CONSORCIO VÍAS DEL SINÚ

BALANCE DE OBRA No. 3

ESTUDIOS Y DISEÑO DRENAJE EL TAPAO.

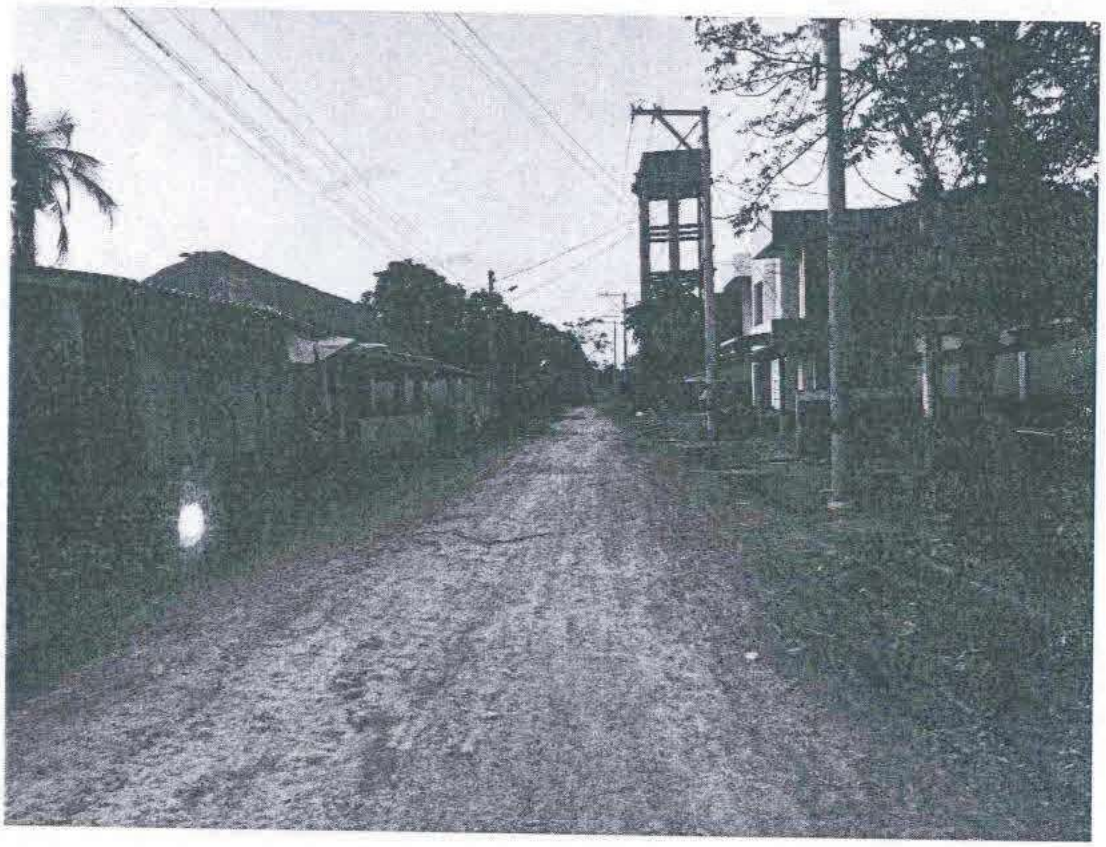
CONTRATO DE OBRA No. SI-LP-003-2024 Cuyo Objeto es "MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA CORDOBA"

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Montería, Córdoba, Colombia

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA

CONCEPTO TÉCNICO PARA DRENAJE PLUVIAL

SECTOR EL TAPAO



MONTERIA, CÓRDOBA

ENERO DE 2026

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Monteria, Córdoba, Colombia

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO 6

2. ANTECEDENTES 6

3. ÁREA DE ESTUDIO 7

3.1. Localización del proyecto 7

3.2. Clima y Temperatura. 9

3.3. Descripción de las obras 9

4. NORMATIVIDAD Y HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS 9

5. METODOLOGÍA 10

5.1. Análisis Pluviométrico 10

5.1.1. Estaciones meteorológicas para el análisis 10

5.1.2. Datos de precipitación 11

5.1.3. Estimación de datos faltantes 12

5.1.3.1. Evaluación del método de regresión lineal 12

5.1.3.2. Promedio de estaciones índice y factor de mayoración 13

5.1.4. Cálculo de la precipitación media 14

5.1.5. Periodos de retorno de estudio 14

5.1.6. Elaboración de curvas IDF 14

5.1.7. Tiempo de concentración 17

5.2. Análisis Morfométrico 18

5.2.1. Áreas de Drenaje 18

5.2.2. Cauces Principales 19

5.3. Caudal de Escorrentía por el Método Racional 19

5.3.1. Coeficiente de escorrentía (C) 19

5.3.2. Intensidad de precipitación 20

5.4. Variables para Dimensionamiento de Obras Hidráulicas 20

5.4.1. Velocidad máxima permitida 20

5.4.2. Coeficiente de rugosidad (n) 21

5.4.3. Caudal de diseño 21

5.5. Análisis Hidráulico de la Sección Vial 21

5.6. Chequeo de Hidroplaneo 22
5.7. Cálculo de la capacidad hidráulica de sumideros de rejillas en calzada 23
5.8. Dimensionamiento Hidráulico de Tuberías a Presión Simple 23
5.8.1. Cálculo de caudal a través de la tubería 24
5.8.2. Ecuación de velocidad 24
5.8.3. Clasificación del sistema según pérdidas menores 25
5.8.4. Criterio de dimensionamiento para bajas pérdidas menores 27
5.8.5. Criterio de dimensionamiento para altas pérdidas menores 27
5.8.6. Chequeo de autolimpieza 28
5.8.7. Herramientas de cálculo utilizadas 28
6. RESULTADOS 29
6.1. Análisis Pluviométrico 29
6.2. Análisis Morfométrico 31
6.3. Coeficiente de Escorrentía 32
6.4. Tiempo de Concentración 34
6.1. Cálculo de Caudales de Escorrentía 35
6.2. Chequeo Hidráulico de la Vía 35
6.3. Cálculo de Velocidad de Hidroplaneo 36
6.4. Dimensionamiento de Estructura de Captación Sumideros Transversales 37
6.1. Dimensionamiento de Rejillas para Sumideros Transversales 37
6.2. Dimensionamiento de Tuberías a Presión Simple 40
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 45
8. REFERENCIAS 48

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Formula para regresión lineal. 13
Ecuación 2. Ecuación para el calculo de datos faltantes. 13
Ecuación 3. Regionalización para sintetización de Curvas IDF. 15
Ecuación 4. Caudal de escorrentía por el método racional. 19
Ecuación 5. Fórmula de Manning. 20

Ecuación 6. Fórmula de Manning. 22
Ecuación 7. Fórmula de Factor de Sección. 22
Ecuación 8. Velocidad de Hidroplaneo. 22
Ecuación 9. Ecuación para el diseño de sumideros transversales, o de rejillas en calzada... 23
Ecuación 10. Altura de carga total. 24
Ecuación 11. Ecuación de continuidad. 24
Ecuación 12. Velocidad del flujo en tuberías a presión. 25
Ecuación 13. Pérdidas menores. 26
Ecuación 14. Velocidad de pérdida. 27
Ecuación 15. Esfuerzo cortante en tubería. 28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto. 8
Figura 2. Localización especifica del proyecto. 8
Figura 3. Climatologia de Monteria. 9
Figura 4. Localización de la Estación Pluviométrica. 11
Figura 5. Áreas de Drenaje. 32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones pluviométricas para cálculo de precipitación. 10
Tabla 2. Datos de precipitación estación de estudio. 12
Tabla 3. Períodos de retorno recomendados según INVIAS. 14
Tabla 4. Coeficientes de regresión para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. 15
Tabla 5. Cálculo de intensidades regionalizadas para curvas IDF. 16
Tabla 6. Determinación del Tiempo de Concentración (Tc) para proyectos urbanísticos. 18
Tabla 7. Valores de coeficiente de escorrentía referencia. 20
Tabla 8. Valores máximos de velocidades en canales revestidos. 21
Tabla 9. Valores de coeficiente de rugosidad. 21
Tabla 10. Valores de rugosidad absoluta de diferentes materiales para tuberias. 25
Tabla 11. Coeficientes para pérdidas menores en accesorios y codos. 26

Tabla 12. Depuracion de datos Estación Analisis (Y). 30
Tabla 13. Depuracion de datos Estación Indice (X). 31
Tabla 14. Serie de registros completo Estación Análisis. 31
Tabla 15. Parámetros Morfométricos. 32
Tabla 16. Coeficientes de Escorrentía Seleccionados. 33
Tabla 17. Parámetros para Cálculo de Tiempo de Concentración. 34
Tabla 18. Tiempos de Concentración. 34
Tabla 19. Cálculo de Caudales de Escorrentía. 35
Tabla 20. Parámetros para Chequeo de Tirantes. 36
Tabla 21. Tirantes Criticos en Vías Evaluadas. 36
Tabla 22. Calculo de Velocidades de Hidroplaneo. 37
Tabla 23. Dimensionamiento de la estructura del sumidero. 38
Tabla 24. Chequeo de Rejillas de Sumideros. 39
Tabla 25. Chequeo de Tuberías de Drenaje. 40

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Memorias de Cálculo
Anexo 2. Planos de Drenaje
Anexo 3. Ficha Técnica

1. RESUMEN EJECUTIVO

El diseño de las estructuras de drenaje pluvial se fundamenta en un análisis hidráulico derivado del correspondiente análisis hidrológico de la zona de estudio y su área de influencia, la cual genera escorrentías superficiales que deben ser adecuadamente controladas. Dicho proceso permite plantear soluciones hidráulicas que garanticen el correcto funcionamiento y la durabilidad de las estructuras proyectadas, mitigando el riesgo de inundación y el posible colapso de las obras diseñadas.

El presente resumen ejecutivo describe de manera sintética la metodología aplicada y el proceso seguido para la obtención de los resultados del estudio.

En primer lugar, se realiza la localización del proyecto con el fin de identificar y analizar las principales características morfométricas y pluviométricas del área de estudio. Esta información se presenta en el **numeral 3** y permite comprender el comportamiento fisiográfico general de la zona.

Posteriormente, en el **numeral 4** se describen la normatividad aplicable y las herramientas tecnológicas empleadas para el desarrollo del estudio.

En el **numeral 5** se expone la metodología utilizada para el análisis pluviométrico, el análisis morfométrico, el cálculo de caudales de escorrentía y el dimensionamiento de las obras hidráulicas propuestas.

En el **numeral 6** se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología descrita, incluyendo los parámetros hidrológicos e hidráulicos relevantes para el diseño.

Finalmente, en el **numeral 7** se consignan las conclusiones y recomendaciones que deberán ser consideradas durante la etapa constructiva del proyecto, con el fin de asegurar la adecuada ejecución y operación de las obras de drenaje pluvial.

2. ANTECEDENTES

En el marco del proyecto MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA, se entregaron al contratista los estudios y diseños correspondientes para la intervención vial del Sector El Tapao, los cuales contemplaban la construcción de pavimento rígido en el corredor objeto de intervención. No obstante, durante la revisión técnica de la información recibida y de las condiciones particulares del tramo, se evidenció que los diseños entregados no incluían un componente específico de drenaje pluvial para el manejo de las aguas de escorrentía superficial.

A partir de dicha revisión se identificó la presencia de puntos bajos y zonas críticas a lo largo del alineamiento vial, en las cuales podrían generarse acumulaciones de agua sobre la calzada durante eventos de lluvia. Esta condición representa un riesgo para la funcionalidad de la vía, la seguridad de los usuarios y la durabilidad de la estructura de pavimento, dado que la permanencia de láminas de agua puede ocasionar empozamientos, pérdida de confort en la

circulación, afectaciones a predios colindantes y deterioro prematuro de las capas del pavimento.

En atención a lo anterior, se realizó una revisión integral de los estudios y diseños disponibles, complementándolos con un análisis hidrológico e hidráulico que permitiera establecer las condiciones reales de escorrentía del sector y definir las obras requeridas para su adecuada captación, conducción y disposición final. Esta revisión incluyó la identificación de las áreas aferentes, el análisis de pendientes, la localización de puntos bajos, el cálculo de caudales de diseño y la evaluación de alternativas hidráulicas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje pluvial.

Como resultado de este proceso técnico, se proyectaron las obras de drenaje necesarias para el Sector El Tapao, incluyendo estructuras de captación en puntos críticos, sumideros transversales con rejillas de tráfico pesado, cajas de inspección, cunetas superficiales de apoyo, tuberías pluviales y estructuras de entrega hacia los cuerpos o canales receptores existentes. Estas obras fueron definidas con el propósito de evitar la acumulación de agua sobre la calzada, proteger la infraestructura vial proyectada y asegurar la adecuada evacuación de las aguas lluvias generadas en el área de influencia del proyecto.

En consecuencia, el presente concepto técnico se elabora como complemento a los estudios y diseños inicialmente entregados, con el fin de justificar, describir y presentar las soluciones de drenaje pluvial requeridas para el adecuado funcionamiento hidráulico del corredor vial del Sector El Tapao.

3. ÁREA DE ESTUDIO

En este inciso se presentan las características generales del área de estudio como la localización y descripción de las obras.

3.1. Localización del proyecto

El proyecto se encuentra localizado en la ciudad de Montería, el Departamento de Córdoba. En la **Figura 1** y **Figura 2** se presentan los esquemas de localización general y especifica del tramo vial.

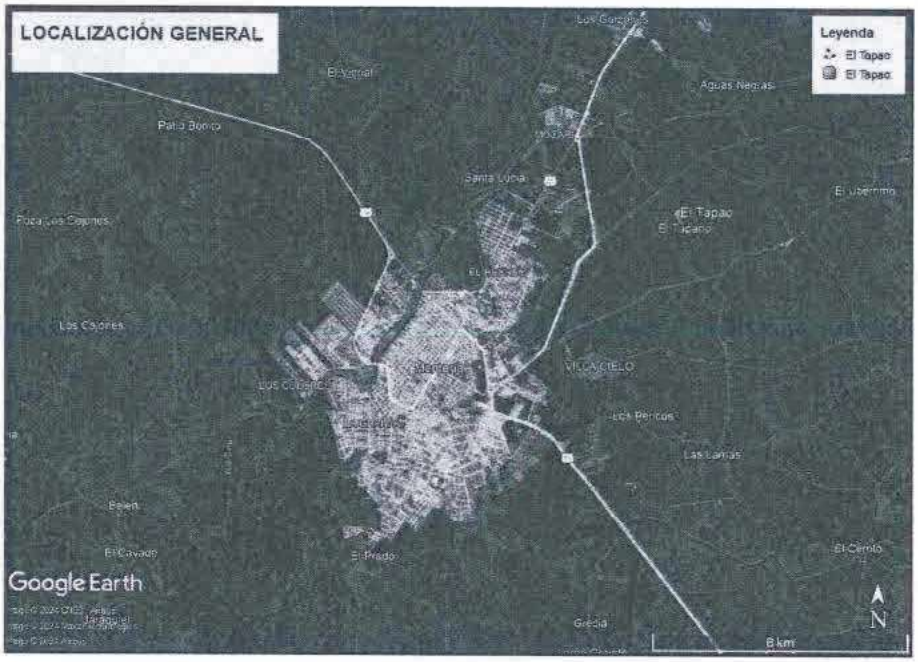


Figura 1. Localización general del proyecto.
Fuente: Google Earth Pro.



Figura 2. Localización especifica del proyecto.
Fuente: Google Earth Pro.

3.2. Clima y Temperatura.

En Montería, los veranos son cortos y tórridos; los inviernos son caliente y mojados y esta opresivo y nublado todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varia de 23 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 38 °C.

La temporada calurosa dura 2,3 meses, del 2 de febrero al 11 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 34 °C. el día más caluroso del año es el 25 de marzo, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y una temperatura mínima promedio de 24 °C.

La temporada fresca dura 3.5 meses, del 16 de agosto al 1 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. el día más frio del año es el 21 de enero, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y máxima promedio de 34 °C.

