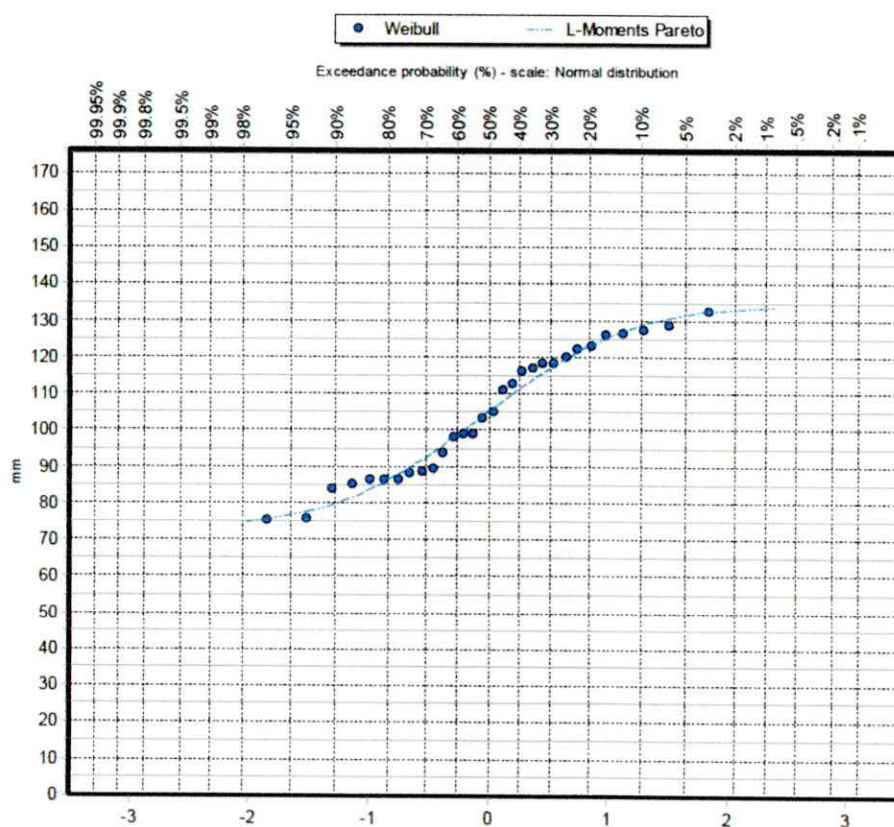
	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2022	0.0	32.4	22.8	66.8	86.4	48.6	41.6	28.8	56.8	53.6	68.2	8.6
2023	26.8	11.1	18.8	116.2	54.8	75.2	64.8	32.4	48.8	24.6	44.8	28.8
2024	0.0	62.8	23.4	72.2	83.4	38.2	118.0	33.4	19.8	81.8	26.8	11.8
2025	12.2	6.8	82.6	86.4								
MEDIOS	12.9	21.5	35.9	71.0	72.6	68.0	62.1	62.6	55.5	59.0	49.2	22.4
MÁXIMOS	90	98.4	128.4	126.4	132.5	122	126	121	102.4	127.1	120	74.1
MINIMOS	0	0	0	16.4	13	10	0	24.6	0	2	0	0

Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2026.

El análisis de precipitación máxima implica recopilar datos históricos de precipitación y examinar los valores más altos registrados en diferentes escalas temporales, como anuales, estacionales o mensuales. Esto permite identificar y cuantificar los eventos de lluvia más intensos que han ocurrido en la ubicación estudiada. Mediante el uso del software Hydrognomon® se realiza el análisis de precipitaciones máximas en base a datos del IDEAM.

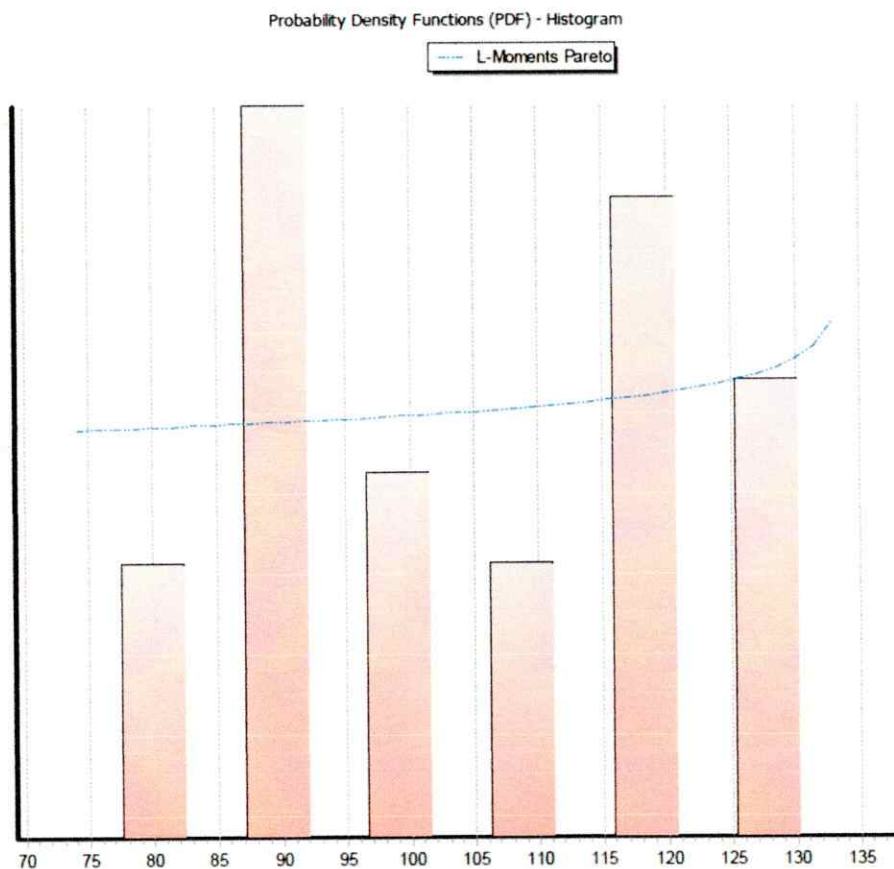
Figura 8. Análisis de distribución precipitaciones máximas estación TAME (36025010)



Fuente: Autor con base en Hydrognomon, 2026.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 9. Histograma distribución de frecuencias precipitaciones máximas estación TAME (36025010)



Fuente: Autor con base en Hydrognomon, 2026.

La distribución que más se ajustó corresponde a L-Moments Pareto identificando los siguientes datos de precipitación máxima.

Tabla 5. Análisis de precipitación máxima en diferentes periodos de retorno estación TAME (36025010) distribución L-Moments Pareto

Estación		Distribución empleada	Precipitación máxima						
Nombre	Código		Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=20	Tr=25	Tr=50	Tr=100
TAME	36025010	L-Moments Pareto	105.031	123.060	128.767	131.502	132.032	133.066	133.561

Fuente: Autor, 2026.

- En el contexto de un estudio hidrológico, esta distribución puede representar el comportamiento de eventos como precipitaciones máximas diarias, caudales pico, o escorrentía, que usualmente no siguen distribuciones normales debido a la ocurrencia de eventos extremos.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

- La curva sugiere que hay cierta probabilidad de ocurrencia de valores extremos en el rango alto (más allá de 130), lo cual es característico de la distribución Pareto. Esto puede ser importante en estudios de riesgo hidrológico o hidráulico.
- La curva de distribución ajustada con momentos-L (L-Moments) de Pareto tiene una forma creciente, lo cual sugiere que este tipo de distribución es adecuada para modelar fenómenos con valores altos poco frecuentes, como eventos extremos (lluvias intensas, caudales máximos, etc.).
- El intervalo de clase con mayor frecuencia está entre aproximadamente 85 y 90, representando el valor más común o modal del conjunto de datos.
- La distribución de los datos muestra cierta asimetría positiva (sesgo a la derecha). Esto es evidente por la ligera inclinación ascendente de la curva de Pareto hacia la derecha, lo que indica la presencia de valores extremos o altos en la muestra.

4.5 CURVA IDF

Las curvas son el soporte en el desarrollo de proyectos de diseño hidráulico. El análisis de los datos depende de la frecuencia y el periodo de retorno de las lluvias en la estación. Para obtener las curvas I-D-F se requiere de los registros continuos de precipitación medidos en pluviógrafos, la caracterización de las precipitaciones se realiza en la intensidad de las precipitaciones, que equivalen a la cantidad de lluvia caída en función del tiempo, expresada en mm/hora.

Las curvas de Intensidad- Duración- Frecuencia I-D-F se elaboraron a partir de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas empleando el método simplificado enunciado en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009).

La expresión está dada por:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

- i= Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h)
- T= Periodo de retorno, en años
- M= Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
- t= Duración de la lluvia, en minutos (min)
- a,b,c,d= Parámetros de ajuste de la regresión

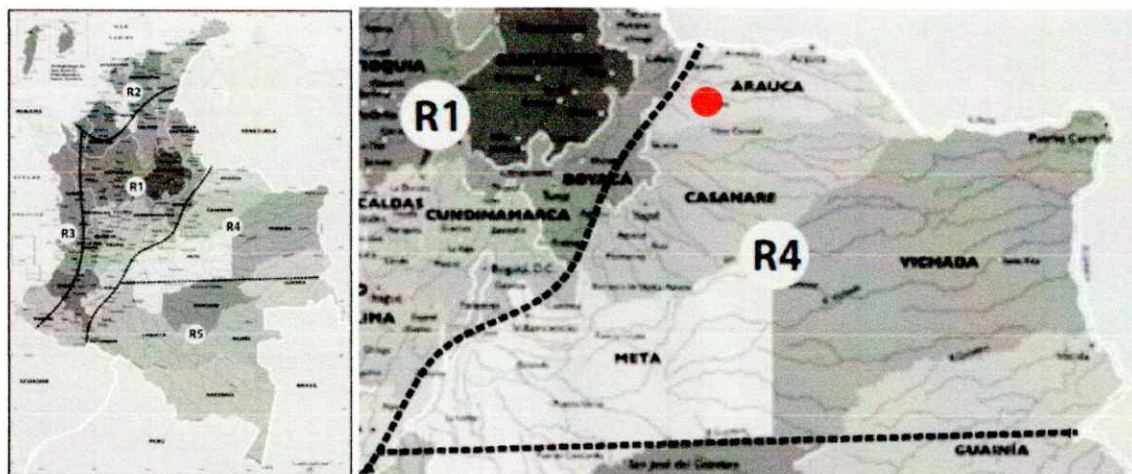
Tabla 6. Valores de los coeficientes calculo IDF para Colombia

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Manual para Drenaje de Carreteras INVIAS, 2009.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 10. Regiones en Colombia para definición de parámetros



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella INVIAS, 2009.

Tabla 7. Precipitación máxima anual histórica en 24 horas estación TAME (36025010)

PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL HISTÓRICA EN 24 HORAS							
AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)
1995	122	2003	86.4	2011	126.4	2019	93.8
1996	126	2004	120	2012	122.8	2020	118
1997	103	2005	85	2013	98.8	2021	110.8
1998	86.5	2006	104.7	2014	89.4	2022	86.4
1999	132.5	2007	75.2	2015	88.6	2023	116.2
2000	127.1	2008	84	2016	112.4	2024	118.0
2001	75.7	2009	98.2	2017	128.4		
2002	116.8	2010	88.2	2018	98.8		

Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2026.