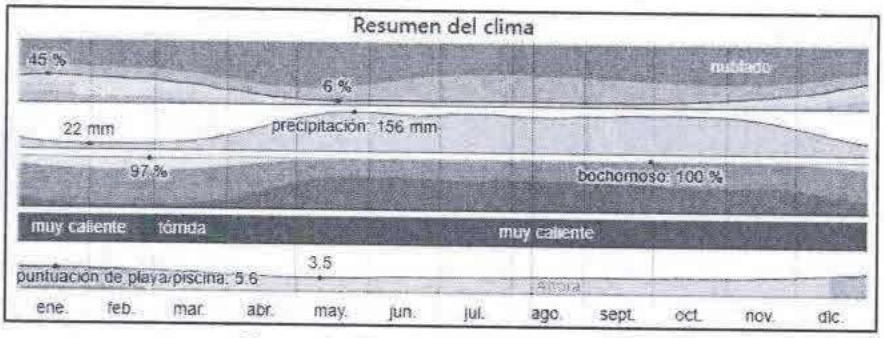


Figura 3. Climatologia de Monteria.
Fuente: Weather Spark

3.3. Descripción de las obras

El proyecto MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA comprende la construcción de pavimento rígido en diferentes sectores del municipio de Montería. Para el tramo correspondiente al Sector El Tapao, se proyectará la construcción de aproximadamente 790 m lineales de pavimento rígido.

Con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento hidráulico del corredor vial y evitar afectaciones asociadas a la escorrentía pluvial, será necesario proyectar e implementar las obras de drenaje pluvial requeridas. Estas obras permitirán la correcta captación, conducción y disposición final de las aguas lluvias generadas en el área de influencia del proyecto, asegurando la durabilidad de la estructura de pavimento y mitigando riesgos de inundación o deterioro prematuro de la infraestructura vial.

4. NORMATIVIDAD Y HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS

La reglamentación y recomendaciones dadas en Colombia para las obras de drenaje pluvial se encuentran resumidas en el presente numeral. Además, se anexa listado de herramientas tecnológicas implementadas para la elaboración y materialización del presente estudio.

- Resolución No. 0957 de 2018 "Por la cual se adopta la Guía técnica para criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones". (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).
- Hidráulica de Tuberías 4ta Edición (Saldarriaga, 2019) para dimensionamiento de Tuberías a Presión Simple, se utiliza la teoría y el software de uso libre.
- Las Herramientas Ofimáticas, aunque no son software técnico especializado como HEC-RAS o QGIS, sí juegan un papel fundamental como soporte en los estudios hidráulicos e hidrológicos, especialmente en la parte de gestión, comunicación y análisis complementario de datos para la organización y análisis de datos, soporte para modelos hidráulicos, documentación y presentación.

5. METODOLOGÍA

En este inciso se hará una explicación de la metodología aplicada durante el análisis hidrológicos y dimensionamiento de obras hidráulicas para manejo de las aguas de escorrentía de la zona de estudio.

5.1. Análisis Pluviométrico

Durante el análisis pluviométrico se consultará en la página web DHIME del IDEAM (IDEAM, 2024) las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio que cuenten con datos de precipitación máxima en 24 horas a escala multianual para el periodo de interés (últimos 15 a 30 años), estos datos serán descargados para cálculo de la precipitación máxima en 24 horas promedio, dato que será ingresado en la elaboración de las curvas IDF.

En este numeral se busca encontrar valores que relacionan variables de precipitación con periodos de retorno que posteriormente serán utilizados para el cálculo del tiempo de concentración, intensidad de precipitación y caudal de escorrentía.

5.1.1. Estaciones meteorológicas para el análisis

Para definir la precipitación promedio se utilizará una estación del catálogo IDEAM cercana la zona de estudio; sus características son presentadas en la **Tabla 1** y en la ***Figura 4*** se presenta su localización en el mapa.

ESTACIÓN	MUNICIPIO	CÓDIGO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN
Boca de la Ceiba	Montería	13070070	8.8299	-75.8561	20

Tabla 1. Estaciones pluviométricas para cálculo de precipitación.
Fuente: DHIME (IDEAM, 2024).

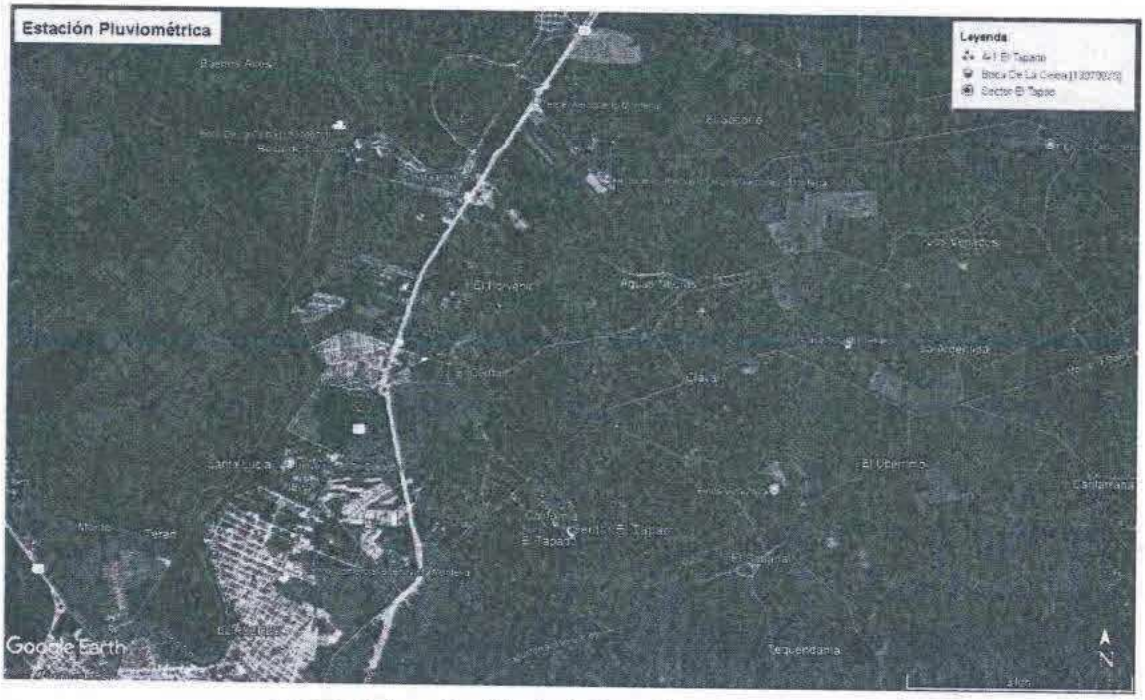


Figura 4. Localización de la Estación Pluviométrica.
Fuente: elaboración propia con información del IDEAM.

5.1.2. Datos de precipitación

Se realizó la consulta de los registros pluviométricos disponibles de precipitación diaria, los cuales fueron filtrados por año con el fin de obtener la precipitación máxima en 24 horas a escala multianual. La información resultante fue consolidada en la **Tabla 2**.

A partir de la revisión de la serie histórica consolidada se identificaron datos faltantes correspondientes a los años 1999 y 2004, los cuales deben ser estimados con el propósito de disponer de una serie continua. La estimación de estos datos faltantes permitirá completar la información pluviométrica requerida para el desarrollo de los análisis hidrológicos posteriores, garantizando la coherencia temporal y la representatividad de la serie utilizada en el estudio.

BOCA DE LA CEIBA		
N	Año	Pmax 24h
1	1995	82
2	1996	94
3	1997	90
4	1998	86
5	1999	-
6	2000	130
7	2001	68
8	2002	70
9	2003	89
10	2004	-
11	2005	78
12	2006	90
13	2007	75

BOCA DE LA CEIBA		
N	Año	Pmax 24h
14	2008	110
15	2009	61
16	2010	97
17	2011	90
18	2012	90
19	2013	65
20	2014	135
21	2015	95
22	2016	95
23	2017	106
24	2018	85
25	2019	120
26	2020	140
27	2021	160
28	2022	85
29	2023	80
30	2024	130

Tabla 2. Datos de precipitación estación de estudio.
Fuente: (IDEAM, 2025)

5.1.3. Estimación de datos faltantes

La información pluviométrica constituye un insumo fundamental para el desarrollo de estudios hidrológicos e hidráulicos. Sin embargo, es frecuente que los registros presenten datos faltantes debido a fallas instrumentales, ausentismo del observador u otras causas operativas. En estos casos, se hace necesario aplicar métodos estadísticos que permitan estimar los valores ausentes, garantizando la coherencia espacial y temporal de la información utilizada en el análisis hidrológico.

La estimación de datos faltantes se realizará siguiendo los criterios y procedimientos descritos en la literatura hidrológica clásica, empleando estaciones índice cercanas y de características climáticas similares a la estación con información incompleta. Los métodos a emplear se describen a continuación.

5.1.3.1. Evaluación del método de regresión lineal

Inicialmente, se evaluará la posibilidad de estimar los datos faltantes mediante métodos de regresión, los cuales requieren la existencia de relaciones estadísticas consistentes entre la estación con información incompleta y una o varias estaciones índice con registros continuos.

En el presente caso, se contará únicamente con una estación índice con información continua, por lo cual no será posible aplicar métodos de regresión múltiple, dado que este tipo de análisis exige la disponibilidad simultánea de varias estaciones independientes para mejorar la capacidad explicativa del modelo y reducir la incertidumbre asociada a la estimación. En consecuencia, se procederá a evaluar la aplicabilidad de una regresión lineal simple entre la estación índice disponible y la estación con datos faltantes.

La regresión lineal simple se planteará mediante la **Ecuación 1**.

$$y = mx + b$$

Ecuación 1. Formula para regresión lineal.

Donde:

- y = valor faltante
- m & b =coeficientes de regresión
- x = valor observado en la estación índice

La validez de este método se evaluará a partir de criterios estadísticos tales como el coeficiente de correlación, el coeficiente de determinación y la significancia estadística del modelo, los cuales permiten establecer la capacidad predictiva de la regresión y su idoneidad para la estimación de datos hidrológicos faltantes.

En caso de que la regresión lineal no cumpla con los criterios mínimos de validez estadística, evidenciando una baja capacidad explicativa de la variabilidad de la precipitación o generando resultados inconsistentes con el comportamiento histórico de la serie, dicho método será descartado para la estimación de los datos faltantes. Desde el punto de vista hidrológico, también se considerará no aplicable cuando las proyecciones obtenidas resulten superiores o incongruentes frente a los valores observados en la estación índice, indicando una falta de coherencia con la dinámica climática regional.

5.1.3.2. Promedio de estaciones índice y factor de mayoración

En el evento en que la regresión lineal no resulte adecuada desde el punto de vista estadístico o hidrológico, se adoptará el método de los promedios ajustado mediante un factor de mayoración, de acuerdo con los lineamientos recomendados para la estimación de datos faltantes en series pluviométricas cuando no existe una correlación lineal significativa entre estaciones.

Para tal efecto, se determinará la relación existente entre los registros históricos de la estación de análisis y la estación índice seleccionada, obteniéndose un factor de ajuste que representará la razón entre las precipitaciones medias de ambas estaciones durante el período común de observación.

En consecuencia, la estimación de los datos faltantes se realizará multiplicando el valor de precipitación registrado en la estación índice por el factor de mayoración determinado, conforme a la **Ecuación 2**.

$$P_{analisis} = \frac{Prom_y}{Prom_x} P_{indice}$$

Ecuación 2. Ecuación para el calculo de datos faltantes.
Fuente: elaboración propia

Donde:

$P_{analisis}$ = precipitación estación análisis, dato faltante (mm)

P_{indice} = precipitación estación índice, dato existente (mm)

$Prom_y$ = promedio de precipitaciones estación análisis (mm)

$Prom_x$ = promedio de precipitaciones estación índice (mm)

Este procedimiento permitirá trasladar los valores observados en la estación índice a la escala de la estación de análisis, conservando la coherencia climática regional y garantizando la continuidad de la serie pluviométrica utilizada en los análisis hidrológicos posteriores.

5.1.4. Cálculo de la precipitación media

Para la determinación de la precipitación media se seleccionarán los valores de precipitación máxima en 24 horas registrados en las estaciones meteorológicas consideradas representativas del área de estudio. Estos valores corresponderán al período de información disponible y validada para cada estación. Con base en dicha información, se procederá al cálculo de la precipitación media, la cual será utilizada como insumo para los análisis hidrológicos posteriores.

5.1.5. Periodos de retorno de estudio

Se define como periodo de retorno TR para eventos hidrológicos máximos al tiempo esperado máximo en años para que el caudal pico de la creciente sea igualado o excedido, por tal motivo está asociado al análisis de frecuencia de precipitaciones máximas en 24 horas y a su probabilidad de excedencia. El periodo de retorno está asociado a las características del área de drenaje y la estructura hidráulica analizada. Durante el desarrollo del proyecto será considerado el periodo de retorno de 10 años. Tal selección se realiza en función de las condiciones de drenaje y la clasificación de la **Tabla 3**.

Características del Área de Drenaje	Periodo de Retorno (años)
Cunetas	5
Zanjas de Coronación	10
Estructuras de Caída	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

Tabla 3. Períodos de retorno recomendados según INVIAS.
Fuente: Tabla 2.8 Manual de Drenaje de Carreteras 2009

5.1.6. Elaboración de curvas IDF

Las curvas IDF se definen como la representación gráfica de una intensidad de precipitación (mm/h) que puede variar durante la duración de una tormenta, para una duración en

intervalos iguales en minutos u horas desde el inicio hasta el fin de la lluvia asociado a un periodo de retorno llamado frecuencia, aclarando este concepto una precipitación de 1/50 significa que es probable que se presente una vez cada 50 años (periodo de retorno).

Las curvas IDF (intensidad, duración y frecuencia) se elaboran con información de precipitaciones obtenidas de estaciones meteorológicas, ya sea información de pluviogramas, pluviógrafos o mapas isoetales y son de gran importancia para el diseño de estructuras hidráulicas ya que permiten calcular la intensidad de precipitación, la variable seleccionada para este proceso es la precipitación media, debido a que esta es la variable que mejor se ajusta con a ubicación meteorológica del proyecto.

Haciendo un análisis al comportamiento de las curvas IDF, se puede observar que a medida que disminuye el tiempo de concentración y aumenta el periodo de retorno, aumenta la intensidad de precipitación; variable que permite controlar una ocurrencia máxima en el momento de realizar el diseño de la estructura hidráulica, convirtiéndose en la línea extrema de inundación para un periodo de retorno alto y baja probabilidad de ocurrencia.

Como no se cuenta con información de pluviogramas, para la elaboración de las curvas IDF, se utilizó la ecuación sintética de Díaz- Granados para la región caribe con sus respectivos coeficientes los cuales se describe en la **Tabla 4**. En el **Anexo 10.2.2** se encuentran los datos calculados y en el **Gráfico 1** se observa el comportamiento de la probabilidad de ocurrencia (eje X) y las precipitaciones máximas en 24 horas en escala aritmética (eje Y); las curvas IDF asociadas a diferentes periodos de retorno. La ecuación mencionada se presenta a continuación.

$$I = a\,\frac{T^{b}}{t^{c}}\,M^{d}$$

Ecuación 3. Regionalización para sintetización de Curvas IDF.
Fuente: Vargas, Díaz Granados.

Dónde:

- I = Intensidad de precipitación. (mm/h)
- T = Periodo de retorno (años)
- t = Tiempo de duración (min)
- M = Precipitación media en 24 horas (mm) valor hallado por Isoyetas
- a, b, c y d = coeficientes de regresión según la región.

Coeficientes de Regresión – Región Caribe			
a	b	c	d
24.85	0.22	0.5	0.1

Tabla 4. Coeficientes de regresión para cálculo de curvas IDF sinteticas región Caribe.
Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados

CALCULO DE INTENSIDAD PARA GENERACIÓN DE CURVAS IDF								
Análisis para curvas IDF cálculos con curvas sintéticas región caribe (Díaz Granados)								
Tiempo de Duración en Horas (t)		Periodo de Retorno en Años (TR)						INTENSIDAD DE LLUVIAS EN MM/HORAS
Minutos	Horas	2	5	10	25	50	100	
5.0	0.08	158.18	193.50	225.38	275.72	321.14	374.04	
10.0	0.17	111.85	136.83	159.37	194.96	227.08	264.49	
15.0	0.25	91.32	111.72	130.12	159.19	185.41	215.95	
20.0	0.33	79.09	96.75	112.69	137.86	160.57	187.02	
25.0	0.42	70.74	86.54	100.79	123.30	143.62	167.28	
30.0	0.50	64.58	79.00	92.01	112.56	131.10	152.70	
35.0	0.58	59.79	73.14	85.19	104.21	121.38	141.37	
40.0	0.67	55.92	68.41	79.68	97.48	113.54	132.24	
45.0	0.75	52.73	64.50	75.13	91.91	107.05	124.68	
50.0	0.83	50.02	61.19	71.27	87.19	101.55	118.28	
55.0	0.92	47.69	58.34	67.96	83.13	96.83	112.78	
60.0	1.00	45.66	55.86	65.06	79.59	92.70	107.98	
65.0	1.08	43.87	53.67	62.51	76.47	89.07	103.74	
70.0	1.17	42.27	51.72	60.24	73.69	85.83	99.97	
75.0	1.25	40.84	49.96	58.19	71.19	82.92	96.58	
80.0	1.33	39.54	48.38	56.35	68.93	80.28	93.51	
85.0	1.42	38.36	46.93	54.66	66.87	77.89	90.72	
90.0	1.50	37.28	45.61	53.12	64.99	75.69	88.16	
95.0	1.58	36.29	44.39	51.71	63.25	73.67	85.81	
100.0	1.67	35.37	43.27	50.40	61.65	71.81	83.64	
105.0	1.75	34.52	42.23	49.18	60.17	70.08	81.62	
110.0	1.83	33.72	41.26	48.05	58.78	68.47	79.75	
115.0	1.92	32.98	40.35	47.00	57.49	66.96	77.99	
120.0	2.00	32.29	39.50	46.01	56.28	65.55	76.35	
125.0	2.08	31.64	38.70	45.08	55.14	64.23	74.81	
130.0	2.17	31.02	37.95	44.20	54.07	62.98	73.36	
135.0	2.25	30.44	37.24	43.37	53.06	61.80	71.98	
140.0	2.33	29.89	36.57	42.59	52.11	60.69	70.69	
145.0	2.42	29.37	35.93	41.85	51.20	59.63	69.46	
150.0	2.50	28.88	35.33	41.15	50.34	58.63	68.29	
155.0	2.58	28.41	34.75	40.48	49.52	57.68	67.18	
160.0	2.67	27.96	34.21	39.84	48.74	56.77	66.12	
165.0	2.75	27.54	33.68	39.23	48.00	55.90	65.11	
170.0	2.83	27.13	33.19	38.65	47.29	55.07	64.15	
175.0	2.92	26.74	32.71	38.10	46.60	54.28	63.22	
180.0	3.00	26.36	32.25	37.56	45.95	53.52	62.34	
Valores promedio serie histórica (mm)		95.50						
Coeficientes	a	24.85						
	b	0.22						
	c	0.50						
	d	0.10						

Tabla 5. Cálculo de intensidades regionalizadas para curvas IDF.
Fuente: Elaboración propia.

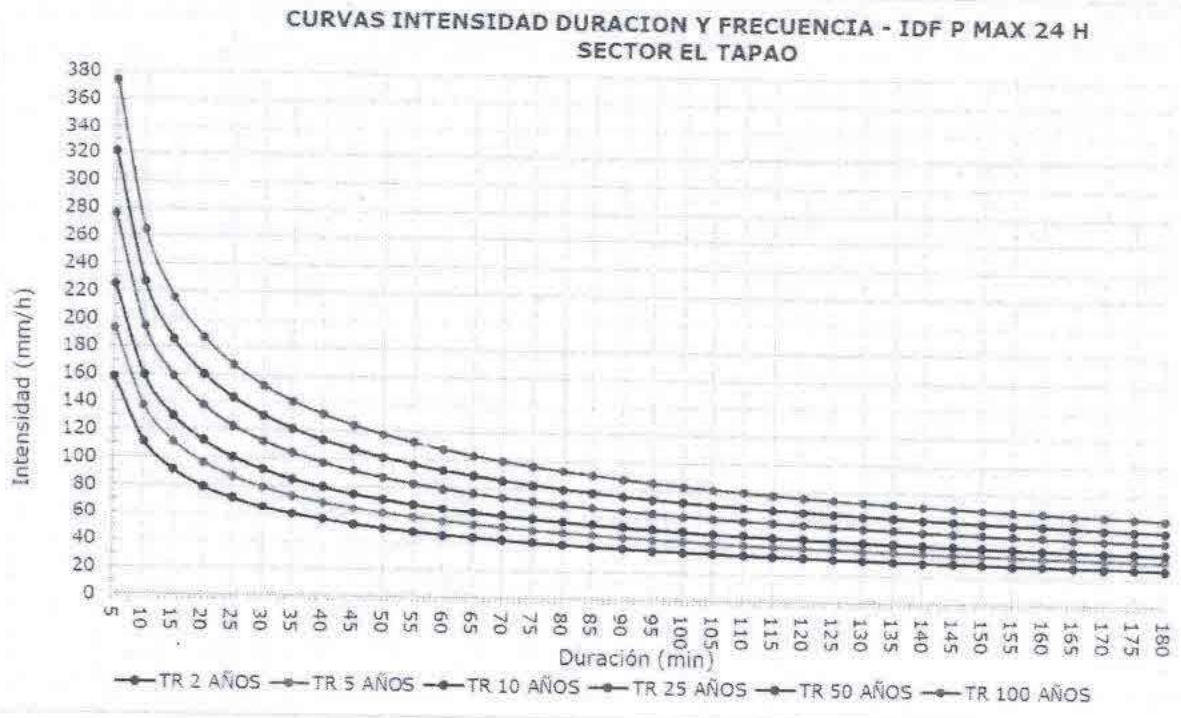


Gráfico 1. Curvas IDF para estación Aeropuerto Los Garzones.
Fuente: Elaboración propia

5.1.7. Tiempo de concentración

Se refiere al tiempo mínimo necesario para que los diferentes puntos espaciales de un área de drenaje estén aportando las escorrentías superficiales y de forma simultánea a un punto de salida o de convergencia hidráulica de la cuenca. El cálculo del tiempo de concentración permite dimensionar estructuras hidráulicas como canales abiertos o tuberías, siendo una variable sumamente importante para la determinación del caudal, ya sea por el método racional o el método de la curva. Por tanto, diferentes autores al entender la importancia de este parámetro a la hora de evaluar el Tc en el diseño hidrológico desarrollaron diferentes modelos empíricos para la estimación de este parámetro.

Las fórmulas que actualmente se utilizan para el cálculo del tiempo de concentración tienen uso específico según el tipo de cuenca donde se va a emplear, tamaño de la cuenca, pendiente de la misma y variables de cobertura y precipitación; sin embargo, la precisión a la hora de calcular el caudal puede variar considerablemente por la variabilidad que se da en el resultado entre una y otra ecuación. La variable tiempo de concentración será utilizada en el método racional en el cálculo de la intensidad de precipitación y posteriormente el caudal de escorrentía.

La estimación del Tc de las diferentes áreas de drenaje se calcula con el promedio de diferentes modelos utilizados para el cálculo de esta variable. **Si durante el proceso de cálculo del tiempo de concentración, el valor hallado es inferior a 15 min, se debe seleccionar**

como mínimo 15 min para no sobre estimar el valor de la intensidad de precipitación, ya que 15 min se considera el valor crítico del Tc según las recomendaciones dadas por el Manual de Drenaje Vial (Ministerio de Transporte de Colombia, 2009). En la **Tabla 6** se presentan las diferentes ecuaciones aplicadas durante el cálculo del tiempo de concentración para zonas urbanas

Ecuación	Formulación	Variables
Ecuación de Kirpich (Kirpich, 1940).	$Tc = 0.0663\left(\frac{Ls^2}{Sc}\right)^{0.385}$	Tc = Tiempo de concentración (hr)
		Ls = Longitud del cauce (km)
		Sc = Pendiente media del cauce (m/m)
California Culvert Practice (California Division of Highways 1960)	$Tc = 0.951Ls^{1.155}\Delta H^{-0.385}$	Tc = Tiempo de concentración (hr)
		ΔH = diferencia elevación del canal principal (m)
		Ls = Longitud del cauce (km)
Método de Carter (Carter, 1961)	$Tc = 0.0977Ls^{0.6}Sc^{-0.3}$	Tc = Tiempo de concentración (hr)
		Ls = Longitud del cauce (km)
		Sc = Pendiente media del cauce (m/m)
Método TxDOT (1994).	$Tc = 0.369986(1.1 - C)Ls^{0.5}Sc^{-0.333}$	Tc = Tiempo de concentración (hr)
		Ls = Longitud del cauce (km)
		Sc = Pendiente media del cauce (m/m)
		C = Coeficiente de escorrentía método Racional
Simas - Hawkins (2002, Fang (2008)	$Tc = \frac{0.322A^{0.594}}{Ls^{0.594}Sc^{0.15}}\left[\frac{25400}{CN} - 254\right]^{0.313}$	Tc = Tiempo de concentración (hr)
		A= Area de la cuenca en (Km2)
		Ls = Longitud del cauce (km)
		Sc = Pendiente media del cauce (m/m)
		CN = Número de curva
Ventura (Vahabzadeh, Saleh, Safari, & Khosravi, 2013)	$Tc = 0.067\frac{Ls^{1.155}}{\left(\frac{\Delta H}{1000}\right)^{0.385}}$	Tc = Tiempo de concentración (hr)
		Ls = Longitud del cauce (km)
		ΔH = Desnivel de la cuenca (km)

Tabla 6. Determinación del Tiempo de Concentración (Tc) para proyectos urbanísticos. Fuente: elaboración propiaCálculo de Caudal por Método Racional

5.2. Análisis Morfométrico

En este inciso se describe la metodología utilizada para el análisis morfométrico de la zona de estudio.

5.2.1. Áreas de Drenaje

Las áreas de drenaje de la zona de interés se determinarán a partir del levantamiento topográfico detallado, el cual permite identificar con precisión las divisorias hidráulicas y las direcciones naturales del flujo superficial. Esta información es fundamental para establecer cómo se generan y distribuyen los aportes de escorrentía hacia las obras hidráulicas proyectadas, asegurando así un diseño eficiente y funcional del sistema de drenaje.

5.2.2. Cauces Principales

La identificación y caracterización de los cauces principales se realizará a partir del análisis del modelo topográfico. Este proceso permitirá establecer los trazados naturales de conducción de escorrentía concentrada, así como su comportamiento hidráulico.

5.3. Caudal de Escorrentía por el Método Racional

Es una metodología de modelo lluvia-escorrentía, basado en modelos de abstracción con un raciocinio simple, el cual será aplicado en cuencas menores de 200 ha como se recomienda en el Manual de Drenaje para Carreteras (Ministerio de Transporte de Colombia, 2009). Para la estimación del caudal por este método, se debe emplear la **Ecuación 4**.

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Ecuación 4. Caudal de escorrentía por el método racional.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999)

Donde:

- Q = Caudal de escorrentía en (m3/s)
- C = Coeficiente de escorrentía
- I = Intensidad de precipitación en (mm/h)
- A = Área de la cuenca en (km2)

5.3.1. Coeficiente de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía C es la variable más sensible en la aplicación del método racional, ya que incide en la tasa de escorrentía pico en relación con la tasa de lluvia para el área de drenaje. La selección del coeficiente de escorrentía se realizó en función del período de retorno, la cual se determina en función de las características de la superficie del área; el valor para la cobertura del suelo se obtiene de la **Tabla 7**, en donde se observa que el coeficiente de escorrentía está asociado al periodo de retorno.

Coeficientes de Escorrentía para ser usados en el Método Racional						
Características de la Superficie	**Periodo de Retorno (años)**					
	2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
Áreas Desarrolladas						
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95
Concreto / Techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97
Zonas Verdes (jardines, parques, etc)						
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)						
Plano (0 - 2%)	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47
Promedio (2 - 7%)	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)						
Plano (0 - 2%)	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.38	0.45	0.49
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.42	0.49	0.53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)						

Coeficientes de Escorrentía para ser usados en el Método Racional						
Características de la Superficie	Periodo de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
Áreas Desarrolladas						
Plano (0 - 2%)	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36
Promedio (2 - 7%)	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51
Áreas No Desarrolladas						
Áreas de Cultivos						
Plano (0 - 2%)	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Promedio (2 - 7%)	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54
Pastizales						
Plano (0 - 2%)	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
Bosques						
Plano (0 - 2%)	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39
Promedio (2 - 7%)	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

Tabla 7. Valores de coeficiente de escorrentía referencia.
Fuente: Tabla 15.1.1 Ven T Chow (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología Aplicada, 2000).

5.3.2. Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación se define como la tasa promedio de lluvia en (mm/h) para una cuenca o microcuenca de drenaje, se define de manera particular para cada área y se selecciona con base en la selección de la lluvia de diseño para un periodo de retorno específico. En este caso particular, la selección de la intensidad de precipitación será calculada de la ecuación sintética de Díaz-Granados.

5.4. Variables para Dimensionamiento de Obras Hidráulicas

Para realizar el análisis hidráulico se debe conocer las variables fundamentales, ya sean variables dependientes o independientes. De igual forma, se debe conocer el intervalo de las magnitudes con que se debe calcular o estimar en el diseño hidráulico para garantizar el buen funcionamiento de la zona.

5.4.1. Velocidad máxima permitida

Obedece a velocidades máximas permitidas para evitar que se presente el fenómeno de la erosión en el cuerpo de la cuenca. El control de velocidad se realiza en función del caudal de diseño obtenido durante la modelación hidráulica por medio de la **Ecuación 5** y tomando los valores de referencia de la **Tabla 8**.

$$V = \frac{1}{n} R(h)^{2/3} \sqrt{S}$$

Ecuación 5. Fórmula de Manning.
Fuente: (Chow V. , Hidráulica de Canales Abiertos, 1959)

Material	Velocidad Máxima (m/s)
Ladrillo común	3.0
Ladrillo vitrificado	5.0
Arcilla vitrificada (gres)	4.0
Concreto 175 kg/cm²	6.0
Concreto 210 kg/cm²	10.0
Concreto 280 kg/cm²	15.0
Concreto 350 kg/cm²	20.0

Tabla 8. Valores máximos de velocidades en canales revestidos.
Fuente: Tabla 4.2 Manual de drenaje vial INVIAS

5.4.2. Coeficiente de rugosidad (n)

El coeficiente de rugosidad se selecciona en función de la cobertura del suelo y se toma como referencia de los valores establecidos en la **Tabla 9**.

Tipo de Canal y Descripción	Mínimo	Normal	Máximo
Corrientes Naturales			
Corrientes Menores (ancho superficial en nivel creciente < 31 metros)			
a. corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos.	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas.	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena.	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras.	0.035	0.045	0.050
b. concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras.	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras.	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado.	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc, recto.	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico.	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa.	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa.	0.015	0.017	0.020

Tabla 9. Valores de coeficiente de rugosidad.
Fuente: Tabla 5.6 (Chow V. , Hidráulica de Canales Abiertos, 1959).

5.4.3. Caudal de diseño

Los caudales de diseño se extraen del análisis hidrológico previamente realizado.

5.5. Análisis Hidráulico de la Sección Vial

Una vez realizado el análisis hidrológico de la zona de estudio y calculado el caudal de escorrentía que será transportado por cada tramo vial, se procederá a realizar el análisis hidráulico de los tramos mencionados con el fin de garantizar el buen funcionamiento con relación a la capacidad hidráulica de la sección transversal de la vía extraída del insumo del diseño geométrico.