Tabla 8. Datos curva IDF estación TAME (36025010)

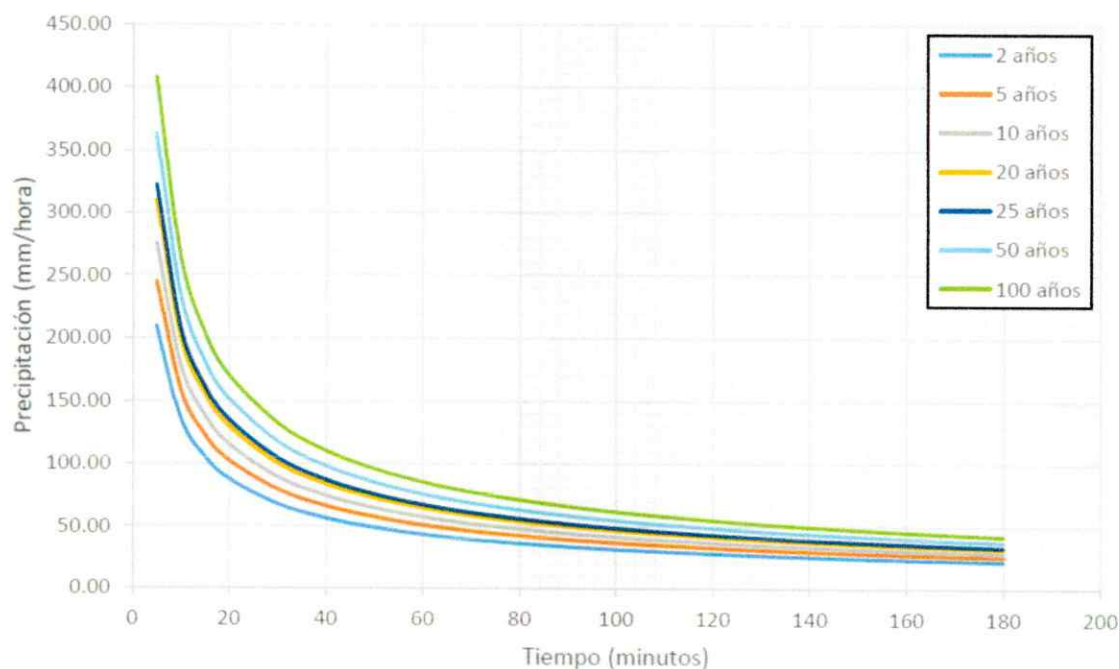
TIEMPO (MIN)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	20	25	50	100
5	209.95	245.34	276.02	310.53	322.54	362.88	408.26
10	135.66	158.53	178.36	200.66	208.42	234.48	263.81
15	105.08	122.79	138.15	155.43	161.44	181.62	204.34
20	87.66	102.44	115.25	129.66	134.67	151.52	170.47
30	67.90	79.35	89.27	100.43	104.32	117.36	132.04
40	56.65	66.19	74.47	83.78	87.02	97.91	110.15
50	49.22	57.51	64.70	72.80	75.61	85.07	95.71

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

TIEMPO (MIN)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	20	25	50	100
60	43.88	51.27	57.68	64.90	67.41	75.84	85.32
70	39.82	46.53	52.34	58.89	61.17	68.82	77.42
80	36.60	42.77	48.12	54.14	56.23	63.27	71.18
90	33.99	39.71	44.68	50.27	52.21	58.74	66.09
100	31.80	37.16	41.81	47.04	48.86	54.97	61.84
110	29.95	35.00	39.37	44.30	46.01	51.76	58.24
120	28.35	33.13	37.27	41.94	43.56	49.00	55.13
130	26.96	31.50	35.44	39.87	41.41	46.59	52.42
140	25.73	30.06	33.82	38.05	39.53	44.47	50.03
150	24.63	28.79	32.39	36.44	37.84	42.58	47.90
160	23.65	27.64	31.09	34.98	36.34	40.88	45.99
170	22.77	26.60	29.93	33.67	34.97	39.35	44.27
180	21.96	25.66	28.87	32.48	33.74	37.96	42.70

Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2026.

Figura 11. Curva IDF estación TAME (36025010) método simplificado



Fuente: Autor con base en datos del IDEAM, 2026.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

5 CONDICIONES DE DISEÑO

Las condiciones hidráulicas de drenaje vial funcionan a flujo libre mediante canales abiertos, sujetos a la presión atmosférica. Dependiendo de la variación de la profundidad y la velocidad del flujo a lo largos del paso por las estructuras de drenaje.

5.1 DETERMINACIÓN DE CAUDALES

El caudal de diseño para cada estructura se determina teniendo en cuenta la cuenca asociada a cada una, así como la intensidad de lluvias sujeto a datos históricos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y el coeficiente de escorrentía el cual corresponderá de acuerdo al uso de suelo.

Para la determinación de los caudales a conducir por las diferentes estructuras de drenaje de la vía se tiene en cuenta el método racional.

El método racional parte de la definición del coeficiente de escorrentía C , valor adimensional, el cual se puede definir como la relación entre el volumen de escorrentía superficial, V_E , y el volumen de precipitación total, V_P , ambos expresados en m^3 , así:

$$C = \frac{V_{Escorrentía\ superficial}}{V_{Precipitación\ total}} = \frac{V_E}{V_P} = \frac{\frac{V_E}{t}}{\frac{V_P}{t}}$$

$$\frac{V_E}{t} = Q_E$$

$$\frac{V_P}{t} = i A$$

Donde:

Q_E : Caudal de escorrentía superficial, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

i : Intensidad de precipitación, en metros por segundo (m/s).

t : Tiempo de duración de la lluvia, en segundos (s).

A : Área de drenaje de la hoya hidrográfica, en metros cuadrados (m^2).

Entonces:

$$C = \frac{Q_E}{i A}$$

El numerador representa el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo de duración de la lluvia y el denominador representa el volumen de lluvia por unidad de tiempo de esta duración.

$$Q_E = C i A$$

Al utilizar la fórmula racional, se supone que el caudal Q_E toma un valor de caudal máximo (pico) Q_P , cuando, debido a una cierta intensidad de lluvia sobre el área de drenaje, es producido por esa precipitación que se mantiene por un tiempo igual al periodo de concentración del caudal en el punto en consideración. Teóricamente, éste es el tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo requerido para que la

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

escorrentía superficial fluya desde la parte más remota de la hoya hasta el punto de interés. Entonces, Q_P corresponde a una lluvia de intensidad i sobre un área de drenaje A , lluvia ésta que dure, como mínimo, un tiempo tal que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial, siendo Q_P el caudal máximo de escorrentía superficial, el cual está dado por:

$$Q_P = C i A$$

Ahora bien, si A está dado en km^2 , i en mm/h y Q_P en m^3/s , la anterior ecuación queda igual a:

$$Q_P = 0.278 C i A$$

De esta manera, la determinación de caudales está limitada a la obtención de valores de coeficiente de escorrentía, intensidad de precipitación y área de drenaje.

5.1.1 COEFICIENTE DE IMPERMEABILIDAD O ESCORRENTÍA

El coeficiente de impermeabilidad o escorrentía, es función del tipo del suelo del área tributaria, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de todos aquellos otros factores que determinen qué parte de la precipitación se convierte en escorrentía. El tránsito hidráulico de la creciente producida por el evento de lluvia de diseño debe ser desarrollado tanto para las condiciones de coeficiente de impermeabilidad correspondientes al momento de puesta en marcha del proyecto, como para las condiciones de coeficientes de impermeabilidad correspondientes al final del periodo de diseño. Para aquellas áreas de drenaje que incluyan zonas con diferentes coeficientes de impermeabilidad, el valor del coeficiente de impermeabilidad representativo para toda el área debe calcularse como el promedio ponderado de los coeficientes de impermeabilidad individuales para cada sub-área, de acuerdo con la ecuación mostrada a continuación (Ministerio de Vivienda, 2016).

$$C = \frac{(\sum C * A)}{\sum A}$$

Donde:

C: Coeficiente de impermeabilidad o escorrentía

A: Área tributaria de drenaje (Ha)

Se presentan en la siguiente tabla los coeficientes de escorrentía dispuestos en el manual de drenaje del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009).

Tabla 9. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05 - 0.10
Suelos arenosos, promedio, 2 - 7 %	0.15 - 0.20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 2%	0.13 - 0.17
Suelos pesados (arcillosos), promedio, 2 - 7 %	0.18 - 0.22

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Suelos pesados (arcillosos), pendientes, 7%	0.25 - 0.35
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0.70 - 0.95
Áreas vecinas	0.50 - 0.70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 - 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0.50 - 0.80
Áreas pesadas	0.60 - 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 - 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
CALLES	
Asfaltadas	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

Fuente: Manual de drenaje INVIAS, 2009.

Tabla 10. Valores del coeficiente de escorrentia en áreas rurales

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.1	0.3	0.4
Ondulado	0.25	0.35	0.5
Montañoso	0.3	0.5	0.6
PASTOS			
Plano	0.1	0.3	0.4
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.6
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.3	0.5	0.6
Ondulado	0.4	0.6	0.7

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
Montañoso	0.52	0.72	0.82

NOTA: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.

Fuente: Manual de drenaje INVIAS, 2009.

5.1.2 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

El Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS establece unos periodos de retorno específicos para el diseño de estructuras, de acuerdo con esta sugerencia se realizará el diseño de las estructuras proyectadas para drenaje vial (Ministerio de Transporte, 2009).

Tabla 11. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) ¹
Cunetas	5
Zanjas de Coronación ²	10
Estructuras de Calda ²	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Manual de drenaje para Carreteras, INVIAS, 2009.

Para la obtención de la intensidad de diseño es necesario conocer la duración de la lluvia asociada, para ello, el método racional supone que la duración de la lluvia será igual al tiempo de concentración en la cuenca, este tiempo corresponde a la duración que tarda una gota de agua en recorrer el trayecto desde el punto más alejado de ella hasta el punto de consideración (punto de definición de la cuenca), se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 15 minutos basado en recomendaciones del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009), con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoyo y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

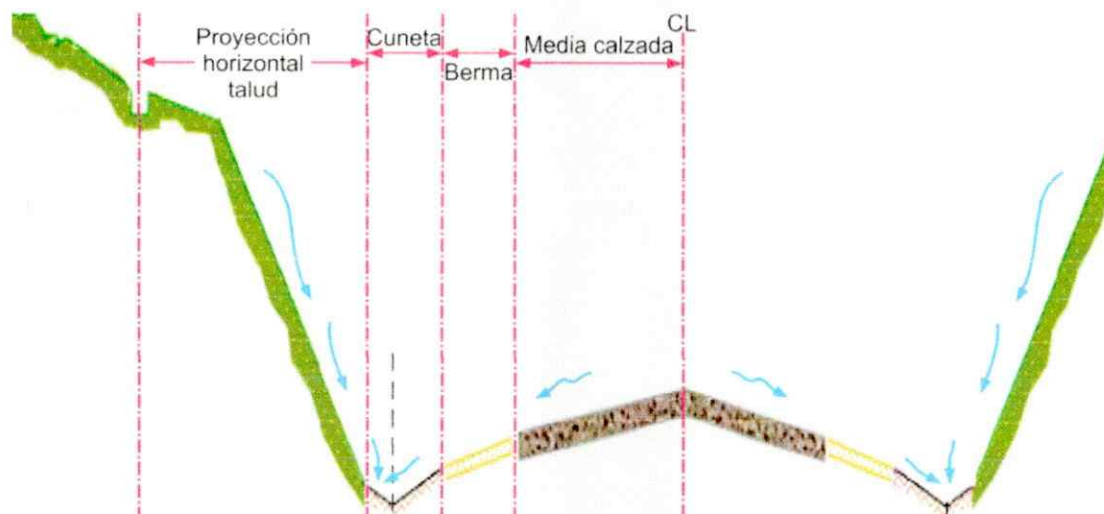
5.2 DISEÑO DE CUNETAS

Las cunetas son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición.

Las cunetas construidas en zonas en terraplén protegen también los bordes de la berma y los taludes del terraplén de la erosión causada por el agua lluvia, además de servir, en muchas ocasiones, para continuar las cunetas de corte hasta una corriente natural, en la cual entregar.

El área aferente a la cuneta debe incluir la calzada o media calzada de la vía, más la proyección horizontal del talud de corte hasta la zanja de coronación.

Figura 12. Área aferente a las cunetas



Fuente: Manual de Drenaje INVIAS, 2009.