Con esto se buscará valorar la capacidad hidráulica de las secciones trasversales de los diferentes alineamientos, tal procedimiento se realizará calculando el tirante normal en función

del factor de sección de flujo uniforme, **Ecuación 6**. La ecuación para el cálculo del factor de sección se reduce desde la ecuación de Manning para flujo uniforme, **Ecuación 7.**

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3}\sqrt{S}$$

Ecuación 6. Fórmula de Manning.
Fuente: (Chow V. , Hidráulica de Canales Abiertos, 1959).

Donde

- Q = Caudal en (m^3/s)
- A = Área de la sección de flujo de agua (m^2)
- R = radio hidráulico
- S = pendiente longitudinal (m/m)
- n = rugosidad de Manning

Como el caudal es un valor conocido al ser calculado previamente, el área hidráulica y la pendiente se conoce del diseño geométrico y el coeficiente de rugosidad del diseño de pavimento, se aplica la **Ecuación 7** donde el área y radio hidráulico se encuentran en función del tirante.

$$A * R^{2/3} = \frac{Q * n}{\sqrt{S}}$$

Ecuación 7. Fórmula de Factor de Sección.
Fuente: (Chow V. , Hidráulica de Canales Abiertos, 1959).

Esta misma ecuación aplica para el pre-dimensionamiento de estructuras hidráulicas tipo cárcamos, en los cuales se realizan los ajustes pertinentes en la información de geometrías hidráulicas.

5.6. Chequeo de Hidroplaneo

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, para laminas de agua mayores a 2.4 mm se debe aplicar la **Ecuación 8**.

$$V_H = 0.9143 * SD^{0.04} * P^{0.3} * (TD + 0.794)^{0.06} * A$$

Ecuación 8. Velocidad de Hidroplaneo.
Fuente: Manual de Drenaje de Carreteras (Ministerio de Transporte de Colombia, 2009)

Donde:

VH: velocidad a la cual se produce el hidroplaneo (km/h)

P: presión de inflado de los neumáticos (kPa)

TD: profundidad de labrado del neumatico; 0.5 mm

SD: porcentaje de disminución de velocidad rotacional; 10%

H: espesor de la película de agua (mm)

PMT: profundidad media de textura (mm)

5.7. Cálculo de la capacidad hidráulica de sumideros de rejillas en calzada

Los sumideros son estructuras diseñadas para captar el agua de escorrentía que recorre las cunetas o las calzadas en las vías, para ser entregadas a las estructuras de recolección que se propongan. (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000, pág. 12)

Consiste en una caja transversal a la vía y a todo lo ancho de ésta, cubierta con rejillas. Su mayor inconveniente es el daño frecuente por el peso de los vehículos y la captación de desperdicios que reducen su área de captación de flujo. La longitud de sus rejillas se calcula mediante la **Ecuación 9**.

$$L = \frac{Q * Fs}{e * c * b * (2 * g * E)^{0,5}}$$

Ecuación 9. Ecuación para el diseño de sumideros transversales, o de rejillas en calzada. Fuente: (Empresas Públicas de Medellín. E.S.P., 2013, pág. 8/130)

Donde:

- L = longitud de la rejilla (m)
- Q = caudal de diseño (m3/s)
- e = eficiencia que corresponde al área libre / área total
- c = coeficiente de descarga.
- b = ancho del sumidero transversal (m)
- E = energía específica sobre la reja (m)
- Fs = factor de seguridad igual a 2

5.8. Dimensionamiento Hidráulico de Tuberías a Presión Simple

Se implementarán tuberías a presión simple debido a que las condiciones topográficas y geométricas no permiten garantizar el funcionamiento hidráulico por gravedad. El canal receptor existente presenta una cota de fondo superior al nivel de la posible llegada de la red pluvial, lo cual impedirá la descarga directa bajo régimen de flujo libre.

Adicionalmente, la longitud proyectada de la conducción y la imposibilidad de desarrollar una pendiente suficiente no permitirán asegurar el empalme hidráulico con el fondo del canal receptor ni cumplir simultáneamente con los criterios de pendiente mínima y velocidad admisible. En consecuencia, se adoptará un sistema de tuberías a presión simple con pendiente por autolimpieza, el cual permitirá transportar el caudal de diseño y efectuar la entrega directa al canal receptor, garantizando el control hidráulico del sistema y evitando interferencias con la infraestructura existente.

El análisis hidráulico se desarrollará por tramos, para cada uno se establecerán la cota de energía inicial y final, la longitud de la conducción y la altura de carga máxima disponible *H*, la cual representará la energía total disponible para vencer las pérdidas hidráulicas.

El dimensionamiento hidráulico de las tuberías a presión simple se realizará con base en la ecuación general de la energía para flujo permanente en conductos cerrados, considerando que la altura de carga disponible H entre los extremos de cada tramo se disipa mediante pérdidas por fricción en la tubería y pérdidas menores asociadas a accesorios hidráulicos. En consecuencia, el balance energético del sistema se expresará como la suma de dichas pérdidas, las cuales deberán ser compensadas por la energía disponible para garantizar el transporte del caudal de diseño (**Ecuación 10**).

$$H = hf + \Sigma h_m$$

Ecuación 10. Altura de carga total.
Fuente: (Saldarriaga, 2019)

Donde:

h_f = pérdida de carga por fricción (m)

Σh_m= sumatoria de pérdidas menores (m)

A continuación, se describen todas las variables requeridas para el dimensionamiento de tuberías a presión simple con altas y bajas perdidas menores.

5.8.1. Cálculo de caudal a través de la tubería

Para calcular el caudal a través de la tubería se utiliza la **Ecuación 11**, donde se busca que el caudal captado a tubo lleno sea igual o mayor al caudal de escorrentía.

$$Q = V * A$$

Ecuación 11. Ecuación de continuidad.

Donde:

- Q = caudal a través de la tubería (m^3/s)
- V = velocidad a través de la tubería (m/s) (**Ecuación 12**)
- A = área de la tubería (m^2)

5.8.2. Ecuación de velocidad

La velocidad del flujo se calculará empleando la ecuación implícita de velocidad para tuberías a presión, presentada por Saldarriaga y derivada de la ecuación de Darcy–Weisbach combinada con la formulación de Colebrook–White (**Ecuación 12**).

$$V = \frac{-2\sqrt{2gdh_f}}{\sqrt{l}} \log_{10}\left(\frac{K_s}{3.7d} + \frac{2.51v\sqrt{l}}{d\sqrt{2gdh_f}}\right)$$

Ecuación 12. Velocidad del flujo en tuberías a presión.
Fuente: (Saldarriaga, 2019, pág. 80)

Donde:

V = velocidad del flujo (m/s)
g = aceleración de la gravedad (m/s²)
d = diámetro interno de la tubería (m)
h_f = pérdida de carga por fricción (m)
L = longitud del tramo (m)
k_s = rugosidad absoluta del material (m)
ν = viscosidad cinemática del agua (m²/s)

Rugosidad absoluta (k_s) para diferentes materiales utilizados en la fabricación de tuberías	
Material	**k_s (mm)**
Vidrio	0.0003
PVC, CPVC	0.0015
Asbesto cemento	0.03
GRP	0.03
Acero	0.046
Hierro forjado	0.06
CCP	0.12
Hierro fundido asfaltado	0.12
Hierro galvanizado	0.15
Arcilla vitrificada	0.15
Hierro fundido	0.15
Hierro dúctil	0.25
Madera cepillada	0.18 – 0.9
Concreto	0.3 – 3.0
Acero bridado	0.9 – 9.0

Tabla 10. Valores de rugosidad absoluta de diferentes materiales para tuberias.
Fuente: (Saldarriaga, 2019)

La pérdida de carga por fricción h_f empleada en la ecuación de velocidad se obtendrá a partir de la altura de carga total (H) del tramo analizado. Para cada conducción, dicho valor corresponderá a la fracción de la altura de carga disponible que es disipada por fricción, una vez descontadas las pérdidas menores asociadas a los accesorios hidráulicos, de acuerdo con el tipo de pérdidas predominantes (**Ecuación 10**). **Este valor se determinará de forma iterativa durante el proceso de dimensionamiento, garantizando la coherencia entre la velocidad calculada, el diámetro adoptado y la energía disponible.**

Durante el proceso de cálculo, es indispensable diferenciar si la metodología a emplear corresponde a bajas o altas pérdidas menores, como se explica en el siguiente inciso.

5.8.3. Clasificación del sistema según pérdidas menores

Con el fin de caracterizar el comportamiento hidráulico del sistema, se compararán las pérdidas menores con las pérdidas por fricción, aplicando el siguiente criterio:

$\Sigma h_m < 0.3\, h_f$ → Bajas pérdidas menores

$\Sigma h_m \geq 0.3\, h_f$ → Altas pérdidas menores

Las pérdidas menores se calcularán considerando los accesorios hidráulicos presentes en cada tramo, tales como bocas de campana, codos y válvulas, mediante la **Ecuación 13**.

$$\Sigma h_m = \sum K_m \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 13. Pérdidas menores.
Fuente: (Saldarriaga, 2019, pág. 96)

Donde:

ΣKm = coeficiente de perdidas menores (m)

V = velocidad (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

La sumatoria de perdidas menores se encuentra en función de la longitud de la tubería y la cantidad de accesorios a emplear según la Tabla 11.

Coeficientes para pérdidas menores en accesorios y codos	
Accesorio	**k_m (mm)**
Válvula de globo, completamente abierta	10
Válvula en ángulo, completamente abierta	5
Válvula de cheque, completamente abierta	2.5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Válvula de compuerta, con ¾ de apertura	1.00 – 1.15
Válvula de compuerta, con ½ de apertura	5.6
Válvula de compuerta, con ¼ de apertura	24
Codo de radio corto (r/d ≤ 1)	0.9
Codo de radio mediano	0.75 – 0.80
Codo de gran radio (r/d ≥ 1.5)	0.6
Codo de 45°	0.40 – 0.42
Retorno (curva en U)	2.2
Tee en sentido recto	0.3
Tee a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Ye de 45°, en sentido recto	0.3
Ye de 45°, salida lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo reentrante	0.9
Salida	1

Tabla 11. Coeficientes para pérdidas menores en accesorios y codos.
Fuente: (Saldarriaga, 2019)

5.8.4. Criterio de dimensionamiento para bajas pérdidas menores

En los tramos clasificados con bajas pérdidas menores, el comportamiento hidráulico del sistema se encontrará dominado principalmente por las pérdidas de carga por fricción que se generan a lo largo de la conducción, mientras que las pérdidas localizadas asociadas a accesorios hidráulicos tendrán una influencia secundaria dentro del balance energético total.

Bajo esta condición, el dimensionamiento de la tubería se realizará verificando que la altura de carga disponible H entre el punto inicial y final del tramo sea suficiente para compensar la totalidad de las pérdidas hidráulicas del sistema. Este criterio se evaluará mediante la aplicación de la ecuación general de la energía (**Ecuación 10**).

Para estos tramos, el proceso de dimensionamiento se iniciará con la selección de un diámetro preliminar, el cual será evaluado mediante el cálculo de la velocidad del flujo. A partir de dicha velocidad se determinarán las pérdidas por fricción y las pérdidas menores correspondientes, verificando el cumplimiento del balance energético.

Cuando el balance de energía sea satisfecho, se considerará que el diámetro adoptado es hidráulicamente adecuado, siempre que la velocidad obtenida se mantenga dentro de rangos admisibles para tuberías a presión y no genere pérdidas excesivas de energía ni condiciones operativas desfavorables. En caso de que la altura de carga disponible no sea suficiente para compensar las pérdidas calculadas, el diámetro de la tubería será ajustado de manera iterativa hasta cumplir con la condición energética establecida.

Este criterio es coherente con la hipótesis de bajas pérdidas menores, en la cual la disipación de energía del sistema está controlada principalmente por el rozamiento interno del flujo a lo largo de la conducción, permitiendo que el dimensionamiento se gobierne por la relación entre la longitud del tramo, el diámetro de la tubería y la velocidad del flujo.

En consecuencia, en este tipo de tramos el control del diseño no se realizará por la velocidad permisible, sino por la verificación del equilibrio energético del sistema, diferenciándose claramente del criterio aplicado en conducciones con altas pérdidas menores.

5.8.5. Criterio de dimensionamiento para altas pérdidas menores

En tramos clasificados con altas pérdidas menores, el dimensionamiento se controlará directamente por la velocidad del flujo, donde la velocidad a través de la tubería (**Ecuación 12**) debe ser igual o menor a la velocidad por pérdidas, para ello se aplicará la **Ecuación 14**.

$$Vp = \sqrt{\frac{2g(H - h_f)}{\Sigma k_m}}$$

Ecuación 14. Velocidad de pérdida.
Fuente: (Saldarriaga, 2019, pág. 97)

Donde:

- Vp = velocidad de perdida (m/s)

- g = aceleración de la gravedad (m/s²)
- H = altura de carga total (m)
- h_f = perdidas por fricción (m)
- ΣKm = coeficiente de perdidas menores (m)

Cuando se emplea la metodología por altas perdidas menores, el principio de emplear tuberías a presión simple se mantiene ($Q_{captado} \geq Q_{escorrentia}$), el equilibrio hidráulico se da cuando la velocidad por pérdidas se iguala a la velocidad a través de la tubería, razón por la cual la altura por fricción se modifica iterativamente hasta que se den los principios antes mencionados en función del diámetro seleccionado.

5.8.6. Chequeo de autolimpieza

Como criterio complementario de funcionamiento hidráulico, se verificará el esfuerzo cortante en la pared de la tubería mediante la **Ecuación 15.**

$$\tau = \gamma RS$$

Ecuación 15. Esfuerzo cortante en tubería.
Fuente: (Saldarriaga, 2019, pág. 5)

Donde:

- y = peso específico del agua (N/m³)
- R = radio hidráulico (m)
- S = pendiente del tramo (m/m)

El diseño se considerará aceptable cuando el esfuerzo cortante resultante sea superior a 2 Pa. El chequeo de autolimpieza mediante el esfuerzo cortante tendrá un carácter verificativo y no condicionará directamente el dimensionamiento del diámetro de la tubería. Este análisis se realizará con el fin de comprobar que las condiciones hidráulicas obtenidas permitan evitar procesos de sedimentación durante la operación del sistema, complementando así los criterios energéticos y de velocidad empleados en el diseño.

5.8.7. Herramientas de cálculo utilizadas

El dimensionamiento hidráulico y la verificación del sistema se realizarán utilizando el programa TUBERÍAS, desarrollado por Juan Saldarriaga, el cual implementa de forma iterativa las ecuaciones fundamentales del flujo en tuberías a presión simple. De manera complementaria, se empleará una hoja de cálculo elaborada por el consultor, coherente con el programa y con la teoría hidráulica, que permitirá validar los resultados, sistematizar los chequeos hidráulicos y garantizar la trazabilidad de los cálculos presentados.

6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología descrita en el capítulo anterior. Estos resultados corresponden a los análisis hidrológicos e hidráulicos realizados y constituyen la base para la evaluación y dimensionamiento de las obras de drenaje pluvial proyectadas.

6.1. Análisis Pluviométrico

De acuerdo con lo descrito en el componente metodológico, para el análisis pluviométrico se descargaron los registros diarios de precipitación correspondientes al período 1995–2024 de la estación Boca de la Ceiba. A partir de esta información, los datos fueron filtrados seleccionando el valor máximo diario de cada año, con el fin de construir una serie de precipitaciones máximas en 24 horas a escala multianual.

Durante la revisión de la serie obtenida se identificó la presencia de datos faltantes correspondientes a los años 1999 y 2004 (**Tabla 2**). Para la estimación de estos valores se consultaron los registros de la estación Aeropuerto Los Garzones, la cual corresponde a la estación más cercana con información disponible para dichos años. Los resultados obtenidos para la estimación de los datos faltantes se presentan en el inciso siguiente.

Para la estimación de los datos faltantes de la estación Boca de la Ceiba, correspondientes a los años 1999 y 2004, se realizó inicialmente un análisis de regresión lineal, considerando como estación de análisis (Y) la estación Boca de la Ceiba y como estación índice (X) la estación Aeropuerto Los Garzones.

No obstante, los resultados obtenidos a partir de la regresión lineal no resultaron estadísticamente adecuados, evidenciando una baja capacidad explicativa del modelo. Adicionalmente, al aplicar la **Ecuación 1** para la estimación de los valores faltantes, se observó un comportamiento no coherente en los datos proyectados, reflejado en valores de precipitación que no guardaban consistencia con el comportamiento histórico de la estación índice. En consecuencia, esta metodología fue descartada para la complementación de la serie.

Así las cosas, a partir de los registros pluviométricos depurados para los años que ambas estaciones tenían datos disponibles de manera simultánea se calcularon los promedios de precipitación de cada estación y se aplicó la **Ecuación 2**, obteniéndose un **factor de mayoración de 1.18**. Dicho factor fue utilizado para la estimación de los datos faltantes de la estación Boca de la Ceiba, permitiendo complementar la serie de precipitaciones máximas en 24 horas de manera consistente y coherente con el comportamiento climático regional. De esta manera se pudo obtener el promedio de **precipitación máxima diaria a escala multianual con un valor de 95.50 mm**, como se presenta en la **Tabla 14.**

ESTACIÓN ANÁLISIS (Y)		
BOCA DE LA CEIBA		
N	Año	Pmax 24h
1	1995	82
2	1996	94

ESTACIÓN ANÁLISIS (Y)		
BOCA DE LA CEIBA		
N	Año	Pmax 24h
3	1997	90
4	1998	86
5	2000	130
6	2001	68
7	2002	70
8	2003	89
9	2005	78
10	2007	75
11	2008	110
12	2009	61
13	2010	97
14	2011	90
15	2013	65
16	2014	135
17	2015	95
18	2016	95
19	2018	85
20	2019	120
21	2020	140
22	2021	160
23	2023	80
Promedio		95.43

Tabla 12. Depuracion de datos Estación Analisis (Y).
Fuente: elaboración propia con datos de IDEAM.

ESTACIÓN INDICE (X)		
AEROPUERTO LOS GARZONES		
N	Año	Pmax 24h
1	1995	106
2	1996	82
3	1997	77.2
4	1998	89.8
5	2000	66.3
6	2001	67.6
7	2002	67.4
8	2003	74.8
9	2005	82.4
10	2007	79.8
11	2008	85.6
12	2009	88.6
13	2010	82.4
14	2011	97.6
15	2013	99.8
16	2014	72.3
17	2015	92.5
18	2016	80.2
19	2018	83.4
20	2019	65.2
21	2020	103.2
22	2021	48.6
23	2023	70.4

ESTACIÓN INDICE (X)		
AEROPUERTO LOS GARZONES		
N	Año	Pmax 24h
Promedio		81.00

Tabla 13. Depuracion de datos Estación Indice (X).
Fuente: elaboración propia con datos de IDEAM.

BOCA DE LA CEIBA		
N	Año	Pmax 24h
1	1995	82
2	1996	94
3	1997	90
4	1998	86
5	1999	85
6	2000	130
7	2001	68
8	2002	70
9	2003	89
10	2004	84
11	2005	78
12	2006	90
13	2007	75
14	2008	110
15	2009	61
16	2010	97
17	2011	90
18	2012	90
19	2013	65
20	2014	135
21	2015	95
22	2016	95
23	2017	106
24	2018	85
25	2019	120
26	2020	140
27	2021	160
28	2022	85
29	2023	80
30	2024	130
Promedio Pmax 24h		95.50

Tabla 14. Serie de registros completo Estación Análisis.
Fuente: elaboración propia con datos de IDEAM.

6.2. Análisis Morfométrico

Durante la elaboración del análisis morfométrico de la zona de estudio se determinaron las áreas de drenaje de interés con base en la topografía de detalle, obteniendo las presentadas en la **Figura 5**. Estas áreas pueden ser revisadas en el **Anexo 2. Planos de Drenaje**.



Figura 5. Áreas de Drenaje.
Fuente: elaboración propia.

Cuenca	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Area (m²)	Cálculo de Caudal	Lc (m)	Pendiente (%)
A0	K0+775.00	K0+854.00	9,068.88	**Racional**	79.0	0.72%
A1	K0+570.00	K0+775.00	7,870.81	**Racional**	205.0	0.27%
A3	K0+420.00	K0+570.00	7,289.60	**Racional**	150.0	0.26%
A5	K0+310.00	K0+420.00	5,414.70	**Racional**	110.0	0.27%
A7	K0+050.00	K0+310.00	8,117.68	**Racional**	260.0	0.22%
A9	K0+000.00	K0+050.00	1,417.22	**Racional**	50.0	0.23%
A2	K0+570.00	K0+775.00	4,817.20	**Racional**	205.0	0.27%
A4	K0+420.00	K0+570.00	3,451.31	**Racional**	150.0	0.26%
A6	K0+310.00	K0+420.00	3,232.81	**Racional**	110.0	0.27%
A8	K0+050.00	K0+310.00	6,630.48	**Racional**	260.0	0.22%
A10	K0+000.00	K0+050.00	1,150.00	**Racional**	50.0	0.23%

Tabla 15. Parámetros Morfométricos.
Fuente: elaboración propia.

6.3. Coeficiente de Escorrentía

De acuerdo con las condiciones hidrológicas y el tipo de cobertura de la zona se escoge el coeficiente de escorrentía correspondiente en la tabla antes mencionada, los valores corresponden a los definidos en la **Tabla 16**.

Área	Área (m²)	Tipo de Área de Drenaje	Distribución (%)		Coeficiente		TR 10 Años
			Cubierta	Zona Verde	Cubierta	Zona Verde	C
0	9,068.88	Concreto / Techo Zona Verde	0.50	0.50	0.83	0.37	0.60
1	7,870.81	Concreto / Techo Zona Verde	0.50	0.50	0.83	0.37	0.60
3	7,289.60	Concreto / Techo Zona Verde	0.20	0.80	0.83	0.37	0.46
5	5,414.70	Concreto / Techo Zona Verde	0.50	0.50	0.83	0.37	0.60
7	8,117.68	Concreto / Techo Zona Verde	0.40	0.60	0.83	0.37	0.55
9	1,417.22	Concreto / Techo Zona Verde	0.50	0.50	0.83	0.37	0.60
2	4,817.20	Concreto / Techo Zona Verde	0.60	0.40	0.83	0.37	0.65
4	3,451.31	Concreto / Techo Zona Verde	0.80	0.20	0.83	0.37	0.74
6	3,232.81	Concreto / Techo Zona Verde	0.60	0.40	0.83	0.37	0.65
8	6,630.48	Concreto / Techo Zona Verde	0.80	0.20	0.83	0.37	0.74
10	1,150.00	Concreto / Techo Zona Verde	0.80	0.20	0.83	0.37	0.74

Tabla 16. Coeficientes de Escorrentía Seleccionados.
Fuente: (Chow V. T., 1994)

6.4. Tiempo de Concentración

En la **Tabla 17** y **Tabla 18** se relacionan los cálculos para los diferentes tiempos de concentración presentados.

Cuenca	L. Cauce (m)	S (ad)	Δ de Elevación (m)	Área (m²)	Área Total (km²)	Ø Cuenca Circular (km)	Tr	n	C	i (mm/h) Tr2 - 10 min
A0	79	0.0072	0.57	9,069	0.009	0.11	10	0.02	0.60	158.178
A1	205	0.0027	0.55	7,871	0.008	0.10	10	0.02	0.60	158 178
A3	150	0.0026	0.39	7,290	0.007	0.10	10	0.02	0.46	158.178
A5	110	0.0027	0.30	5,415	0.005	0.08	10	0.02	0.60	158.178
A7	260	0.0022	0.56	8,118	0.008	0.10	10	0.02	0.55	158.178
A9	50	0.0023	0.12	1,417	0.001	0.04	10	0.02	0.60	158.178
A2	205	0.0027	0.55	4,817	0.005	0.08	10	0.02	0.65	158.178
A4	150	0.0026	0.39	3,451	0.003	0.07	10	0.02	0.74	158.178
A6	110	0.0027	0.30	3,233	0.003	0.06	10	0.02	0.65	158.178
A8	260	0.0022	0.56	6,630	0.007	0.09	10	0.02	0.74	158.178
A10	50	0.0023	0.12	1,150	0.001	0.04	10	0.02	0.74	158.178

Tabla 17. Parámetros para Cálculo de Tiempo de Concentración.
Fuente: elaboración propia.

Cuenca	L. Cauce (m)	S (ad)	Kirpich (1940)	Johnstone y Cross (1949)	California Culvert (1960)	Dpto Obras Publicas (1995)	Williams Li y Chibber (2008)	Sheridan (1994 - 2010)	Ventura Heras (2013)	Tc Selec (min)
A0	79	0.0072	3.76	10.78	3.77	3.76	4.90	2.28	2.85	15.00
A1	205	0.0027	11.45	28.39	11.46	11.45	15.70	7.42	7.01	15.00
A3	150	0.0026	9.17	24.89	9.18	9.17	11.69	5.65	5.60	15.00
A5	110	0.0027	7.07	20.72	7.07	7.07	8.73	4.17	4.39	15.00
A7	260	0.0022	14.98	35.74	14.99	14.98	20.76	9.89	8.74	17.15
A9	50	0.0023	4.11	15.19	4.11	4.11	4.69	2.13	2.51	15.00
A2	205	0.0027	11.45	28.39	11.46	11.45	16.49	7.42	7.01	15.00
A4	150	0.0026	9.17	24.89	9.18	9.17	12.60	5.65	5.60	15.00
A6	110	0.0027	7.07	20.72	7.07	7.07	9.20	4.17	4.39	15.00
A8	260	0.0022	14.98	35.74	14.99	14.98	21.19	9.89	8.74	17.22
A10	50	0.0023	4.11	15.19	4.11	4.11	4.79	2.13	2.51	15.00

Tabla 18. Tiempos de Concentración.
Fuente: elaboración propia.

6.1. Cálculo de Caudales de Escorrentía

A continuación, en la **Tabla 19** se presenta el cálculo de los caudales de escorrentía correspondientes al área de estudio.

Área	Área Total (km²)	L. Cauce (m)	S prom (%)	Tc (h)	Caudales de Diseño			
					Tr (años)	C (ad)	i (mm/h)	Q (m³/s)
A0	0.0091	79.00	0.72%	0.25	10	0.60	130.12	**0.20**
A1	0.0079	205.00	0.27%	0.25	10	0.60	130.12	**0.17**
A3	0.0073	150.00	0.26%	0.25	10	0.46	130.12	**0.12**
A5	0.0054	110.00	0.27%	0.25	10	0.60	130.12	**0.12**
A7	0.0081	260.00	0.22%	0.29	10	0.55	121.68	**0.15**
A9	0.0014	50.00	0.23%	0.25	10	0.60	130.12	**0.03**
A2	0.0048	205.00	0.27%	0.25	10	0.65	130.12	**0.11**
A4	0.0035	150.00	0.26%	0.25	10	0.74	130.12	**0.09**
A6	0.0032	110.00	0.27%	0.25	10	0.65	130.12	**0.08**
A8	0.0066	260.00	0.22%	0.29	10	0.74	121.46	**0.17**
A10	0.0012	50.00	0.23%	0.25	10	0.74	130.12	**0.03**

Tabla 19. Cálculo de Caudales de Escorrentía.
Fuente: elaboración propia

6.2. Chequeo Hidráulico de la Vía

De acuerdo con el diseño geométrico del tramo vial correspondiente al sector El Tapao, se identificaron cuatro puntos bajos a lo largo del alineamiento, los cuales presentan potencial de acumulación de agua durante eventos de lluvia. Con el fin de garantizar el adecuado drenaje superficial y evitar afectaciones a la operación de la vía, se plantea la implementación de sumideros transversales con rejillas de captación aptas para tránsito pesado.

Los sumideros transversales tienen una mayor eficiencia hidráulica frente a los sumideros tipo ventana o de rejilla lateral, dado que permiten interceptar el flujo a lo ancho de la calzada y cuentan con una mayor área efectiva de captación. Adicionalmente, la configuración propuesta incorpora una obra hidráulica tipo cárcamo bajo la vía, lo cual incrementa la capacidad de evacuación del sistema y mejora su desempeño durante eventos de lluvia intensa.

Para el dimensionamiento de estas estructuras es necesario determinar los valores de tirante y velocidad de la escorrentía superficial asociada a los caudales de diseño para los periodos de retorno adoptados. Dichos parámetros se evaluaron a partir de las características geométricas de la vía, pendientes longitudinales y transversales, coeficientes de rugosidad de Manning.

Los resultados del análisis hidráulico se presentan en la **Tabla 20** donde se resumen los parámetros utilizados para el chequeo de tirantes y en la **Tabla 21** en la cual se muestran los tirantes críticos evaluados, la condición de flujo y la verificación de la altura de bordillo, evidenciando que el sistema propuesto opera dentro de condiciones hidráulicamente aceptables.

Por otro lado, el cálculo del esfuerzo cortante medio sobre la superficie de la vía arroja valores entre 1.38 Pa y 1.47 Pa en algunos tramos analizados. Al contrastar estos resultados con la normativa técnica vigente, se concluye lo siguiente:

- Los valores obtenidos superan el umbral básico de arrastre de sedimentos finos (mayor a 1.0 Pa), garantizando una capacidad de transporte suficiente para evitar la sedimentación de arenas durante eventos de lluvia.
- Si bien los resultados son ligeramente inferiores al estándar de 2.0 Pa exigido para colectores de alcantarillado pluvial, se consideran técnicamente aceptables para una estructura de drenaje superficial. A diferencia de las tuberías confinadas, la autolimpieza de la vía no depende exclusivamente de la variable hidráulica, sino que se complementa con la gestión operativa de barrido y la captación eficiente mediante sumideros transversales en los puntos bajos, mitigando cualquier riesgo de colmatación.

Zona	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Tipo de Bombeo	Ancho de calle	Bombeo	Pendiente vía	Manning
				B (m)	m/m	m/m	n
Tramo 1	K0+854.00	K0+775.00	2	5.00	2.00%	0.0072	0.040
Tramo 2	K0+775.00	K0+570.00	1	5.00	3.80%	0.0026	0.020
Tramo 3	K0+570.00	K0+420.00	1	5.00	0.85%	0.0024	0.020
Tramo 4	K0+420.00	K0+310.00	2	5.00	2.00%	0.0023	0.020

Tabla 20. Parámetros para Chequeo de Tirantes.
Fuente: elaboración propia.

Abscisa Inicial	Abscisa Final	Ah	Perímetro	Rh	V	Q Diseño	Q vía	Tirante Crítico	Altura Bordillo	Revisión de Altura	τ
		m²	P (m)	m	m/s	m³/s	m³/s	y (m)	(m)		Pa
K0+854.00	K0+775.00	0.47	5.24	0.09	0.42	0.20	**0.20**	**0.12**	**0.20**	OK	6.28
K0+775.00	K0+570.00	0.36	4.51	0.08	0.47	0.17	**0.17**	**0.17**	**0.20**	OK	2.05
K0+570.00	K0+420.00	0.32	5.17	0.06	0.39	0.12	**0.12**	**0.09**	**0.20**	OK	1.47
K0+420.00	K0+310.00	0.32	5.18	0.06	0.37	0.12	**0.12**	**0.09**	**0.20**	OK	1.38

Tabla 21. Tirantes Criticos en Vías Evaluadas.
Fuente: elaboración propia.

6.3. Cálculo de Velocidad de Hidroplaneo

A continuación, se presentan los resultados de la verificación de seguridad ante el hidroplaneo en los tramos analizados. Para cada tramo se calculó la velocidad crítica de hidroplaneo utilizando el método de Gallaway et al, en función del tirante hidráulico obtenido y una velocidad de operación de 30 km/h. Los valores resultantes se detallan en la **Tabla 22.**

Zona	H	Vd	PMT	TD	P	SD	A	Vh	Chequeo
	mm	km/h	mm	mm	kPa	%			
Tramo 1	118.1601	30	0.5	0.5	341	10	12.99	**76.09**	**CUMPLE**
Tramo 2	165.0369	30	0.5	0.5	341	10.0	12.80	**74.98**	**CUMPLE**
Tramo 3	85.0277	30	0.5	0.5	341	10.0	13.18	**77.20**	**CUMPLE**

Zona	H	Vd	PMT	TD	P	SD	A	Vh	Chequeo
	mm	km/h	mm	mm	kPa	%			
Tramo 4	88.5949	30	0.5	0.5	341	10.0	13.16	**77.06**	**CUMPLE**

Tabla 22. Calculo de Velocidades de Hidroplaneo.
Fuente: elaboración propia.