5.2.1 TIPOS DE SECCIÓN Y SEGURIDAD VIAL

La sección transversal de la vía y dentro de ella la de la cuneta, juega un papel fundamental en la seguridad vial, por lo que, al proyectar las cunetas con una determinada sección, este aspecto debe ser considerado. Cunetas con una sección inadecuada pueden originar problemas de encunetamiento de los vehículos y, en los casos más graves, hasta vuelco, más aún si por limitaciones de espacio se proyectan berma-cunetas, las que necesariamente implican circulación o permanencia de vehículos cerca a la cuneta.

Secciones rectangulares o trapezoidales profundas o con taludes altos hacen infranqueables o dificultan en gran manera la salida de vehículos, por lo que, en caso de ser empleadas, deben estar acompañadas de barreras de seguridad, bordillos o guardarruedas o, como mínimo, de señales de advertencia con el adecuado manejo desde el punto de vista de seguridad de estos elementos que obstaculizan el tránsito vial (separación mínima desde el borde de la calzada de 60 centímetros).

Dentro de las cunetas triangulares, es necesario limitar las pendientes de la cuneta y la profundidad de la misma, existiendo para ello diferentes normas a nivel internacional. Dentro de las más exigentes (Referencia 4.18) se

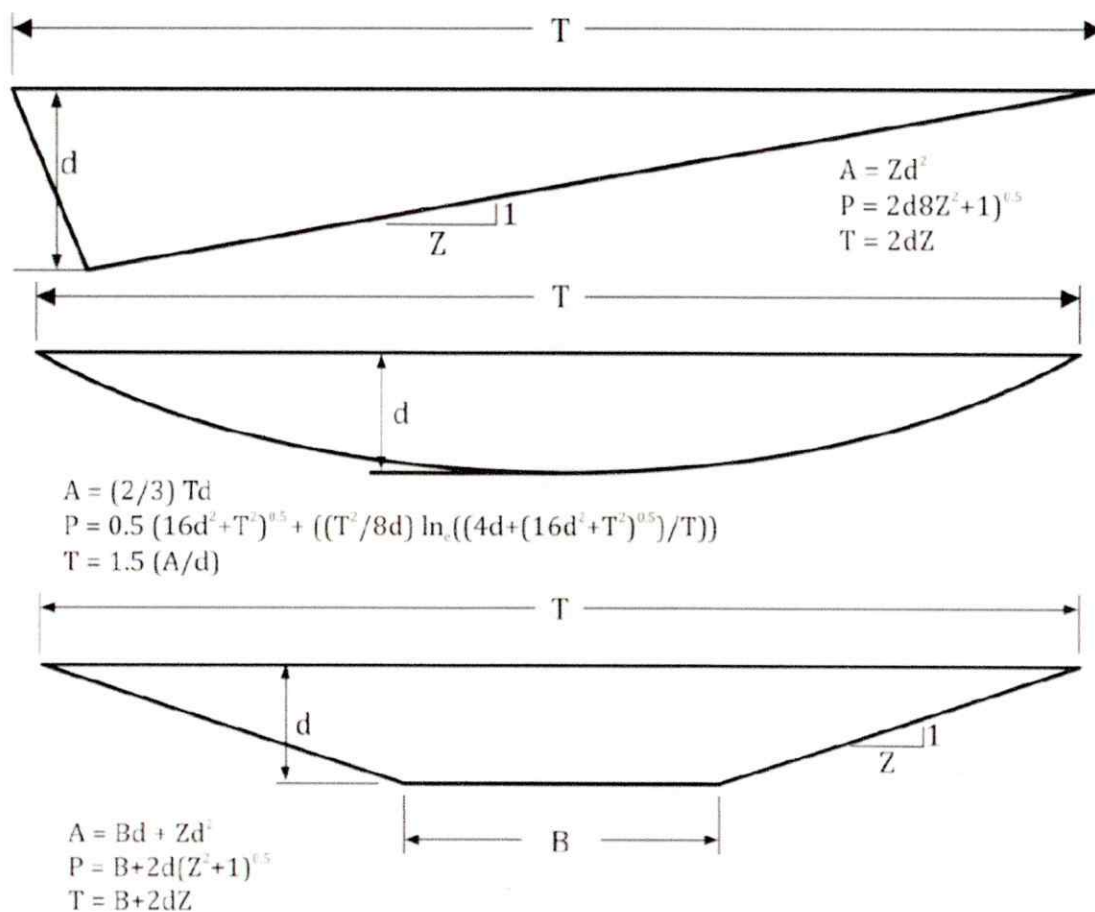
	MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias en el Municipio de Tame Departamento de Arauca	
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
	FECHA:	Abril 2026
		VERSION: 1

imponen pendientes máximas del lado de la calzada de 5H : 1V y del lado del talud 3H:2V. Otras normas limitan la pendiente del lado de la calzada a 4H : 1V (Referencia 4.15) y las profundidades a 20 cm o 1/5 del ancho total, mientras que las recomendaciones más usuales limitan la pendiente por el lado de la calzada a 25%.

En el medio colombiano es usual la cuneta triangular de 1.0 m de ancho total, distribuido 0.96 m al lado de la calzada y 0.04 m del lado del talud y 0.20 m de profundidad (constituyendo un vértice de 90°), con lo que se obtiene una pendiente lateral de 20.8%. Modificaciones a estas dimensiones, siempre y cuando la pendiente al lado de la calzada sea menor o igual al 25%, son también aceptables.

Cuando la sección de la cuneta triangular para el ancho máximo disponible en la sección de la vía es insuficiente, se debe emplear una cuneta trapezoidal, deseablemente con una pendiente o talud hacia la calzada menor del 25%, condición que de no cumplirse implica el empleo de barreras de seguridad o de bordillos debidamente espaciados para permitir la entrada del agua. Otra alternativa, cuando la cuneta triangular es insuficiente o cuando el terreno es rocoso, es el empleo de cunetas rectangulares, las cuales se deben proveer de los elementos de protección para impedir que los vehículos tiendan a caer dentro de ellas (barreras de seguridad y bordillos).

Figura 13. Secciones cunetas típicas y propiedades geométricas



Fuente: Manual de Drenaje INVIAS, 2009.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

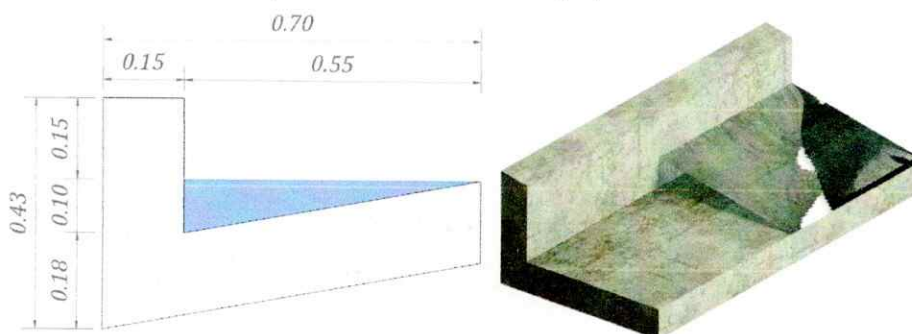
En el caso de berma-cunetas, se indica que la pendiente de la berma coincide con la del carril de circulación adyacente; es decir, la pendiente del bombeo, la cual es máximo del 4% en entre tangencias, 8% en peraltes de vías principales y secundarias y 6% en vías terciarias. Esta limitación en la profundidad de la cuneta trae como consecuencia una limitación en la capacidad hidráulica de la cuneta, siendo necesario el empleo de zanjas de coronación y de una menor distancia entre alcantarillas para desaguar las cunetas (Ministerio de Transporte, 2009).

6 DISEÑO DRENAJE

6.1 MODELACIÓN DE CUNETAS

Inicialmente para la determinación de las estructuras de drenaje se realiza una evaluación in situ, así como del diseño geométrico establecido, de esta manera determinar las secciones y áreas que aportarán al sistema de drenaje. Se realiza el cálculo de caudales con el uso del método racional, se elige una cuneta con base a los requerimientos propios de la vía, la cuneta cuenta con una sección triangular con un ancho total de 0.70m, repartidos 0.55m por el costado de la calzada y 0.15m de bordillo, talud 1V:5.58H, con una profundidad útil de 0.10m, revestida en concreto, con una rugosidad $n=0.014$, en caso de no ser superado el caudal a transportar, por el caudal de diseño de cuneta, esta se considerará adecuada. A continuación, se presenta gráficamente la estructura de cuneta proyectada.

Figura 14. Sección de cuneta proyectada



Fuente: Autor, 2026.

Se desarrolla la determinación de longitudes máximas entre drenajes según capacidad de las cunetas, con el uso de la siguiente ecuación base:

$$Q_e = C * I * (B * L)$$

Donde:

- C= Coeficiente de escorrentía
- I= Intensidad de la lluvia (mm/h)
- B= Ancho del área aferente o impluvium
- L= Longitud de la cuneta a despejar

El coeficiente de escorrentía se obtiene de las tablas 7 y 8 del presente documento que son tomadas del INVIAS (Ministerio de Transporte, 2009). Sabiendo que la rasante de la vía proyectada está proyectada por encima del

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

nivel de la rasante actual y que no se presentan áreas tributarias al drenaje vial correspondiente a anchos de impluvium, se determina un coeficiente de escorrentía de 0.90.

La ecuación base para Q_c corresponde a:

$$Q_c = Ah * \left(\frac{Rh^{\frac{2}{3}} * m^{\frac{1}{2}}}{n} \right)$$

Ah= Área hidráulica (m²)

Rh= Radio hidráulico (m)

m= Pendiente del terreno

n= Coeficiente de manning

De igualar $Q_e=Q_c$ y despejar L se obtiene:

$$L = \frac{Ah * Rh^{\frac{2}{3}} * m^{\frac{1}{2}}}{n * C * I * B}$$

A partir de lo anterior se generan las curvas I-P-L, para cunetas en cuyo tramo se drene a un agua, es decir a un bombeo y para tramos a dos aguas, o dos bombeos.

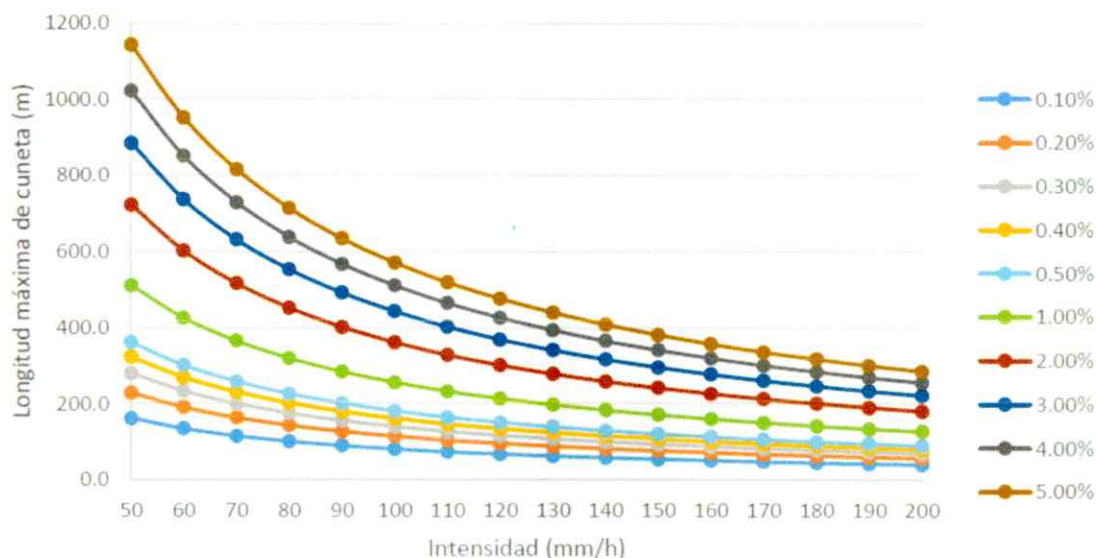
Tabla 12. Datos curva I-P-L cunetas a dos bombeos