6.4. Dimensionamiento de Estructura de Captación Sumideros Transversales

A continuación, en la **Tabla 23** se presentan los resultados del dimensionamiento hidráulico de las estructuras de captación correspondientes a los sumideros transversales proyectados, los cuales se diseñan con sección rectangular bajo las rejillas. Para cada caso se verifica que la capacidad hidráulica de la estructura sea igual o superior al caudal de diseño, así como el cumplimiento de criterios de velocidad admisible y tirante operativo.

Adicionalmente, se proyecta una estructura tipo cámara de alivio hidráulico, ubicada en la abscisa K0+410 de la vía, la cual adopta una sección base equivalente a la de los sumideros transversales. Esta estructura no forma parte del dimensionamiento hidráulico principal del sistema, sino que cumple una función auxiliar de compensación hidráulica, por lo cual será cubierta y no operará de manera permanente.

La cámara de alivio entrará en funcionamiento únicamente bajo condiciones excepcionales, tales como eventos de precipitación superiores a los asociados al período de retorno de diseño o cuando la red de tuberías ubicada en uno de los costados de la vía presente una capacidad hidráulica reducida o un funcionamiento temporalmente limitado. En dichos escenarios, la estructura permitirá el trasvase controlado del exceso de escorrentía hacia el costado opuesto, posibilitando que la red pluvial del otro borde actúe como sistema de compensación hidráulica, evitando sobrecargas, encharcamientos y afectaciones a la funcionalidad y seguridad del corredor vial.

En la Tabla 22 se resumen las dimensiones adoptadas, los parámetros hidráulicos calculados y las verificaciones de capacidad, velocidad y tirante, evidenciándose que todas las estructuras proyectadas cumplen con los criterios hidráulicos establecidos.

6.1. Dimensionamiento de Rejillas para Sumideros Transversales

Para el sumidero transversal se plantea la colocación de rejillas de tráfico pesado, se plantean rejillas metálicas de tráfico pesado. Para verificar que la cantidad de rejillas a instalar (4) sea suficiente para el drenaje, se realiza su chequeo en la **Tabla 24**.

Estructura	Seccion	SL	n	b (m)	Qd (m³/s)	Factor Sección	AH (m²)	PM (m)	RH (m)	FS
Sumidero 1	Rectangular	0.50%	0.020	0.60	**0.197**	**0.056**	0.19	1.25	0.16	**0.056**
Sumidero 2	Rectangular	1.00%	0.020	0.60	**0.497**	**0.099**	0.30	1.61	0.19	**0.100**
Sumidero 3	Rectangular	1.00%	0.020	0.60	**0.510**	**0.102**	0.31	1.63	0.19	**0.102**
Sumidero 4	Rectangular	0.50%	0.020	0.60	**0.061**	**0.017**	0.08	0.87	0.09	**0.017**

Estructura	y (m)	V (m/s)	Rev. Vel	AH (m²)	PM (m)	RH (m)	H Inicial (m)	H Final (m)	H Diseño (m)	Rev. Prof	Capacidad (m³/s)	FS	Rev. Capacidad
Sumidero 1	0.32	1.02	OK	0.25	1.42	0.17	0.50	0.52	0.41	**OK**	0.270	1.37	OK
Sumidero 2	0.51	1.64	OK	0.52	2.34	0.22	0.85	1.09	0.87	**OK**	0.960	1.93	OK
Sumidero 3	0.52	1.65	OK	0.32	1.66	0.19	0.65	0.61	0.53	**OK**	0.528	1.04	OK
Sumidero 4	0.14	0.76	OK	0.19	1.22	0.15	0.41	0.41	0.31	**OK**	0.188	3.05	OK

Tabla 23. Dimensionamiento de la estructura del sumidero.

Fuente: elaboración propia.

Estructura	Tirante sobre la Rejilla (y1)	Profundidad del Sumidero (y2)	Ancho del Sumidero Transversal	Velocidad del Flujo	Aceleración de la gravedad	Alcance del filo superior	Alcance del filo inferior	Ancho Rejilla Diseño	Revisión largo de la rejilla
	m	m	m	m/s	m/s²	m	m	m	
Sumidero 1	0.12	0.41	5.00	0.42	9.81	0.38	0.26	0.43	**OK**
Sumidero 2	0.17	0.87	5.00	0.47	9.81	0.43	0.31	0.48	**OK**
Sumidero 3	0.09	0.53	5.00	0.39	9.81	0.34	0.22	0.39	**OK**
Sumidero 4	0.09	0.31	5.00	0.37	9.81	0.34	0.22	0.39	**OK**

Estructura	Tirante sobre la Rejilla (y1)	Profundidad del Sumidero (y2)	Ancho del Sumidero Transversal	Velocidad del Flujo	Aceleración de la gravedad	Ancho	Longitud	Cantidad	Área Libre	Área Total	e
	m	m	m	m/s	m/s²	m	m	und	m²	m²	ad.
Sumidero 1	0.12	0.41	5.00	0.42	9.81	0.70	1.00	4.00	1.04	2.80	0.37
Sumidero 2	0.17	0.87	5.00	0.47	9.81	0.70	1.00	4.00	1.04	2.80	0.37
Sumidero 3	0.09	0.53	5.00	0.39	9.81	0.70	1.00	4.00	1.04	2.80	0.37
Sumidero 4	0.09	0.31	5.00	0.37	9.81	0.70	1.00	4.00	1.04	2.80	0.37

Estructura	Tirante sobre la Rejilla (y1)	Profundidad del Sumidero (y2)	Ancho del Sumidero Transversal	Velocidad del Flujo	Aceleración de la gravedad	Qd	Cd	Ec	FS	L	Longitud Diseño	Chequeo
	m	m	m	m/s	m/s²	m³/s	ad.	m	ad.	m	m	
Sumidero 1	0.12	0.41	5.00	0.42	9.81	0.20	0.63	0.13	2.00	**0.22**	**4.00**	OK
Sumidero 2	0.17	0.87	5.00	0.47	9.81	0.50	0.62	0.18	2.00	**0.47**	**4.00**	OK
Sumidero 3	0.09	0.53	5.00	0.39	9.81	0.51	0.62	0.09	2.00	**0.67**	**4.00**	OK
Sumidero 4	0.09	0.31	5.00	0.37	9.81	0.06	0.63	0.10	2.00	**0.08**	**4.00**	OK

Tabla 24. Chequeo de Rejillas de Sumideros.

consorciovíasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Monteria, Córdoba, Colombia

6.2. Dimensionamiento de Tuberías a Presión Simple

A continuación, se presenta el chequeo de las tuberías pluviales propuestas las cuales funcionarán a presión simple.

Inicio	Final	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Cota Energía Inicial	Cota Energía Final	Altura de Carga Máxima (H)	Longitud conducción (L)	Pérdidas Boca Acampanada	Coeficiente perdidas menores (ΣKm)	Σhm	hf	0.3hf	Tipo de Pérdidas Menores
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
CJ1	CJ16	K0+784.80	K0+580.24	13.14	12.40	0.74	204.56	0.10	3.147	0.319	0.421	0.222	ALTAS
CJ26	CJ16	K0+579.34	K0+422.68	12.53	12.40	0.13	156.66	0.10	2.410	0.052	0.078	0.039	ALTAS
CJ26	CJ35	K0+421.78	K0+320.48	12.53	12.40	0.13	101.30	0.10	1.558	0.053	0.077	0.039	ALTAS
CJ35	CJ57	K0+319.58	K0+011.72	12.75	12.05	0.70	307.86	0.10	4.736	0.295	0.405	0.210	ALTAS
CJ57	E1	K0+010.82	K0+000.00	13.08	13.00	0.08	10.82	0.10	0.166	0.035	0.043	0.040	BAJAS
CJ58	CJ74	K0+769.18	K0+573.95	13.10	12.40	0.70	195.23	0.10	3.004	0.203	0.497	0.210	BAJAS
CJ82	CJ74	K0+573.05	K0+415.46	13.06	12.40	0.66	157.59	0.10	2.424	0.176	0.484	0.198	BAJAS
CJ82	CJ90	K0+414.56	K0+317.74	12.60	12.15	0.45	96.82	0.10	1.490	0.121	0.329	0.135	BAJAS
CJ90	CJ111	K0+316.84	K0+007.64	12.90	12.32	0.58	309.20	0.10	4.757	0.242	0.338	0.174	ALTAS
CJ111	E2	K0+006.74	K0+000.00	12.85	12.76	0.09	6.74	0.10	0.104	0.041	0.049	0.027	ALTAS

Inicio	Final	Diámetro Comercial	Velocidad	Q Diseño	Q Tubería	Vp	Q>Qd	Chequeo Carga	Chequeo Velocidad	Cota Batea Inicial	Cota Batea Final	Pendiente	τ	Chequeo Autolimpieza
		in	m/s	m³/s	m³/s	m/s				m	m	m/m	>2 Pa	
CJ1	CJ16	**24"**	**1.411**	**0.368**	0.392	1.411	**OK**	**OK**	**OK**	12.51	11.60	0.44%	6.48	**OK**
CJ26	CJ16	**24"**	**0.649**	**0.122**	0.180	0.649	**OK**	**OK**	**OK**	12.25	11.60	0.41%	6.04	**OK**
CJ26	CJ35	**24"**	**0.817**	**0.118**	0.227	0.817	**OK**	**OK**	**OK**	12.25	11.82	0.42%	6.18	**OK**
CJ35	CJ57	**24"**	**1.105**	**0.300**	0.307	1.105	**OK**	**OK**	**OK**	11.77	11.35	0.14%	2.01	**OK**
CJ57	E1	**24"**	**2.023**	**0.300**	0.563	0.000	**OK**	**OK**	**NO APLICA**	11.35	11.33	0.18%	2.69	**OK**
CJ58	CJ74	**16"**	**1.150**	**0.113**	0.118	0.000	**OK**	**OK**	**NO APLICA**	12.40	11.63	0.39%	3.49	**OK**
CJ82	CJ74	**14"**	**1.193**	**0.092**	0.100	0.000	**OK**	**OK**	**NO APLICA**	12.19	11.63	0.36%	2.84	**OK**
CJ82	CJ90	**14"**	**1.262**	**0.076**	0.106	0.000	**OK**	**OK**	**NO APLICA**	12.20	11.95	0.26%	2.07	**OK**
CJ90	CJ111	**24"**	**0.998**	**0.271**	0.278	0.998	**OK**	**OK**	**OK**	11.90	11.47	0.14%	2.02	**OK**
CJ111	E2	**24"**	**2.796**	**0.271**	0.777	2.796	**OK**	**OK**	**OK**	11.47	11.46	0.16%	2.38	**OK**

Tabla 25. Chequeo de Tuberías de Drenaje.

CONSORCIO VÍAS DEL SINÚ

TUBERIAS BORDE DERECHO

Diseño de Tuberías Simples con Altas Pérdidas Menores

Datos | Diámetros para el diseño

Datos Tubería

Rugosidad	0.0015	Milímetros
Longitud	204.56	Metros
Coeficiente de pérdidas menores	3.147	

Tipo de Resultado

○ Real ◉ Comercial

Resultados para diámetro comercial

Diámetro	595	Milímetros
Caudal	392.2	Litros por segundo
Velocidad	1.41	Metros / segundo
Pérdidas por fricción	0.4208	Metros de agua
Pérdidas menores	0.3192	Metros de agua
Número de Reynolds	8.335 E5	

Datos Energía Disponible

Total	13.14	Metros de agua
Llegada	12.4	Metros de agua

Datos del fluido

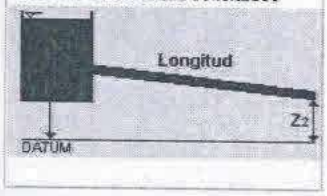
Fluido	Agua a 20ºC	
Densidad	998.2	Kilogramo/metro^3
Viscosidad	0.001005	Pascal por segundo
Caudal	0.368	Metro^3/segundo

Calcular

Cerrar

Cargar Ejemplo 2.3

Muestra de los datos solicitados



Diseño de Tuberías Simples con Altas Pérdidas Menores

Datos | Diámetros para el diseño

Datos Tubería

Rugosidad	0.0015	Milímetros
Longitud	156.66	Metros
Coeficiente de pérdidas menores	2.41	

Tipo de Resultado

○ Real ◉ Comercial

Resultados para diámetro comercial

Diámetro	595	Milímetros
Caudal	180.4	Litros por segundo
Velocidad	0.6489	Metros / segundo
Pérdidas por fricción	7.826 E-2	Metros de agua
Pérdidas menores	5.174 E-2	Metros de agua
Número de Reynolds	3.835 E5	

Datos Energía Disponible

Total	12.53	Metros de agua
Llegada	12.4	Metros de agua

Datos del fluido

Fluido	Agua a 20ºC	
Densidad	998.2	Kilogramo/metro^3
Viscosidad	0.001005	Pascal por segundo
Caudal	0.122	Metro^3/segundo

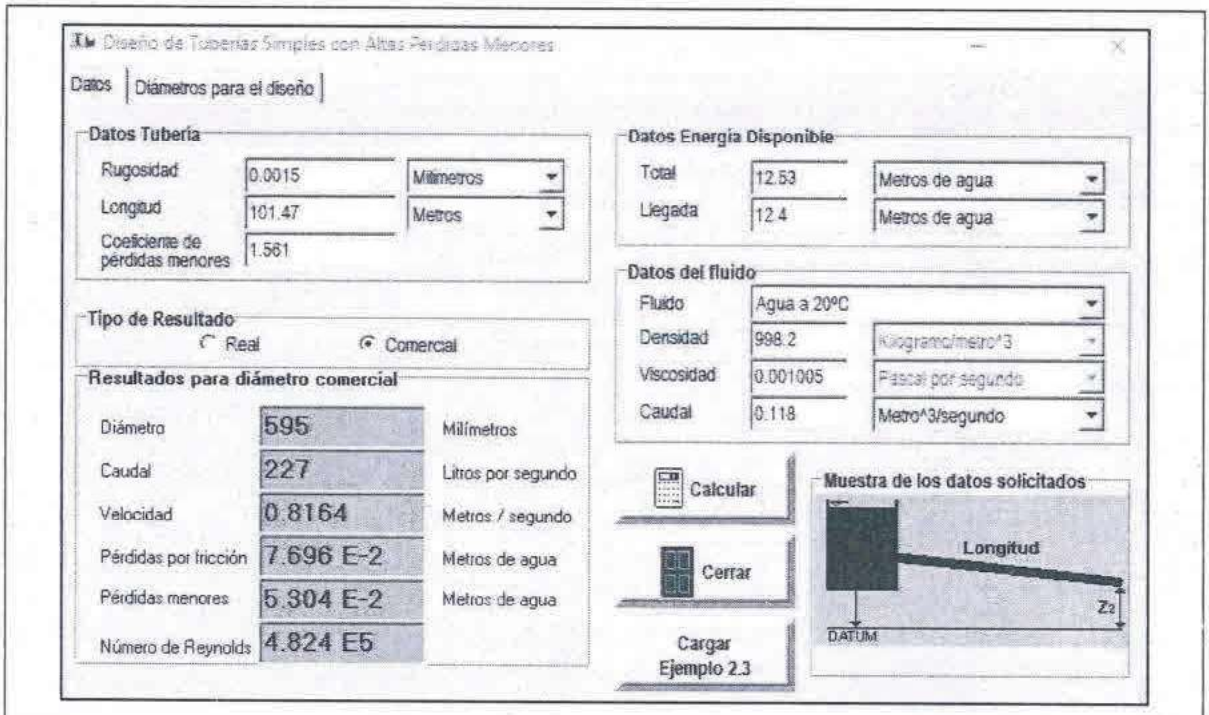
Calcular

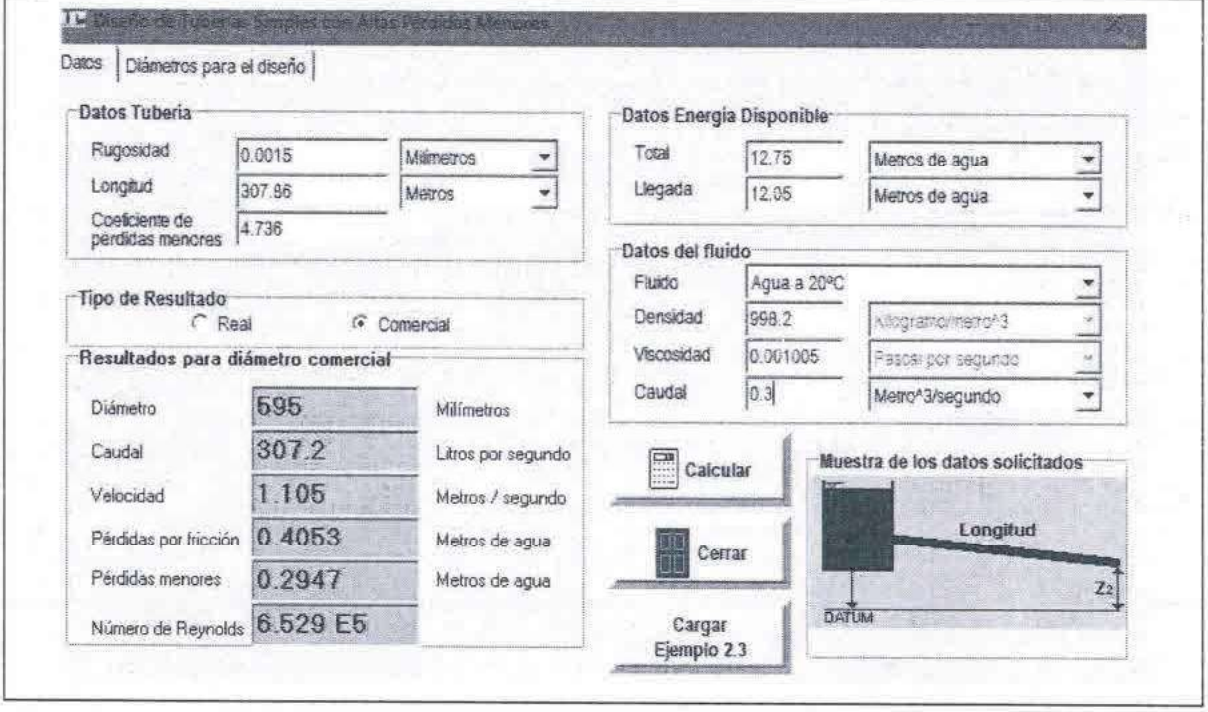
Cerrar

Cargar Ejemplo 2.3

Muestra de los datos solicitados







consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Monteria, Córdoba, Colombia

CONSORCIO VÍAS DEL SINÚ

Diseño de Tuberias Simples

Datos | Diámetros para el diseño

Datos Tuberia

Rugosidad	0.0015	Milimetros
Longitud	10.82	Metros
Coeficiente de pérdidas menores	0.166	

Tipo de Resultado

○ Real ◉ Comercial

Resultados para diámetro comercial

Diámetro	595	Milímetros
Caudal	570.9	Litros por segundo
Velocidad	2.053	Metros / segundo
Pérdidas por fricción	4.431 E-2	Metros de agua
Pérdidas menores	3.569 E-2	Metros de agua
Numero de Reynolds	4.364 E6	

Datos Energia Disponible

Total	13.08	Metros de agua
Llegada	13	Metros de agua

Datos del fluido

Fluido	Agua a 20ºC	
Densidad	998.2	Kilogramo/metro^3
Viscosidad	0.001005	Pascal por segundo
Caudal	0.3	Metro^3/segundo

Calcular

Cargar Ejemplo 2.3

Cerrar

Muestra de los datos solicitados



TUBERIAS BORDE IZQUIERDO

Diseño de Tuberias Simples

Datos | Diámetros para el diseño

Datos Tuberia

Rugosidad	0.0015	Milimetros
Longitud	10.82	Metros
Coeficiente de pérdidas menores	0.166	

Tipo de Resultado

○ Real ◉ Comercial

Resultados para diámetro comercial

Diámetro	595	Milímetros
Caudal	570.9	Litros por segundo
Velocidad	2.053	Metros / segundo
Pérdidas por fricción	4.431 E-2	Metros de agua
Pérdidas menores	3.569 E-2	Metros de agua
Numero de Reynolds	4.364 E6	

Datos Energia Disponible

Total	13.08	Metros de agua
Llegada	13	Metros de agua

Datos del fluido

Fluido	Agua a 20ºC	
Densidad	998.2	Kilogramo/metro^3
Viscosidad	0.001005	Pascal por segundo
Caudal	0.3	Metro^3/segundo

Calcular

Cargar Ejemplo 2.3

Cerrar

Muestra de los datos solicitados

Longitud

Z2

DATUM

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Montería, Córdoba, Colombia

Diseño de Tuberías Simples

Datos | Diámetros para el diseño

Datos Tubería

Rugosidad	0.0015	Milímetros
Longitud	157.59	Metros
Coeficiente de pérdidas menores	2.424	

Tipo de Resultado

○ Real ◉ Comercial

Resultados para diámetro comercial

Diámetro	327	Milímetros
Caudal	100.2	Litros por segundo
Velocidad	1.193	Metros / segundo
Pérdidas por fricción	0.4841	Metros de agua
Pérdidas menores	0.1759	Metros de agua
Numero de Reynolds	4.613 E6	

Datos Energía Disponible

Total	13.06	Metros de agua
Llegada	12.40	Metros de agua

Datos del fluido

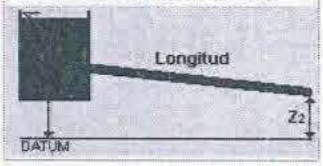
Fluido	Agua a 20ºC	
Densidad	998.2	Kilogramo/metro^3
Viscosidad	0.001005	Pascal por segundo
Caudal	0.092	Metro^3/segundo

Calcular

Cargar Ejemplo 2.3

Cerrar

Muestra de los datos solicitados



Diseño de Tuberías Simples

Datos | Diámetros para el diseño

Datos Tubería

Rugosidad	0.0015	Milímetros
Longitud	96.82	Metros
Coeficiente de pérdidas menores	1.49	

Tipo de Resultado

○ Real ◉ Comercial

Resultados para diámetro comercial

Diámetro	327	Milímetros
Caudal	105.9	Litros por segundo
Velocidad	1.261	Metros / segundo
Pérdidas por fricción	0.3291	Metros de agua
Pérdidas menores	0.1209	Metros de agua
Numero de Reynolds	4.878 E6	

Datos Energía Disponible

Total	12.6	Metros de agua
Llegada	12.15	Metros de agua

Datos del fluido

Fluido	Agua a 20ºC	
Densidad	998.2	Kilogramo/metro^3
Viscosidad	0.001005	Pascal por segundo
Caudal	0.076	Metro^3/segundo

Calcular

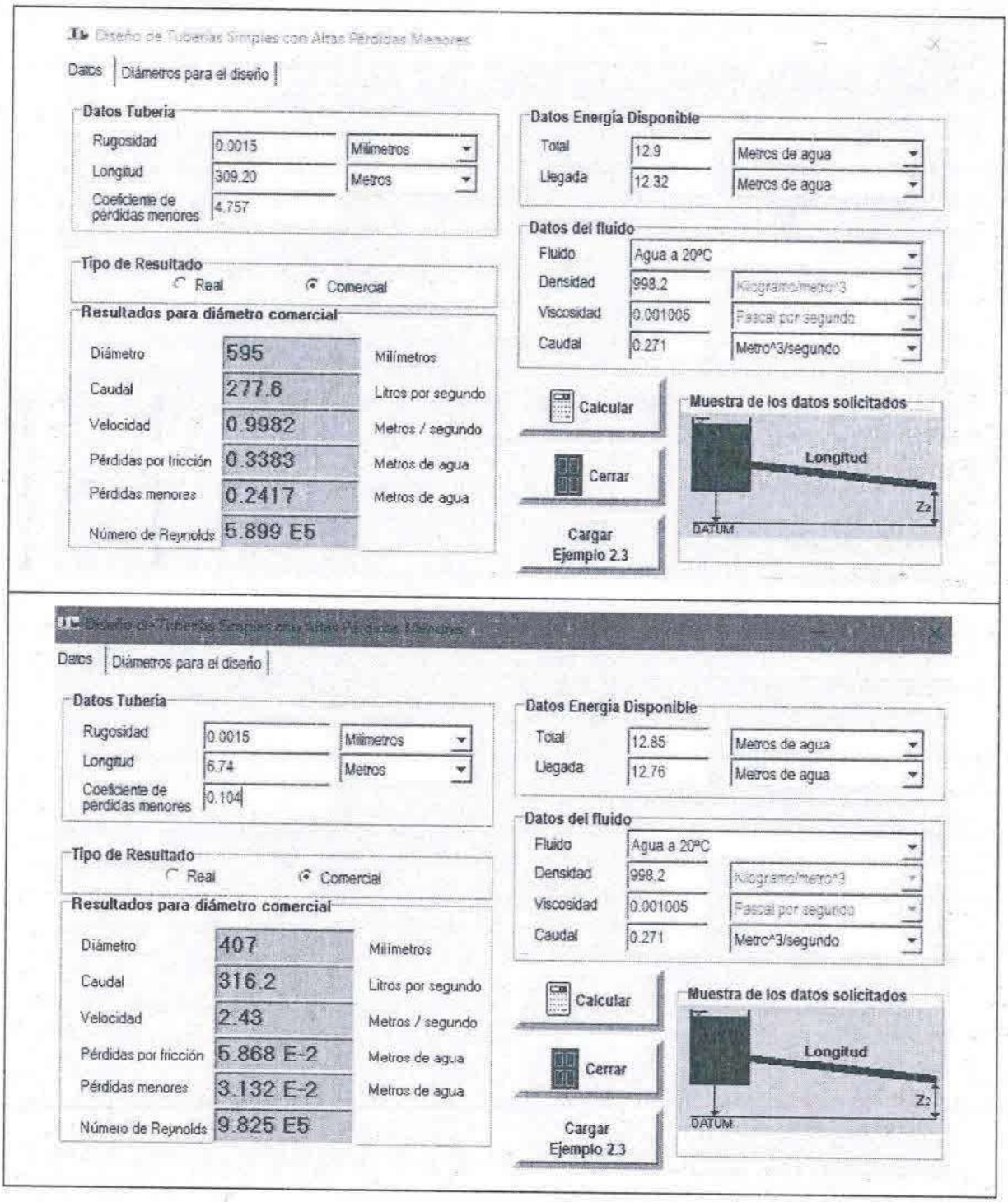
Cargar Ejemplo 2.3

Cerrar

Muestra de los datos solicitados



consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Montería, Córdoba, Colombia



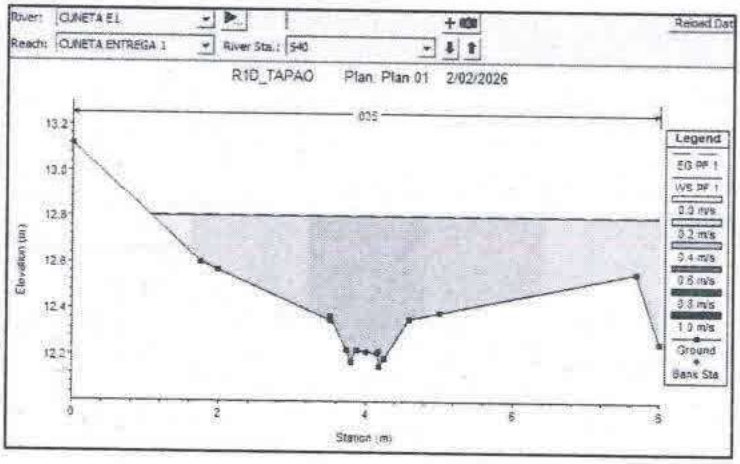
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El análisis hidrológico e hidráulico realizado para el proyecto **MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA – SECTOR EL TAPAO**

permitió establecer de manera técnica y coherente las condiciones de escorrentía superficial y subterránea, así como definir las obras de drenaje pluvial necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento hidráulico del corredor vial.

- El análisis pluviométrico, basado en registros históricos de la estación Boca de la Ceiba y complementado mediante la aplicación de un factor de mayoración obtenido a partir de la estación Aeropuerto Los Garzones, permitió conformar una serie continua y representativa de precipitaciones máximas en 24 horas. Esta serie garantiza la consistencia temporal requerida para la elaboración de curvas IDF y el posterior cálculo de caudales de escorrentía.
- Los caudales de diseño estimados mediante el método racional, considerando un período de retorno de 10 años, son coherentes con la magnitud de las áreas de drenaje y con la clasificación urbana del proyecto, cumpliendo con los lineamientos establecidos en el Manual de Drenaje para Carreteras del Ministerio de Transporte.
- El chequeo hidráulico de la sección vial demostró que los tirantes críticos generados por los caudales de diseño se mantienen por debajo de la altura de bordillo en todos los tramos analizados, garantizando la contención de la lámina de agua sobre la calzada y evitando desbordamientos hacia los andenes y predios colindantes.
- El análisis de seguridad vial ante el fenómeno de hidroplaneo, realizado bajo la metodología del Manual de Drenaje INVIAS, permite concluir que no existe riesgo de pérdida de adherencia en los tramos evaluados. Las velocidades críticas calculadas para el inicio del hidroplaneo (superiores a 75 km/h) exceden ampliamente la velocidad de operación del proyecto (30 km/h), garantizando un factor de seguridad adecuado incluso en las condiciones de tirante hidráulico máximo.
- El sistema de drenaje superficial se apoya en la implementación de sumideros transversales con rejillas de tráfico pesado, los cuales presentan una capacidad hidráulica suficiente para captar los caudales de escorrentía generados en los puntos bajos del alineamiento, cumpliendo con los criterios de velocidad admisible, tirante operativo y factor de seguridad.
- La incorporación de una estructura tipo cárcamo transversal en la abscisa K0+410 constituye un elemento clave de redundancia hidráulica, permitiendo el paso controlado de escorrentías entre ambos costados de la vía bajo escenarios excepcionales, tales como precipitaciones superiores al período de retorno de diseño o funcionamiento limitado de una de las redes laterales.
- El sistema de conducción mediante tuberías a presión simple se encuentra hidráulicamente balanceado, cumpliendo con los criterios de altura de carga disponible, control de pérdidas por fricción y pérdidas menores, verificación de velocidad y chequeo de autolimpieza, garantizando un funcionamiento adecuado y sostenible del sistema pluvial.

- Adicionalmente, el sistema de drenaje proyectado no se limita exclusivamente a la captación de escorrentía proveniente de la calzada, sino que contempla el manejo controlado de aportes laterales provenientes de zonas privadas y patios adyacentes a la vía.
- Se **deberá construir una cuneta superficial** de pequeña sección hidráulica a lo largo del borde interno de ambos andenes, cuya función será exclusivamente direccionar las aguas de escorrentía provenientes de patios y áreas privadas que no descargan directamente a la red de tuberías presurizadas. Esta cuneta no actuará como estructura principal de drenaje, sino como elemento de conducción secundaria.
- Dicha cuneta conducirá las escorrentías laterales hacia las cajas de inspección del sistema pluvial en los puntos bajos, las cuales deberán incorporar ventanas laterales de captación, permitiendo el ingreso controlado del agua proveniente de los patios y garantizando su integración al sistema de drenaje proyectado sin generar aportes desordenados sobre la calzada o los andenes.
- Se realizó una simulación hidráulica de la Cuneta de Entrega 1 con el fin de verificar su capacidad de conducción, evidenciándose que la sección hidráulica existente no es suficiente para evacuar adecuadamente el caudal de escorrentía generado. En consecuencia, se recomienda el mejoramiento de dicha cuneta mediante labores de dragado y ampliación de la sección hidráulica, con el propósito de garantizar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje de la zona.
- De igual manera, para el Canal de Entrega 2 se registró en campo un Nivel Máximo de Agua (NMA) de 12.76 m, condición que indica la necesidad de ampliación de su sección hidráulica, a fin de mejorar las condiciones de entrega y descarga del sistema. La implementación de estas medidas permitirá asegurar que la capacidad hidráulica del sistema no se vea comprometida, garantizando así el óptimo funcionamiento de la red de drenaje pluvial durante su vida útil.