INTENSIDAD (mm/h)	LONGITUDES MÁXIMAS DE CUNETAS EN METROS (CONTROL DE REBOSAMIENTO)													
	PENDIENTE LONGITUDINAL DE LA VÍA (%)													
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
50	161.5	228.4	279.7	323.0	361.1	510.7	625.5	722.3	807.5	884.6	955.5	1021.4	1083.4	1142.0
60	134.6	190.3	233.1	269.2	300.9	425.6	521.3	601.9	672.9	737.2	796.2	851.2	902.8	951.7
70	115.4	163.1	199.8	230.7	258.0	364.8	446.8	515.9	576.8	631.9	682.5	729.6	773.9	815.7
80	100.9	142.8	174.8	201.9	225.7	319.2	390.9	451.4	504.7	552.9	597.2	638.4	677.1	713.8
90	89.7	126.9	155.4	179.4	200.6	283.7	347.5	401.3	448.6	491.4	530.8	567.5	601.9	634.4
100	80.8	114.2	139.9	161.5	180.6	255.4	312.8	361.1	403.8	442.3	477.7	510.7	541.7	571.0
110	73.4	103.8	127.2	146.8	164.2	232.1	284.3	328.3	367.1	402.1	434.3	464.3	492.5	519.1
120	67.3	95.2	116.6	134.6	150.5	212.8	260.6	300.9	336.5	368.6	398.1	425.6	451.4	475.8
130	62.1	87.8	107.6	124.2	138.9	196.4	240.6	277.8	310.6	340.2	367.5	392.9	416.7	439.2
140	57.7	81.6	99.9	115.4	129.0	182.4	223.4	258.0	288.4	315.9	341.2	364.8	386.9	407.9
150	53.8	76.1	93.2	107.7	120.4	170.2	208.5	240.8	269.2	294.9	318.5	340.5	361.1	380.7
160	50.5	71.4	87.4	100.9	112.9	159.6	195.5	225.7	252.4	276.4	298.6	319.2	338.6	356.9
170	47.5	67.2	82.3	95.0	106.2	150.2	184.0	212.4	237.5	260.2	281.0	300.4	318.6	335.9
180	44.9	63.4	77.7	89.7	100.3	141.9	173.8	200.6	224.3	245.7	265.4	283.7	300.9	317.2
190	42.5	60.1	73.6	85.0	95.0	134.4	164.6	190.1	212.5	232.8	251.4	268.8	285.1	300.5
200	40.4	57.1	69.9	80.8	90.3	127.7	156.4	180.6	201.9	221.1	238.9	255.4	270.9	285.5
158.53	50.9	72.0	88.2	101.9	113.9	161.1	197.3	227.8	254.7	279.0	301.4	322.2	341.7	360.2

Fuente: Autor, 2026.

	MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias en el Municipio de Tame Departamento de Arauca		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 15. Curvas Intensidad Pendiente Longitud para sección de cunetas proyectadas



Fuente: Autor, 2026.

Teniendo en cuenta las curvas IPL realizadas, a continuación, se presenta el análisis de cada sub-tramo evaluado según el bombeo de vía y longitud máxima de drenaje determinada.

Sub-Tramo N°1

Este sub-tramo comprende el estudio del drenaje de la vía desde la abscisa K0+017.70 hasta la K0+144.30 en sentido del flujo para el costado derecho, este sub-tramo de vía posee bombeo a dos aguas por lo que corresponde una medida aportante de 3.70m de vía.

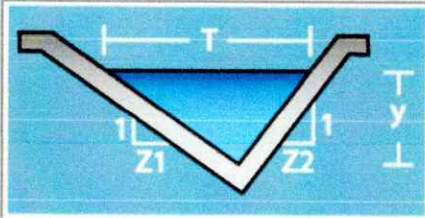
- Longitud de drenaje: 126.60 metros
- Ancho aportante de vía (inc. cuneta): 3.70 metros
- Intensidad de diseño 158.53 mm/h
- Pendiente longitudinal promedio: $((308.9669 - 306.0) / 126.60) = 0.0235 \text{ m/m}$
- Abscisa de descole K0+144.30 (SUMIDERO VENTANA PROYECTADO)
- Caudal captado: $0.01858 \text{ m}^3/\text{s}$

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 16. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°1

Lugar:	VÍA A GUALABAO	Proyecto:	PAVIMENTACIÓN
Tramo:	1	Revestimiento:	CONCRETO

Datos:	
Caudal (Q):	0.01858 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud 1 (Z1):	5.50
Taluz 2 (Z2):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.02344 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0779 m	Perímetro (p):	0.5133 m
Área hidráulica (A):	0.0167 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0325 m
Espejo de agua (T):	0.4284 m	Velocidad (v):	1.1137 m/s
Número de Froude (F):	1.8019	Energía específica (E):	0.1411 m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Autor, 2026.

De acuerdo con la modelación se presenta un tirante normal de 0.0779m, este es inferior al máximo permitido según el diseño de cuneta (0.10m), la velocidad no favorece procesos de sedimentación (< 0.60m/s) o de erosión (>6.0m/s para concretos de 175 kg/cm²), por lo tanto, el diseño se considera adecuado.

Sub-Tramo N°2

Este sub-tramo comprende el estudio del drenaje de la vía desde la abscisa K0+144.30 hasta la K0+181.16, este sub-tramo de vía posee bombeo a dos aguas por lo que corresponde una medida de 3.70m de vía.

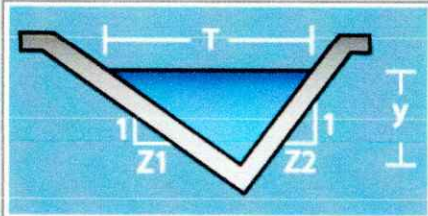
- Longitud de drenaje: 36.86 metros
- Ancho aportante de vía (inc. cuneta): 3.70 metros
- Intensidad de diseño 158.53 mm/h
- Pendiente longitudinal promedio: $((307.069 - 306.0) / 36.86) = 0.02900$ m/m
- Abscisa de descole K0+144.30 (SUMIDERO VENTANA PROYECTADO)
- Caudal captado: 0.00541m³/s

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 17. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°2

Lugar:	VÍA A GUALABAO	Proyecto:	PAVIMENTACIÓN
Tramo:	2	Revestimiento:	CONCRETO

Datos:			
Caudal (Q):	0.00541	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	0	m	
Talud 1 (Z1):	5.50		
Talud 2 (Z2):	0		
Rugosidad (n):	0.014		
Pendiente (S):	0.029	m/m	



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0471	m	
Área hidráulica (A):	0.0061	m ²	
Espejo de agua (T):	0.2592	m	
Número de Froude (F):	1.8432		
Tipo de flujo:	Supercrítico		
Perímetro (p):	0.3105	m	
Radio hidráulico (R):	0.0197	m	
Velocidad (v):	0.8861	m/s	
Energía específica (E):	0.0871	m-Kg/Kg	

Fuente: Autor, 2026.

De acuerdo con la modelación se presenta un tirante normal de 0.0471m, este es inferior al máximo permitido según el diseño de cuneta (0.10m), la velocidad no favorece procesos de sedimentación ($< 0.60\text{m/s}$) o de erosión ($> 6.0\text{m/s}$ para concretos de 175 kg/cm^2), por lo tanto, el diseño se considera adecuado.

Sub-Tramo N°3

Este sub-tramo comprende el estudio del drenaje de la vía desde la abscisa K0+017.70 hasta la K0+008.20 del tramo anexo a la vía principal en sentido del flujo para el costado izquierdo, este sub-tramo de vía posee bombeo a dos aguas por lo que corresponde una medida aportante de 3.70m de vía.

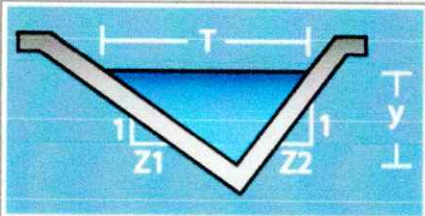
- Longitud de drenaje: 140.60 metros
- Ancho aportante de vía (inc. cuneta): 3.70 metros
- Intensidad de diseño 158.53 mm/h
- Pendiente longitudinal promedio: $((308.9669 - 305.977) / 140.60) = 0.021265\text{ m/m}$
- Abscisa de descole K0+008.20 (BOX CULVERT PROYECTADO)
- Caudal captado: $0.02063\text{ m}^3/\text{s}$

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 18. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°3

Lugar:	VÍA A GUALABAO	Proyecto:	PAVIMENTACIÓN
Tramo:	3	Revestimiento:	CONCRETO

Datos:	
Caudal (Q):	0.02063 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud 1 (Z1):	5.50
Talud 2 (Z2):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.02127 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0825 m	Perímetro (p):	0.5436 m
Área hidráulica (A):	0.0187 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0344 m
Espejo de agua (T):	0.4537 m	Velocidad (v):	1.1024 m/s
Número de Froude (F):	1.7330	Energía específica (E):	0.1444 m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Autor, 2026.

De acuerdo con la modelación se presenta un tirante normal de 0.0825m, este es inferior al máximo permitido según el diseño de cuneta (0.10m), la velocidad no favorece procesos de sedimentación ($< 0.60\text{m/s}$) o de erosión ($> 6.0\text{m/s}$ para concretos de 175 kg/cm^2), por lo tanto, el diseño se considera adecuado.

Sub-Tramo N°4

Este sub-tramo comprende el estudio del drenaje de la vía desde la abscisa K0+008.20 del tramo anexo a la vía principal hasta la K0+181.16 de la vía principal, este sub-tramo de vía posee bombeo a dos aguas por lo que corresponde una medida de 3.70m de vía.

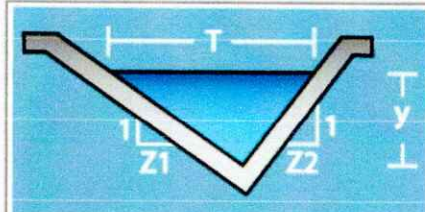
- Longitud de drenaje: 31.40 metros
- Ancho aportante de vía (inc. cuneta): 3.70 metros
- Intensidad de diseño 158.53 mm/h
- Pendiente longitudinal promedio: $((307.069 - 305.977) / 31.40) = 0.03477\text{ m/m}$
- Abscisa de descole K0+008.20 (BOX CULVERT PROYECTADO)
- Caudal captado: $0.0046\text{m}^3/\text{s}$

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 19. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°4

Lugar:	VÍA A GUALABAO	Proyecto:	PAVIMENTACIÓN
Tramo:	4	Revestimiento:	CONCRETO

Datos:	
Caudal (Q):	0.0046 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud 1 (Z1):	5.50
Talud 2 (Z2):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.03477 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0429 m	Perímetro (p):	0.2824 m
Area hidráulica (A):	0.0051 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0179 m
Espejo de agua (T):	0.2357 m	Velocidad (v):	0.9108 m/s
Número de Froude (F):	1.9866	Energía específica (E):	0.0851 m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: Autor, 2026.

De acuerdo con la modelación se presenta un tirante normal de 0.0429m, este es inferior al máximo permitido según el diseño de cuneta (0.10m), la velocidad no favorece procesos de sedimentación ($< 0.60\text{m/s}$) o de erosión ($> 6.0\text{m/s}$ para concretos de 175 kg/cm^2), por lo tanto, el diseño se considera adecuado, sin embargo, debido al bajo caudal a transportar en eventos de menores precipitaciones, se proyecta una reducción en la velocidad lo cual sugiere procesos de sedimentación, por lo que se recomienda un barrido y mantenimiento constante a las estructuras de drenaje.

Sub-Tramo N°5

Este sub-tramo comprende el estudio del drenaje de la vía desde la abscisa K0+238.40 hasta la K0+259.30 de la vía principal, este sub-tramo de vía posee bombeo a dos aguas por lo que corresponde una medida de 3.70m de vía.

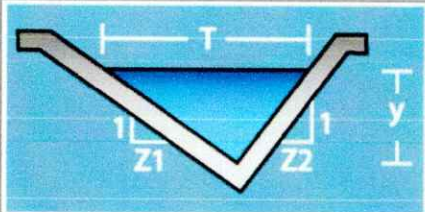
- Longitud de drenaje: 20.87 metros
- Ancho aportante de vía (inc. cuneta): 3.70 metros
- Intensidad de diseño 158.53 mm/h
- Pendiente longitudinal promedio: $((305.623-305.3000) / 20.87) = 0.01547\text{ m/m}$
- Abscisa de descole K0+248.40 (BOX CULVERT EXISTENTE)
- Caudal captado: $0.0031\text{m}^3/\text{s}$

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 20. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°5

Lugar:	VÍA A GUALABAO	Proyecto:	PAVIMENTACIÓN
Tramo:	5	Revestimiento:	CONCRETO

Datos:			
Caudal (Q):	0.0031	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	0	m	
Talud 1 (Z1):	5.50		
Talud 2 (Z2):	0		
Rugosidad (n):	0.014		
Pendiente (S):	0.01547	m/m	



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0430	m	
Área hidráulica (A):	0.0051	m ²	
Espejo de agua (T):	0.2366	m	
Número de Froude (F):	1.3260		
Tipo de flujo:	Supercrítico		
Perímetro (p):	0.2835	m	
Radio hidráulico (R):	0.0180	m	
Velocidad (v):	0.6091	m/s	
Energía específica (E):	0.0619	m·Kg/Kg	

Fuente: Autor, 2026.

De acuerdo con la modelación se presenta un tirante normal de 0.0430m, este es inferior al máximo permitido según el diseño de cuneta (0.10m), la velocidad no favorece procesos de sedimentación ($< 0.60\text{m/s}$) o de erosión ($> 6.0\text{m/s}$ para concretos de 175 kg/cm^2), por lo tanto, el diseño se considera adecuado.

Sub-Tramo N°6

Este sub-tramo comprende el estudio del drenaje de la vía desde la abscisa K0+238.40 hasta la K0+259.30 de la vía principal, este sub-tramo de vía posee bombeo a dos aguas por lo que corresponde una medida de 3.70m de vía.

- Longitud de drenaje: 20.87 metros
- Ancho aportante de vía (inc. cuneta): 3.70 metros
- Intensidad de diseño 156.53 mm/h
- Pendiente longitudinal promedio: $((305.623 - 305.3000) / 20.87) = 0.01547\text{ m/m}$
- Abscisa de descole K0+248.40 (BOX CULVERT EXISTENTE)
- Caudal captado: $0.0031\text{ m}^3/\text{s}$

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 21. Simulación de flujo cuneta sub-tramo N°6

Lugar:	VÍA A GUALABAO	Proyecto:	PAVIMENTACIÓN
Tramo:	6	Revestimiento:	CONCRETO

Datos:	
Caudal (Q):	0.0031 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud 1 (Z1):	5.50
Talud 2 (Z2):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.01547 m/m

Resultados:	
Tirante normal (y):	0.0430 m
Área hidráulica (A):	0.0051 m ²
Espejo de agua (T):	0.2366 m
Número de Froude (F):	1.3260
Tipo de flujo:	Supercrítico
Perímetro (p):	0.2835 m
Radio hidráulico (R):	0.0180 m
Velocidad (v):	0.6091 m/s
Energía específica (E):	0.0619 m-Kg/Kg

Fuente: Autor, 2026.

De acuerdo con la modelación se presenta un tirante normal de 0.0430m, este es inferior al máximo permitido según el diseño de cuneta (0.10m), la velocidad no favorece procesos de sedimentación (< 0.60m/s) o de erosión (>6.0m/s para concretos de 175 kg/cm²), por lo tanto, el diseño se considera adecuado.

A continuación, se presenta el resumen de los tramos de cuneta proyectados.

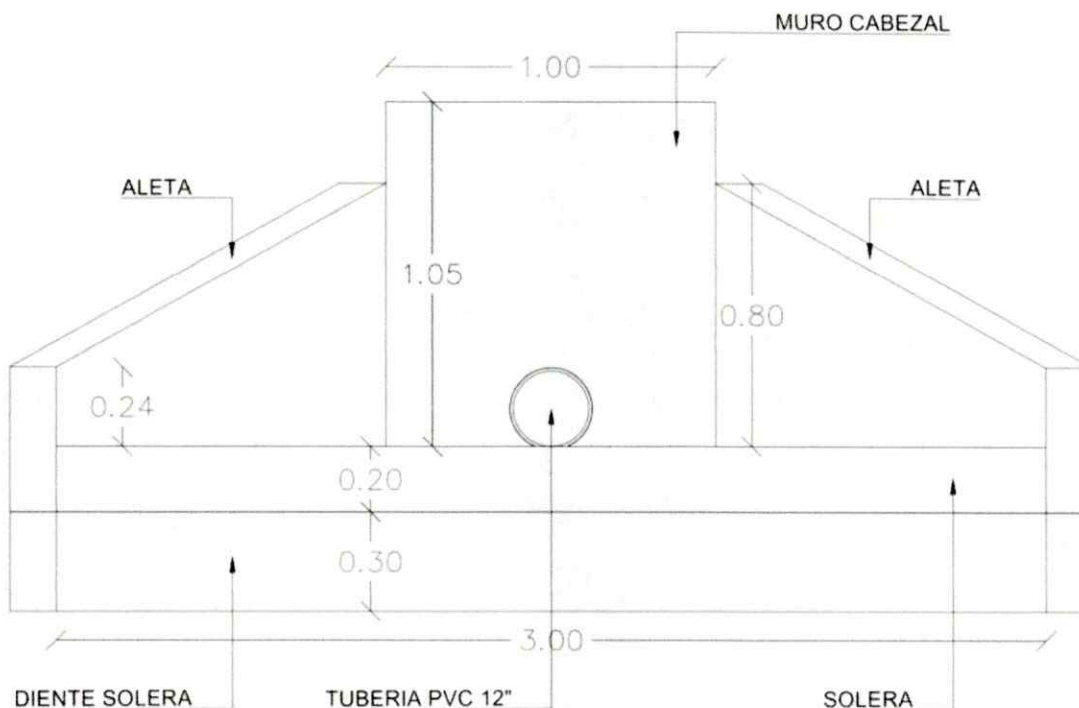
Tabla 13. Resumen condición de cunetas proyectadas

ID	ABS INICIO	ABS FIN	LONG	I	CT MAYOR	CT MENOR	S	LONGITUD MÁXIMA PERMITIDA (RELACIÓN IPL) (m)	¿CUMPLE?	CAUDAL DE DISEÑO	DESCOLA EN
			m	mm/h	msnm	msnm	m/m			m ³ /s	
SUB-TRAMO N°1	0+017.70	0+144.30	126.6	158.53	308.967	306.000	0.0234	246.60	SI	0.0186	SUM DERO PROYECTADO
SUB-TRAMO N°2	0+144.30	0+181.16	36.86	158.53	307.069	306.000	0.0290	274.30	SI	0.0054	SUM DERO PROYECTADO
SUB-TRAMO N°3	0+017.70	0+008.20	140.6	158.53	308.967	305.977	0.0213	234.90	SI	0.0206	BOX CULVERT PROYECTADO
SUB-TRAMO N°4	0+008.20	0+181.16	31.4	158.53	307.069	305.977	0.0348	300.40	SI	0.0046	BOX CULVERT PROYECTADO
SUB-TRAMO N°5	0+238.40	0+259.30	20.87	158.53	305.623	305.300	0.015	200.400	SI	0.0031	BOX CULVERT EXISTENTE
SUB-TRAMO N°6	0+238.40	0+259.30	20.87	158.53	305.623	305.300	0.015	200.400	SI	0.0031	BOX CULVERT EXISTENTE

Fuente: Autor, 2026.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 23. Cabezal de descarga proyectado



Fuente: Autor, 2026.

6.2 BOX CULVERT

Las alcantarillas de cajón o box culvert son estructuras de drenaje con un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro, su ubicación debe obedecer a las necesidades puntuales del terreno, para el lugar de intervención su ubicación obedece al drenaje de un canal lateral a la vía establecido por la escorrentía local. Su consiste en determinar la sección que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada (H_w) atendiendo también a criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento, así como la normativa nacional.

La determinación del área de una cuenca puede variar en complejidad dependiendo de la escala y la disponibilidad de datos. A continuación, se enuncian dos métodos comunes para calcular el área de una cuenca hidrográfica:

1. **Método topográfico:** Este método utiliza información topográfica, como mapas en relieve o modelos digitales de elevación (MDE), para delimitar los límites de la cuenca. Se traza una línea alrededor de los puntos más altos (llamada divisoria de aguas) que separa las aguas que fluyen hacia la cuenca de interés de las que fluyen hacia cuencas vecinas. Luego, se calcula el área encerrada dentro de esta línea utilizando técnicas de análisis espacial.
2. **Método digital:** En este método, se utilizan datos geoespaciales y herramientas de análisis geográfico en un sistema de información geográfica (SIG). Se pueden emplear modelos de flujo de agua y

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

algoritmos de enrutamiento para determinar los límites de la cuenca y calcular su área. Esto se basa en la identificación de las celdas o píxeles dentro del MDE que contribuyen al flujo de agua hacia el punto de salida común.

Para determinar el caudal de diseño se realiza un análisis a la cuenca aportante del mismo, teniendo en cuenta que los modelos topográficos fueron determinados mediante el uso de Sistemas de Información Geográficos digitales, se determinó el área en base a una conjunción de los dos métodos, estableciendo un área drenante de:

$$\text{ÁREA} = 0,09421 \text{ Km}^2$$

Figura 24. Identificación cuenca aportante box culvert



Fuente: Autor, 2026.

6.2.1 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL

La longitud del cauce principal de una cuenca hidrográfica se refiere a la distancia total que recorre el río principal dentro de dicha cuenca. Esta medida es importante para comprender la longitud del flujo de agua y puede tener implicaciones en el comportamiento hidrológico de la cuenca.

Es importante destacar que, en algunas cuencas, el cauce principal puede tener múltiples ramificaciones o cambios de dirección, lo que puede dificultar la medición precisa de la longitud. Además, la longitud del cauce principal puede cambiar con el tiempo debido a la erosión, sedimentación o modificaciones antropogénicas.

Para el caso en estudio se realizó la determinación del cauce principal de acuerdo al método manual con la topografía y caracterización de cuenca realizada, resultando en una longitud del cauce de **0,754 Km**.

	MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias en el Municipio de Tame Departamento de Arauca		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

6.2.2 LONGITUD AXIAL

La longitud axial de una cuenca corresponde a la longitud en línea recta que conecta los puntos extremos de la cuenca en forma aproximadamente paralela al curso principal (Morisawa, 1985). La longitud axial de la cuenca estudiada corresponde a **0,676 Km.**

6.2.3 FACTOR DE FORMA

El factor de forma de una cuenca hidrográfica es una medida que describe la relación entre el perímetro de la cuenca y el área encerrada por dicho perímetro. El factor de forma es una medida de la forma general de la cuenca y puede proporcionar información sobre su respuesta hidrológica y su comportamiento. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Un valor de K_f superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

Este factor es uno de los más utilizados para medir la forma de la cuenca, fue desarrollado por Horton y es expresado mediante la siguiente ecuación (Consortio Río Garagoa, 2017):

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

- A= Área de la cuenca (Km²)
- L= Longitud axial de la corriente (Km)

$$K_f = \frac{0,09421}{0,676^2} = 0,206$$

Los valores interpretativos del factor de forma de Horton se muestran en la siguiente tabla:

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Rodeando el desague

Fuente: Robert Ermer Horton.

Teniendo en cuenta la caracterización de Horton, la cuenca posee un factor de forma muy alargada.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

6.2.3.1 Coeficiente de compacidad (K_c)

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua (Gaspari, 2002).

$$k_c = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R}$$

Donde, P es el perímetro de la cuenca (longitud de la línea parteaguas), P_c es el perímetro de la circunferencia y R es el radio de la circunferencia. Se han establecido tres categorías para la clasificación de acuerdo con este parámetro:

Tabla 15. Características de la cuenca de acuerdo con el valor de k_c

VALORES DE k_c	FORMA
1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: (Gaspari, 2002).

De esta manera se calcula el coeficiente de compacidad de la cuenca de estudio:

Perímetro: 1,760Km

$$k_c = \frac{1,760 \text{ Km}}{2 * \sqrt{\pi * 0.09421 \text{ Km}^2}} = 1.61$$

Un coeficiente de 1.61 sugiere que la cuenca tiene una forma intermedia, no muy compacta pero tampoco extremadamente alargada o dispersa. Esto puede implicar un comportamiento hidrológico moderado en términos de escurrimiento y tiempo de concentración del agua.

6.2.3.2 Sinuosidad y patrón de alineamiento

La sinuosidad de un río o corriente superficial hídrica es el índice que representa cuanto el trazado del río se aparta de una línea recta. Se mide por la relación entre la distancia que separa dos puntos a lo largo de la parte más profunda del cauce, o thalweg y la distancia en línea recta entre ellos. Un cauce en línea recta tiene una sinuosidad de 1.0, mientras que se describen los ríos como meándricos cuando la sinuosidad es mayor de 1.5. La sinuosidad "P" puede definirse mediante el uso de la siguiente expresión:

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

$$P = \frac{\text{Longitud thalweg}}{\text{Longitud valle}}$$

$$P = \frac{0.754}{0.676} = 1.11$$

La sinuosidad de la fuente estudiada es de 1.11, describiéndose como canal rectilíneo. Con respecto a la sinuosidad se tiene la clasificación planteada por (Schumm, 1952) mediante la cual, es clasificado el alineamiento de acuerdo con esta, presentando la siguiente clasificación.

Tabla 16. Clasificación de cauces – patrón de alineamiento

Tipo de Canal	Sinuosidad	Caracterización
Canal rectilíneo	1-1.2	Se caracterizan por desarrollarse en áreas de fuertes pendientes. Muy baja sinuosidad.
Canal transicional	1.2-1.5	Baja sinuosidad.
Canal regular	1.5-1.7	Cambios direccionales importantes. Sinuosidad media.
Canal irregular	1.7-2.1	Cambios direccionales importantes con bahías.
Canal tortuoso	>2.1	Tendiente atrenzamiento del canal.

Fuente: (Schumm, 1952).

De acuerdo con la clasificación establecida por (Schumm, 1952), el tipo de canal se clasifica como rectilíneo, es decir una corriente de agua casi recta o con muy pocas curvas. Esto podría sugerir un canal bien alineado, probablemente en un terreno de baja erosión lateral, o una etapa temprana en el desarrollo geomorfológico del curso de agua.

6.2.3.3 Tiempo de concentración

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, se considera apropiado incluir al menos cinco estimaciones diferentes (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el tiempo de concentración T_c de las cuencas hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo. A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas:

6.2.3.3.1 Scs-Ranser

$$T_c = 0.97K^{0.385}$$

Siendo

$$K = \frac{L_c^3}{H}$$

Donde:

- T_c : Tiempo de concentración (horas)

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

- H: es la diferencia entre la cota mayor y la cota menor de la cuenca (pies)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)

6.2.3.3.2 California Culvert Practice (1942)

$$T_c = \left(0.87 \frac{L_c^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- H: es la diferencia entre la cota mayor y la cota menor de la cuenca (metros)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)

6.2.3.3.3 Kirpich (1942)

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{S_o}} \right)^{0.77}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- L: es la longitud del cauce principal hasta la divisoria (kilómetros)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)

6.2.3.3.4 Témez (1978)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L_c}{S_o^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- L: es la longitud del cauce principal (km)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (en porcentaje)

6.2.3.3.5 Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_c}{25.3\sqrt{L_c S_o}}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

- A: es el área de la cuenca (km²)

6.2.3.3.6 V.T Chow

$$T_c = 0.8773 \left(\frac{L_c^{1.5}}{\sqrt{CM_c - Cm_c}} \right)^{0.64}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)
- CMc: es la cota mayor del cauce principal (m.s.n.m)
- CmC: es la cota menor del cauce principal (m.s.n.m)

6.2.3.3.7 Clark

$$T_c = 0.335 \left(\frac{A}{S_o^{0.5}} \right)^{0.593}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (en porcentaje)
- A: es el área de la cuenca (km²)

6.2.3.3.8 Ventura-Heron (1949)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L_c}{S_o^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- Lc: es la longitud del cauce principal (kilómetros)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (en porcentaje)

6.2.3.3.9 Passini

$$T_c = 0.108 \frac{(AL_c)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{S_o}}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)
- Lc: es la longitud del cauce principal (km)
- So: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

- A: es el área de la cuenca (km²)

Tabla 17. Cálculo de tiempo de concentración por diferentes métodos

Método	Tiempo de concentración
	Tc (Horas)
Scs-Ranser	0.160
California Culvert Practice (1942)	0.248
Kirpich (1942)	0.246
Témez (1978)	0.215
Giandotti	0.788
V.T Chow	0.288
Clark	0.069
Ventura-Heron (1949)	0.216
Passini	0.328

Fuente: Autor, 2026.

De acuerdo con los valores determinados se opta por un valor intermedio de tiempo de concentración ya que tanto el factor de forma como el índice de compacidad indicaron una concentración intermedia-alta en el punto final de estudio, por lo que se usa el método de Scs-Ranser, arrojando un valor de 0.160 Horas o 9.6 minutos.

6.2.4 CÁLCULO DE CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño de la estructura se determinará con el uso del método racional, usando los datos ya generados en el desarrollo del estudio.

- Intensidad de diseño= 208.42 mm/hora (Recomendación INVIAS 25 años, 10 minutos TC)
- Coeficiente de escorrentía= 0.3 correspondiente a una vegetación boscosa con topografía plana y un tipo de suelo franco limo arcilloso.
- Área de cuenca= 0.09421 Km²

$$Q_p = 0.278 C i A$$

$$Q_p = 0.278 * 0.3 * 208.42 * 0.09421$$

$$Q_p = 1.637 \text{ m}^3/\text{s}$$

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

6.2.5 MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA

El flujo en una alcantarilla es usualmente no uniforme, presentando zonas con flujo gradualmente variado y zonas con flujo rápidamente variado, por lo que su análisis teórico es complejo y se ha desarrollado con ayuda de experimentación en laboratorio. De acuerdo al punto donde se encuentre la sección de control en la alcantarilla, el flujo puede ser con control a la entrada o con control a la salida y dependiendo de la sumergencia o no de los extremos del conducto y la condición de flujo (a tubo lleno o parcialmente lleno), se presentan diferentes tipos de flujo, los cuales han sido clasificados por diferentes autores como Bodhaine. El documento o procedimiento para dimensionamiento y modelación hidráulica de alcantarillas con más amplia difusión y aceptación a nivel internacional la incorpora el programa HY8.

Teniendo presente lo anterior, la modelación se desarrollará con el uso del software HY-8 con base a las condiciones topográficas existentes en la zona de intervención.

El diseño de este tipo de estructuras se realizará analizando su funcionamiento bajo control a la entrada y bajo control a la salida, tomando el mayor valor resultante para la carga en la entrada Hw. Este valor de Hw deberá ser igual o inferior a 1.20 veces la altura o diámetro de la alcantarilla, valor máximo hasta el cual el conducto funciona a flujo libre.

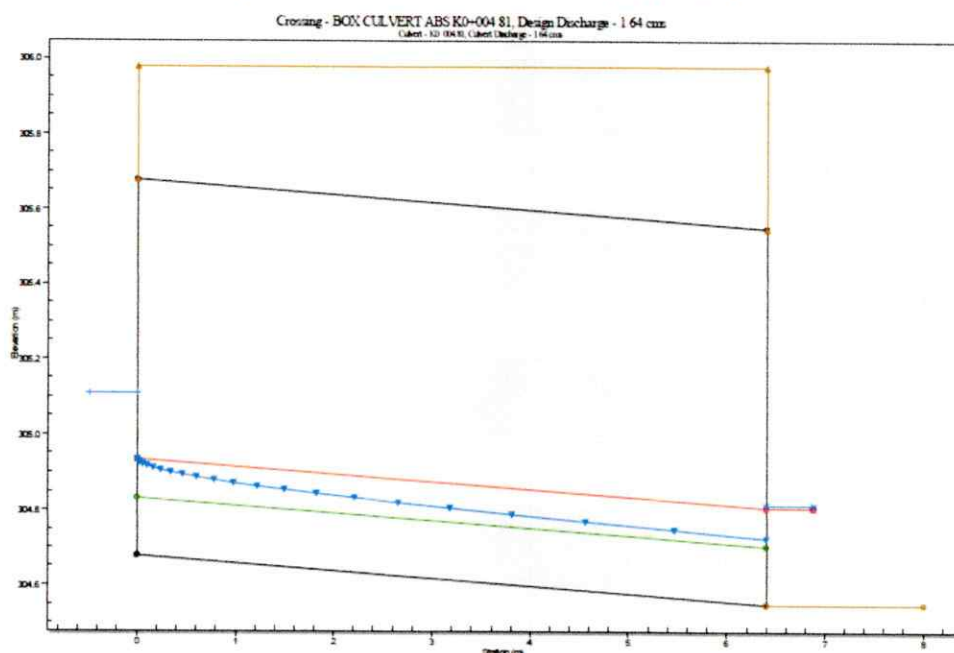
Por principio, las alcantarillas deben ser diseñadas con un nivel de agua a la entrada inferior a 1.20 veces la altura de la alcantarilla, pues se debe evitar el contacto de la estructura de pavimento con el agua, así como la afectación de las propiedades aguas arriba, además de proveerse un margen para el paso de material flotante y basuras. Así, en general y salvo las condiciones anotadas para alcantarillas a presión, no es permitido el funcionamiento de las alcantarillas como orificio, evitando totalmente los desbordamientos sobre la vía (Ministerio de Transporte, 2009).

Los datos de entrada corresponden a:

- Caudal de diseño: 1.637m³/s
- Cota rasante o terreno: 305.977 msnm
- Cota batea ingreso: 304.677 msnm
- Cota batea salida: 304.537 msnm
- Pendiente longitudinal de la estructura: 2.0%
- Longitud: 7.0m

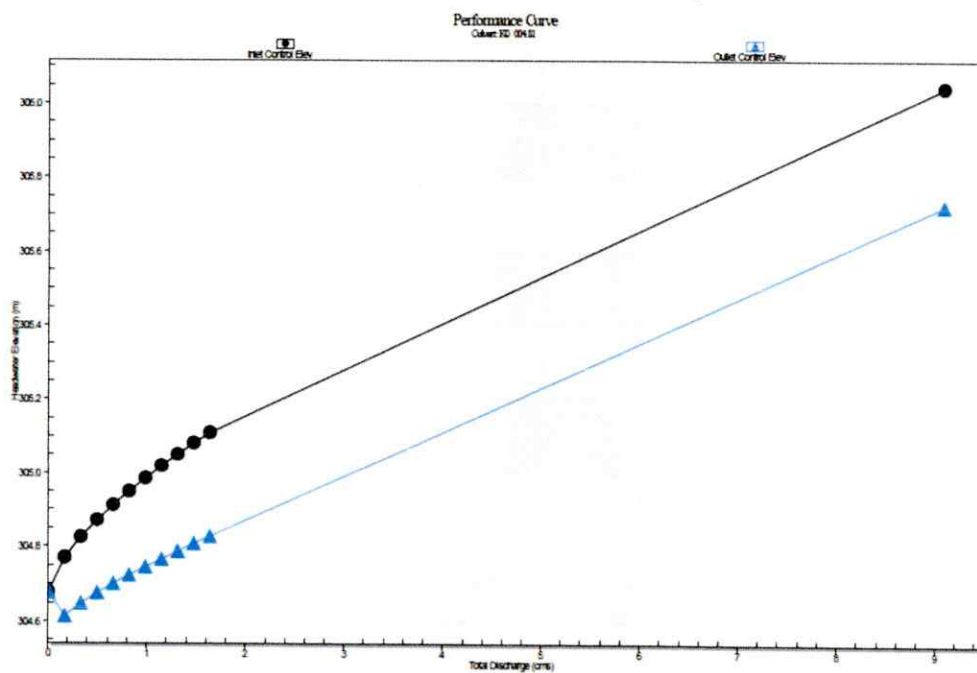
	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Figura 25. Perfil de flujo box culvert abscisa K0+004.81



Fuente: Autor, 2026.

Figura 26. Perfil de flujo en box culvert proyectado

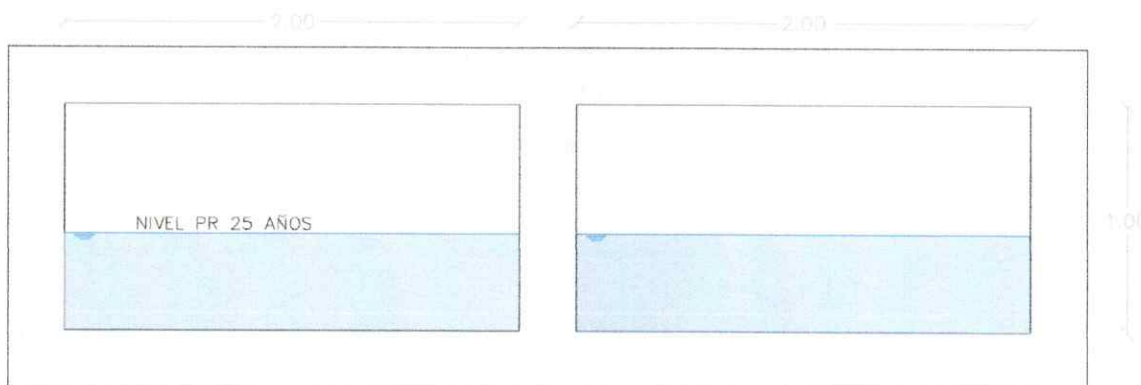


Fuente: Autor, 2026.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

De acuerdo con la modelación realizada con el software HY-8, se concluye que la estructura conformada por una sección doble de 2.0m de ancho por 1.0m de alto libres, según requerimientos constructivos para la proyección de vía, cumple adecuadamente con la carga de entrada ya que el tirante máximo no supera los 0.43m, encontrándose en los máximos establecidos por el INVIAS. De acuerdo con el modelo se establece un máximo de caudal de 8.06m³/s, con este caudal podrían generarse eventos de reboce y por ende daños en la estructura de pavimento.

Figura 27. Sección box culvert proyectado



Fuente: Autor, 2026.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El estudio de precipitaciones se desarrolla con base en la estación del IDEAM TAME de código 36025010, ubicada en las coordenadas Norte (m) 2271987.797 Este (m) 5138171.852 a una altitud de 350 msnm, la cual cuenta con datos adecuados para el desarrollo de las curvas IDF además de contar con datos de temperatura que son usados como complemento al documento.
- El municipio de Tame Arauca posee un régimen de lluvias monomodal, con una temporada de lluvias que comprende los meses de abril a noviembre. En promedio el mes más seco es enero, mientras que el mes en el que se presentan más generosas precipitaciones es abril, por lo que se recomienda el desarrollo de actividades en el periodo comprendido entre diciembre y marzo, donde se pueden presentar mayores rendimientos y condiciones climáticas favorables para el desarrollo de obra civil.
- El desarrollo del estudio comprendió el drenaje de las aguas superficiales de la vía ya que por cotas el área circundante del proyecto vial no es tributaria al sistema de drenaje.
- Se tuvo en cuenta la seguridad vial para la elección de la cuneta, así como las restricciones de sección dadas por los requerimientos propios de la vía, manejando una sección triangular con un ancho total de 0.70m, repartidos 0.55m por el costado de la calzada y 0.15m de bordillo, talud 1V:5.58H, con una profundidad útil de 0.10m, revestida en concreto.
- En la totalidad de sub-tramos de cuneta proyectados se cumplió con el tirante máximo establecido según dimensiones de la cuneta, así mismo las velocidades permanecieron entre 0.60 y 6.0 m/s por lo que no se prevén fenómenos de erosión o sedimentación en la cuneta, sin embargo, en bajos caudales podrían presentarse fenómenos de sedimentación, por lo que se recomienda realizar constantes mantenimientos y barridos evitando la obstrucción por material vegetal o basuras que

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

puedan generar una pérdida en la sección hidráulica de la estructura de drenaje y por ende fallos en el proceso de desagüe de la vía.

Para el adecuado drenaje de la corriente superficial de agua lateral a la vía de intervención y que atraviesa el ingreso existente en la abscisa K0+150 (tramo 2 abscisa K0+004.81), se proyecta la construcción de un box culvert doble con sección interna libre de 2.0 metros de ancho por 1.0 metro de alto, con una longitud de 7.00 metros y pendiente longitudinal de 2.0%, con estas condiciones se prevé una carga de 0.43m teniendo en cuenta un periodo de retorno de 25 años.

El sumidero de ventana proyectado que captará el agua proveniente de los sub-tramos de cunetas N°1 y N°2 contemplará una dimensión interna de 1.0 metro en sus dos caras, con una altura de 0.60 metros la conexión para descarga en el caño Gualabao se desarrollará en tubería PVC diámetro 12 pulgadas con una longitud de 34.28 metros.


JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN

Ingeniero Ambiental – Ingeniero Sanitario
M.P. 15238-437150 BYC
M.P. 15237-437151 BYC

8 ANEXOS

Anexo H-1. Datos brutos estación TAME 36025010

Anexo H-2. Datos brutos de temperatura estación TAME 36025010

Anexo H-3. Reporte de modelación Box Culvert

9 REFERENCIAS

Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGraw-Hill.

Consorcio Río Garagoa. (13 de Diciembre de 2017). Actualización POMCA rio Garagoa. Garagoa, Boyacá, Colombia: Corpochivor.

Gaspari, F. (2002). *Plan de ordenamiento territorial en cuencas*. Huelva: Ediciones Cooperativas, Buenos Aires.

Ministerio de Transporte. (30 de Marzo de 2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Bogotá D.C., Colombia.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Ministerio de Vivienda. (2016). *Titulo D Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias*. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (08 de Junio de 2017). Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Bogotá D.C., Colombia.

Morisawa, M. (1985). *Rivers: forms and process*. Londres: Longman.

Schumm. (1952). A tentative classification of alluvial river channels. *Geol. Survey Circular*, 477.

Sowers, G. B., & F., S. G. (1972). *Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones*. México D.F.; Limusa Wiley.

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1

Tame, 29 de abril de 2026

Señores:
MUNICIPIO DE TAME

Asunto: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN, ingeniero ambiental con matrícula profesional No. 15238-437150 BYC e ingeniero sanitario con matrícula profesional No. 15237-437151 BYC, certifico que he realizado el diseño hidrológico e hidráulico del proyecto: “**MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA**” a construirse 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 los requisitos técnicos vigentes, establecidos en las Normas Técnicas Colombianas cuyos resultados se encuentran consignados en el estudio, que anexo debidamente firmado. Asimismo, 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 y certificado de vigencia y antecedentes profesionales.


JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
 Ingeniero Ambiental – Ingeniero Sanitario
 M.P. 15238-437150 BYC
 M.P. 15237-437151 BYC

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA	
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
	FECHA:	Abril 2026 VERSION: 1

Tame, 29 de abril de 2026

Señores:
MUNICIPIO DE TAME

Asunto: CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN, ingeniero ambiental con matrícula profesional No. 15238-437150 BYC e ingeniero sanitario con matrícula profesional No. 15237-437151 BYC, certifico que he realizado el diseño hidrológico e hidráulico del proyecto: **"MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA"** a construirse 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.

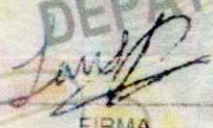
Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta Profesional y certificado de vigencia y antecedentes profesionales.

Se expide a solicitud del interesado, a los veintinueve (29) días del mes de abril del 2026.


JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
 Ingeniero Ambiental – Ingeniero Sanitario
 M.P. 15238-437150 BYC
 M.P. 15237-437151 BYC

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA	
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
	FECHA:	Abril 2026 VERSION: 1

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

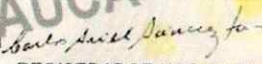
NUMERO **1.057.597.804**
SIERRA LEON
 APELLIDOS
JEISON ARNULFO
 NOMBRES

 FIRMA

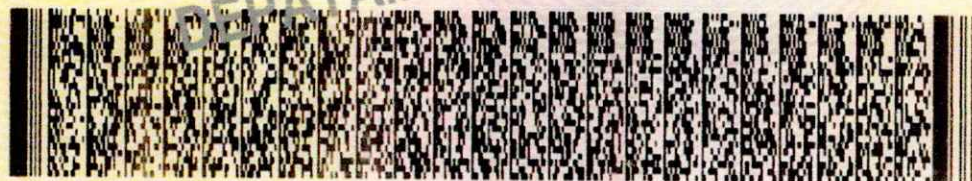


MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS
 EN EL MUNICIPIO DE TAME
 DEPARTAMENTO DE ARAUCA



FECHA DE NACIMIENTO **30-MAR-1995**
CHIQUEQUIRA
 (BOYACA)
 LUGAR DE NACIMIENTO
1.75
 ESTATURA **O+**
 G.S. P. **M**
 SEXO
10-MAY-2013 SOGAMOSO
 FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
 INDICE DERECHO


 REGISTRADOR NACIONAL
 CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES



P-0727700-00458447-M-1057597804-20130820 0034476499A 1 40276756

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	
	FECHA:	Abril 2026	VERSION: 1



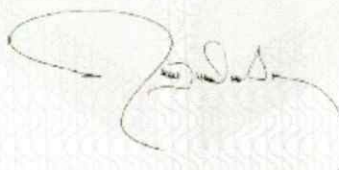
Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4434678

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JEISSON ARNULFO SIERRA LEON, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 1057597804, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA SANITARIA con MATRICULA PROFESIONAL 15237-437151 desde el 21 de Octubre de 2019, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1716.
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 veintinueve (29) días del mes de Abril del año dos mil veintiseis (2026).



Rubén Dario Ochoa Arbeláez


Firma del titular (*)

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

	MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE TAME DEPARTAMENTO DE ARAUCA	
	ESTUDIO:	DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
	FECHA:	Abril 2026
		VERSION: 1



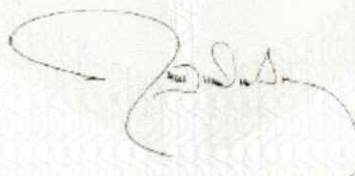
Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4434680

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

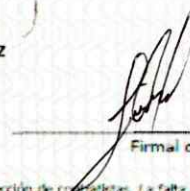
EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JEISSON ARNULFO SIERRA LEON, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 1057597804, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA AMBIENTAL con MATRICULA PROFESIONAL 15238-437150 desde el 21 de Octubre de 2019, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1716.
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 veintinueve (29) días del mes de Abril del año dos mil veintiseis (2026).

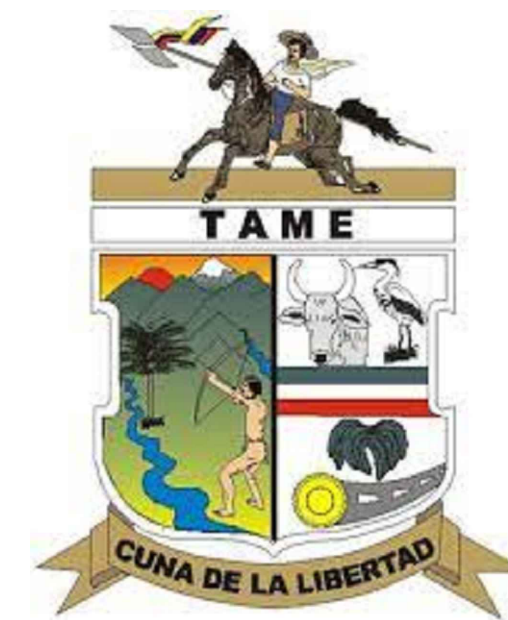


Rubén Darío Ochoa Arbeláez



Firma del titular (*)

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



MUNICIPIO DE TAME
DEPARTAMENTO DE ARAUCA

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE VIAS
TERCARIAS EN EL
MUNICIPIO DE TAME
DEPARTAMENTO DE
ARAUCA

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
PLANO PLANTA

DISEÑO:

JEISSON ARNULFO SIERRA
LEÓN

Ingeniero Ambiental
Ingeniero Sanitario
M.P. 15238-437150 BYC
M.P. 15237-437151 BYC

REVISÓ:

JENNY MILENA UEGUI SICULABA

Secretaría de Infraestructura y
Desarrollo Urbano

Vo. Bo:

JENNY MILENA UEGUI SICULABA

Secretaría de Infraestructura y
Desarrollo Urbano

OBSERVACIONES:

DIBUJÓ:

JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN

Ingeniero Ambiental
Ingeniero Sanitario
M.P. 15238-437150 BYC
M.P. 15237-437151 BYC

UBICACIÓN:

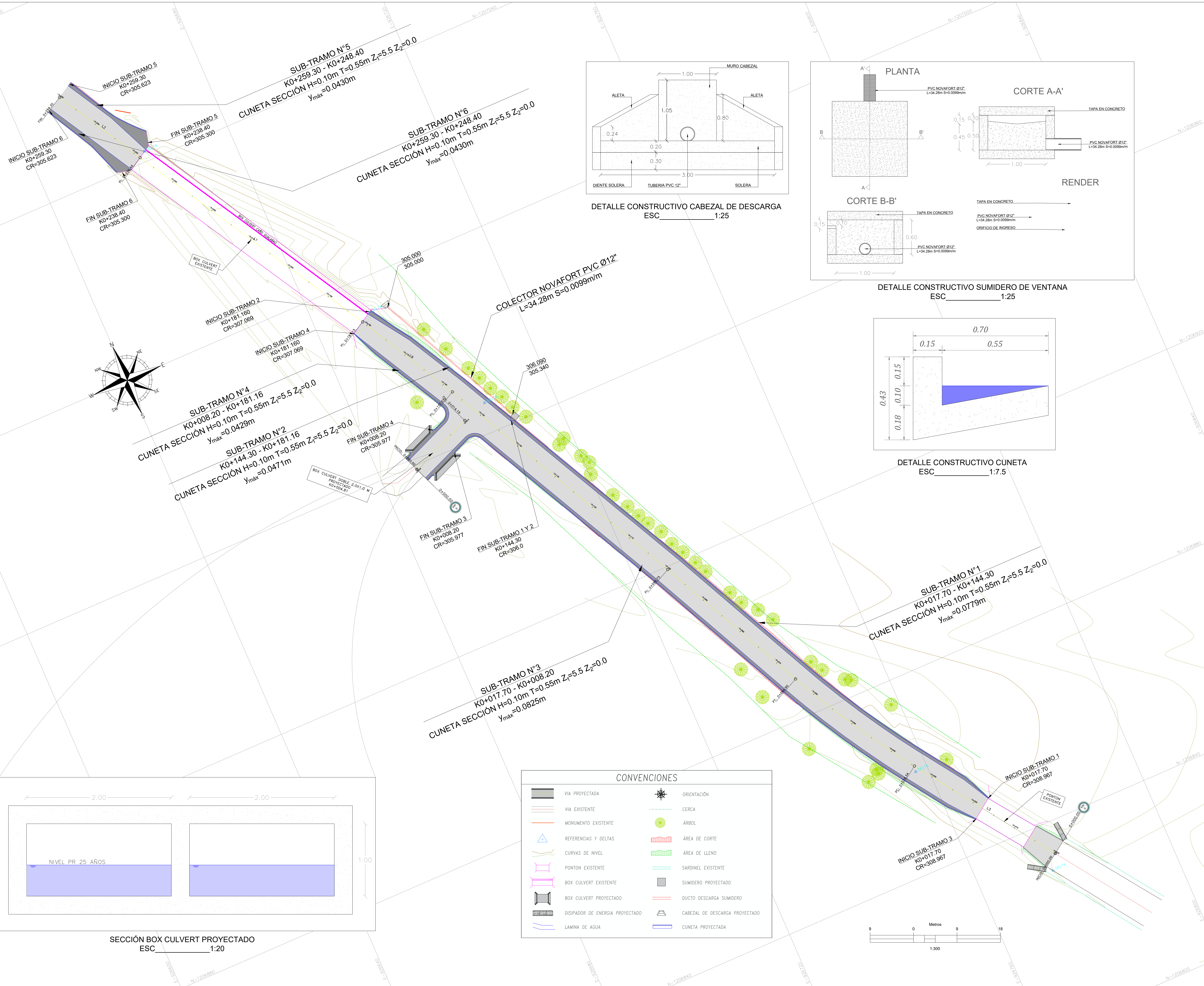
VIA SOBRE CAÑO GUALABAO DEL
MUNICIPIO DE TAME,
DEPARTAMENTO DE ARAUCA

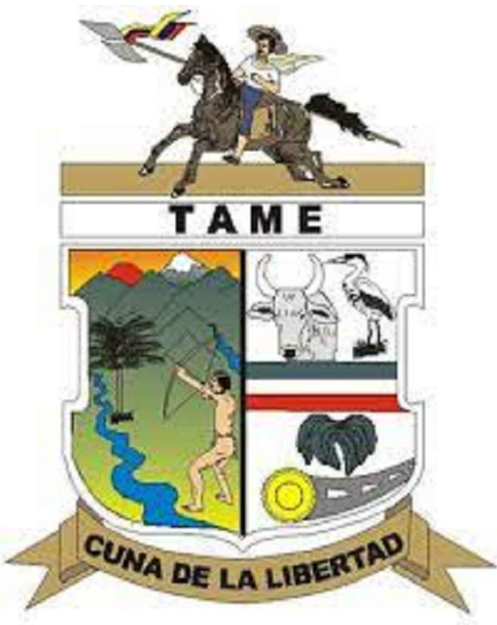
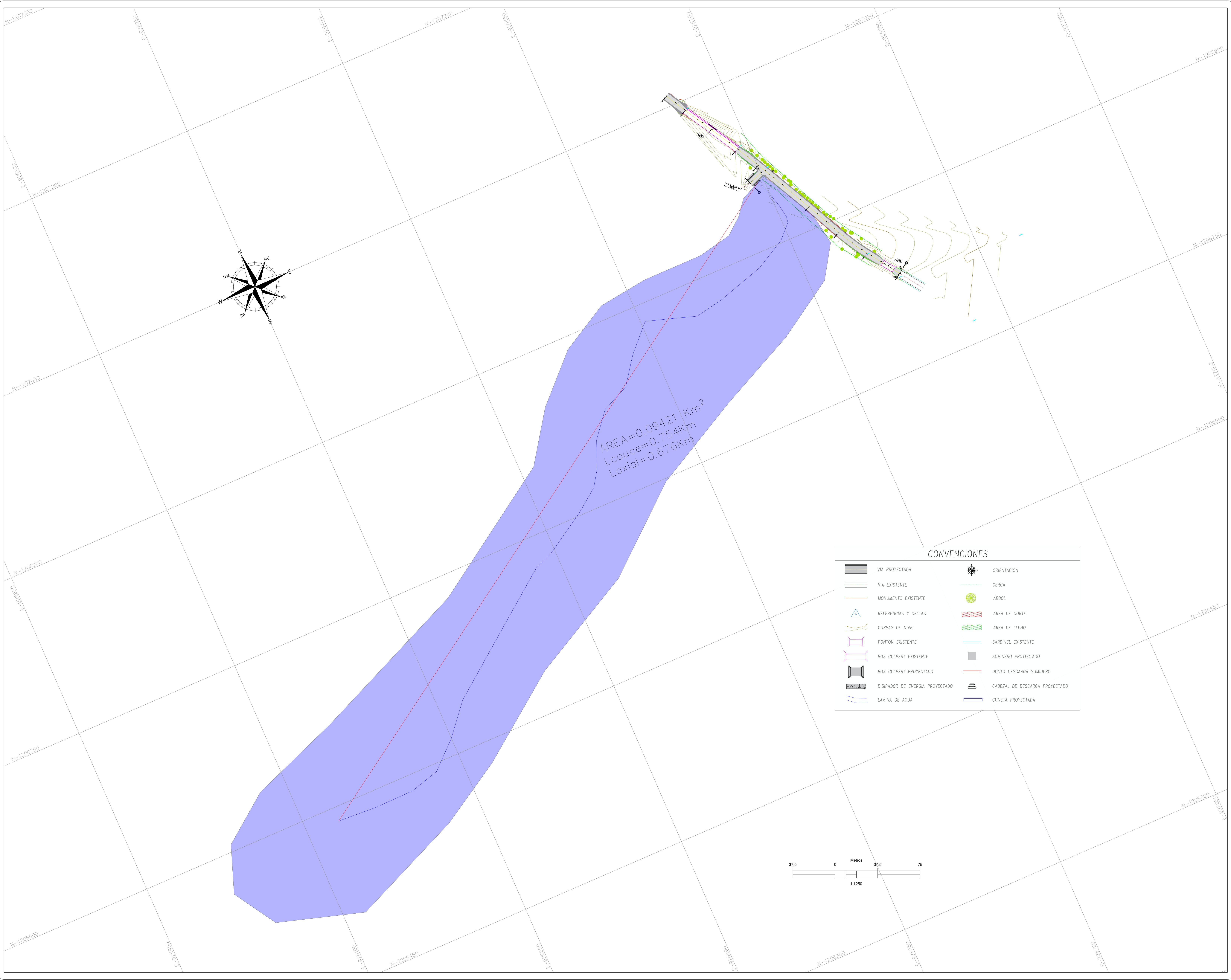
FECHA:
ENERO 2026

ESCALA:
INDICADAS

PLANO N°:

1 / 2





MUNICIPIO DE TAME
DEPARTAMENTO DE ARAUCA

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE VIAS
TERCIARIAS EN EL
MUNICIPIO DE TAME
DEPATAMENTO DE
ARAUCA

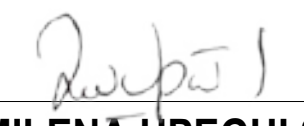
CONTIENE:

ESTIMACIÓN DE ÁREA
TRIBUTARIA A BOX CULVERT
PROYECTADO

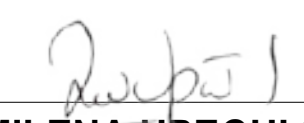
DISEÑO:


**JEISSON ARNULFO SIERRA
LEÓN**
Ingeniero Ambiental
Ingeniero Sanitario
M.P. 15238-437150 BYC
M.P. 15237-437151 BYC

REVISÓ:


JENNY MILENA UPEGUI SICULABA
Secretaría de Infraestructura y
Desarrollo Urbano

Vo. Bo:


JENNY MILENA UPEGUI SICULABA
Secretaría de Infraestructura y
Desarrollo Urbano

OBSERVACIONES:

DIBUJÓ:

JEISSON ARNULFO SIERRA LEÓN
Ingeniero Ambiental
Ingeniero Sanitario
M.P. 15238-437150 BYC
M.P. 15237-437151 BYC

UBICACIÓN:

VIA SOBRE CAÑO GUALABAO DEL
MUNICIPIO DE TAME,
DEPARTAMENTO DE ARAUCA

FECHA:

ENERO 2026

PLANO N°:

2 / 2

ESCALA:

INDICADAS