- Durante la etapa constructiva, se deberá verificar en campo la correcta ejecución de las pendientes transversales y longitudinales de la vía, así como la adecuada alineación y nivelación de sumideros, rejillas, cunetas y cajas de inspección, asegurando que el sistema funcione conforme a los supuestos de diseño.
- Se recomienda incluir el sistema de drenaje proyectado dentro de los planes periódicos de mantenimiento de la red pluvial urbana, realizando actividades de limpieza de rejillas, cajas de inspección y tuberías, con el fin de preservar la capacidad hidráulica y evitar procesos de colmatación.
- Finalmente, se concluye que el sistema de drenaje pluvial diseñado para el Sector El Tapao es hidráulicamente funcional, técnicamente consistente y operativamente seguro, integrando soluciones de captación, conducción, compensación y control que garantizan la adecuada gestión de las aguas lluvias y la protección de la infraestructura vial proyectada.

8. REFERENCIAS

AASHTO. (2014). *Drainage Manual.*

Brown, S. A., Schall, J. D., Morris, J. L., Stein, S. M., & Warner, J. C. (2009). *Urban Drainage Design Manual: Hydraulic Engineering Circular 22 (HEC-22).* Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

Chow, V. (1959). *Hidráulica de Canales Abiertos.* Recuperado el 08 de 10 de 2021

Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada.* Bogotá, D.C.

Chow, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2000). *Hidrología Aplicada.* Bogotá: McGRAW-HILL. Recuperado el 26 de 09 de 2021

Empresas Públicas de Medellín. E.S.P. (2013). *Normas de Diseño de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín.* Medellín, Colombia. Recuperado el Agosto de 2024

IDEAM. (2024). *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. Recuperado el Febrero de 2024, de http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

IDEAM. (2025). *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. Recuperado el 2 de Agosto de 2023, de http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Por la cual se adopta la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones.* Bogotá D.C.

Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.* Bogotá, Colombia. Recuperado el 03 de Junio de 2021

Ministerio de Transporte de Colombia. (2009). *Manual de drenaje para carreteras.* Bogotá.

Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.

New York Department of Transportation. (2021). *HIGHWAY DESIGN MANUAL.* New York.

Saldarriaga, J. (2019). *Hidráulica de Tuberías* (4ta ed.). Bogotá: Alfaomega Colombiana. Recuperado el Diciembre de 2025

CONSORCIO VÍAS DEL SINÚ

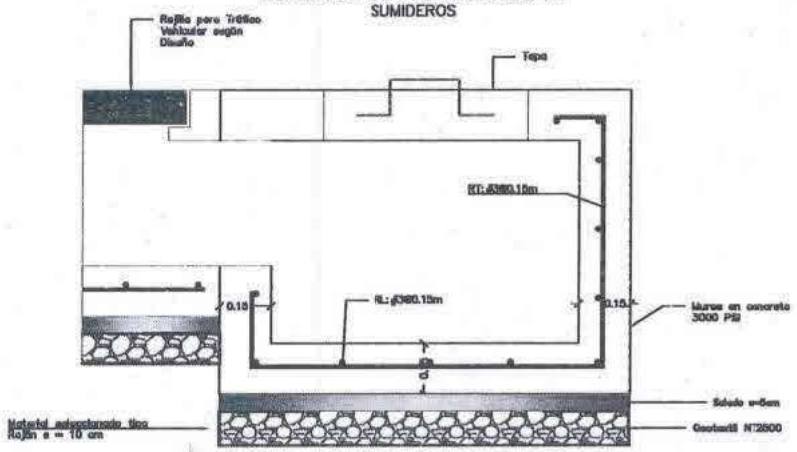
BALANCE DE OBRA No. 3

ANEXO DETALLE ETRUCTURAL DRENAJE.

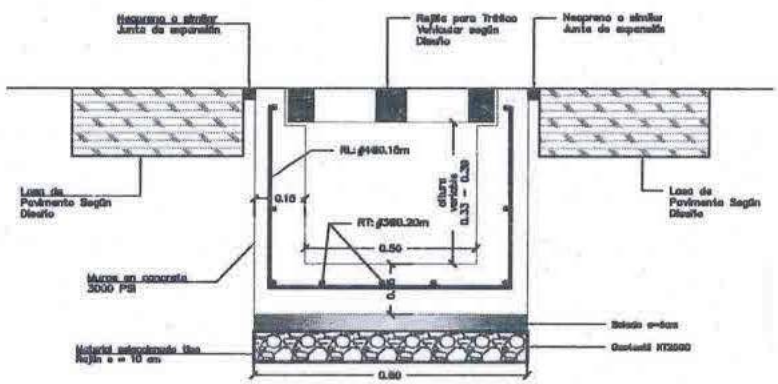
CONTRATO DE OBRA No. SI-LP-003-2024 Cuyo Objeto es "MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA CORDOBA"

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Monteria, Córdoba, Colombia

DETALLE DE TAPA DE INSPECCIÓN EN SUMIDEROS



DETALLE SUMIDEROS TRANSVERSALES
CORTE A–A'



1029

CONSORCIO VÍAS DEL SINÚ

BALANCE DE OBRA No. 3

ESTUDIOS Y DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE RANCHO DE INAT.

CONTRATO DE OBRA No. SI-LP-003-2024 Cuyo Objeto es "MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA CORDOBA"

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Montería, Córdoba, Colombia

CONSORCIO VÍAS DEL SINÚ

BALANCE DE OBRA No. 3

ESTUDIO DE TRANSITO.

CONTRATO DE OBRA No. SI-LP-003-2024 Cuyo Objeto es "MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA CORDOBA"

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA. Montería, Córdoba, Colombia

CONVIAL | IAS ACCREDITED STAMEGISTER | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y/O MEJORAMIENTO Y/O REHABILITACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. SI-CMA-001-2024

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA VÍA RANCHOS DEL INAT ENTRE LA CALLE 41 Y 78 UBICADA EN LA CIUDAD DE MONTERÍA

ABRIL 2026

BOGOTÁ D.C.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 817 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Octubre - 2025	Versión Inicial	61
Versión 2	Marzo - 2026	Atención a observaciones de interventoría	66
Versión 3	Abril - 2026	Atención a observación persistente de interventoría	68

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA		
Elaboró	**Revisó**	**Aprobó**
VICTOR ROMO Victor Hugo Romo	VICTOR ROMO Victor Hugo Romo	Jorge Antonio Gonzáles Ayus
Ing.	Ing.	Ing.
Especialista	Especialista	Director

SUPERVISION / INTERVENTORÍA	
Revisó	**Aprobó**

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 38 89
E. gerencia.convialses@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. OBJETIVOS 9
2.1 Objetivo general 9
2.2 Objetivos específicos 9
3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 10
3.1 Localización 10
3.2 Descripción del proyecto 11
4. ÁREA DE INFLUENCIA 14
4.1 Montería 14
5. METODOLOGÍA 16
5.1 Trabajo de campo 16
5.2 Análisis de ingeniería 16
6. TRABAJOS DE CAMPO 18
6.1 Aforos de tráfico 18
6.2 Diseño del formulario de conteo de vehículos 20
6.3 Procedimiento para el aforo de vehículos 21
6.4 Registro fotográfico 23
7. ANÁLISIS DEL TRÁNSITO 25
7.1 Conteos vehiculares 25
7.1.1 Factores de expansión a 24 horas 26
7.1.2 Tránsito promedio diario (TPD3) 30
7.1.3 Composición vehicular 32
7.1.4 Variación horaria del volumen de tránsito 33
7.1.5 Factor direccional 37
7.1.6 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda 37
7.2 Cuantificación del tránsito equivalente de 8.2 ton 41
7.2.1 Tránsito Atraído 42
7.2.2 Tránsito Generado 43
7.2.3 Periodo de evaluación 44

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

7.2.4 Confiabilidad 44
7.2.5 Factor de distribución direccional y por carril 44
7.2.6 Tasa de crecimiento del tránsito 45
7.2.7 Factores de Equivalencia de Carga (FEC) 46
7.2.8 Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas 47
8. CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO 52
8.1 Generalidades 52
8.2 Análisis de capacidad y nivel de servicio en vías de dos carriles 52
8.2.1 Metodología de Cálculo 55
8.2.2 Aplicación a la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78 58
9. CONCLUSIONES 63
BIBLIOGRAFÍA 66
ANEXOS 67

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zantar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 317 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de buses contados en el movimiento 9(3) de la estación de conteo No. 2 25
Tabla 2. Resumen del aforo vehicular sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho 26
Tabla 3. Resumen del aforo vehicular sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino 26
Tabla 4. Conteo vehicular de 24 horas del movimiento No. 1 realizado el día 03/03/2026. 29
Tabla 5. Conteo vehicular de solo 14 horas (6am – 8 pm) del movimiento No. 1 realizado el día 03/03/2026 29
Tabla 6. Factores de expansión a emplear para los conteos realizados de 14 horas en la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 30
Tabla 7. Tránsito promedio diario (TPD)de la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78... 30
Tabla 8. Tránsito promedio diario (TPD)de la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78... 31
Tabla 9. Composición vehicular sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho..... 32
Tabla 10. Composición vehicular sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino..... 33
Tabla 11. Demanda máxima en la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78..... 39
Tabla 12. Volumen horario máximo en la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78..... 40
Tabla 13. Tránsito atraído como función del tránsito normal 43
Tabla 14. Factor de distribución por carril. 45
Tabla 15. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial Nacional 46
Tabla 16. Factores de Equivalencia de Carga empleados para el proyecto. 47
Tabla 17. Resumen conteos vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 incluyendo factor de expansión a 24 horas 48
Tabla 18. TPD vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 48
Tabla 19. TPD con tránsito atraído y generado en la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 49
Tabla 20. Proyección del TPD en la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 50
Tabla 21. Número de ejes equivalentes en la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 51
Tabla 22. Datos iniciales para cálculo de Capacidad y Nivel de Servicio..... 59
Tabla 23. Resumen de resultados de Capacidad y Nivel de servicio SIN PROYECTO 59
Tabla 24. Resumen de resultados de Capacidad y Nivel de servicio CON PROYECTO 61

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zantal - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 617 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de Córdoba en Colombia 10
Figura 2. Localización de Montería en Córdoba 10
Figura 3. Localización de la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78 11
Figura 4. Condición actual de la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78 12
Figura 5. Proyección de población de Montería para el año 2025 15
Figura 6. Ubicación de la estación de aforo No. 1 18
Figura 7. Ubicación de la estación de aforo No. 2 19
Figura 8. Movimientos de aforo en la estación No. 2 19
Figura 9. Formato de aforo vehicular 21
Figura 10. Registro fotográfico de conteos vehiculares 24
Figura 11. Localización del corredor vial objeto de estudio y estaciones de conteo consideradas en el área de influencia. 27
Figura 12. Movimiento No. 1 en la intersección de la Calle 68 con Avenida Circunvalar .. 28
Figura 13. Variación volúmenes horarios, sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho 34
Figura 14. Variación volúmenes horarios, sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino 35
Figura 15. Variación del volumen del tránsito en la vía Ranchos del INAT 38
Figura 16. Variación del volumen de tránsito en la hora pico en un día en vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78 40
Figura 17. Rango del factor daño para el tipo de bus identificado en la zona de parqueo ... 47

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 39 39
E: gerencia.convialsas@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En concordancia con las políticas establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida", se promueve el fortalecimiento de la infraestructura de transporte como un eje fundamental para la competitividad, la equidad territorial y la transición hacia un desarrollo sostenible. Dicho plan busca mejorar la conectividad urbana y regional, optimizar la movilidad de personas y mercancías, y garantizar que las soluciones de infraestructura vial respondan a las necesidades sociales, económicas y ambientales de cada territorio.

En este marco, en la ciudad de Montería se localiza el tramo vial Ranchos del INAT, comprendido entre la calle 41 y la calle 78, corredor urbano de importancia estratégica para la movilidad local y regional. El mejoramiento de esta vía, mediante la construcción de una nueva estructura de pavimento, permitirá optimizar las condiciones de transitabilidad, reducir los tiempos de desplazamiento, mejorar la seguridad vial y contribuir al desarrollo urbano ordenado de la capital del departamento de Córdoba.

El CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA, mediante el CONTRATO DE CONSULTORÍA No. SI-CMA-001-2024 suscrito con la Gobernación de Córdoba, tiene como propósito realizar los Estudios de Tránsito y de Nivel de Servicio para este corredor vial, los cuales constituyen un insumo fundamental para el diseño del pavimento y la definición de la capacidad vial requerida que garantice la operación eficiente del proyecto.

El presente documento desarrolla el estudio de tránsito correspondiente, orientado a determinar las condiciones actuales de movilidad y proyectar la demanda futura, de manera que se logre una propuesta técnica que asegure niveles adecuados de servicio, capacidad y seguridad en la vía.

Se busca con ello optimizar el uso de los recursos disponibles, obteniendo datos confiables que permitan plantear soluciones de diseño viables en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales, en concordancia con las directrices del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 I
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Los estudios y diseños se desarrollan conforme a lo estipulado en los Términos de Referencia del proyecto, así como en los manuales de Diseño de Pavimentos y demás normativas establecidas por el Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 36 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Realizar un estudio de tránsito que permita evaluar las condiciones actuales y proyectadas del flujo vehicular con ocasión del mejoramiento de la Vía Ranchos del INAT, entre la calle 41 y la calle 78 en la ciudad de Montería.

2.2 Objetivos específicos

- Recolectar información de campo que permita caracterizar el comportamiento del tráfico en la vía Ranchos del INAT, entre la calle 41 y la calle 78.
- Estimar las condiciones de tránsito actuales y proyectadas en la nueva vía.
- Realizar el análisis de capacidad y nivel de servicio de la vía en estudio.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

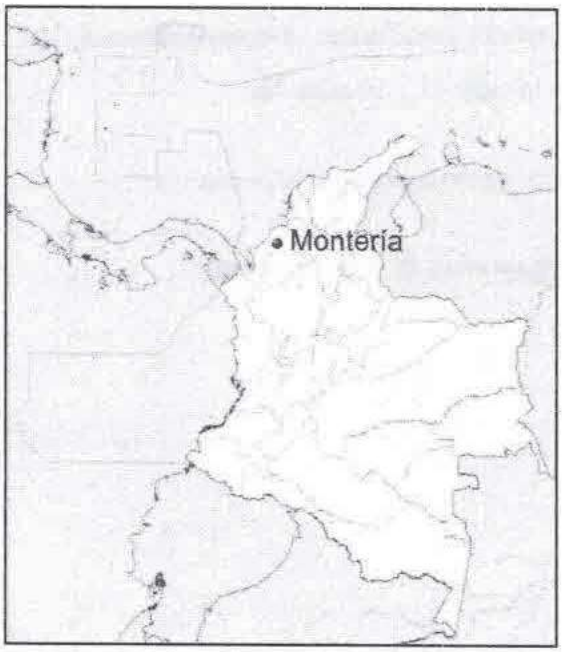
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 317 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 Localización

La vía Ranchos del INAT comprendida entre la calle 41 y la calle 78 se encuentra localizada en zona urbana del municipio de Montería. A continuación se presenta la localización del tramo de vía en estudio.

Figura 1. Localización de Córdoba en Colombia



Fuente. Wikipedia

Figura 2. Localización de Montería en Córdoba

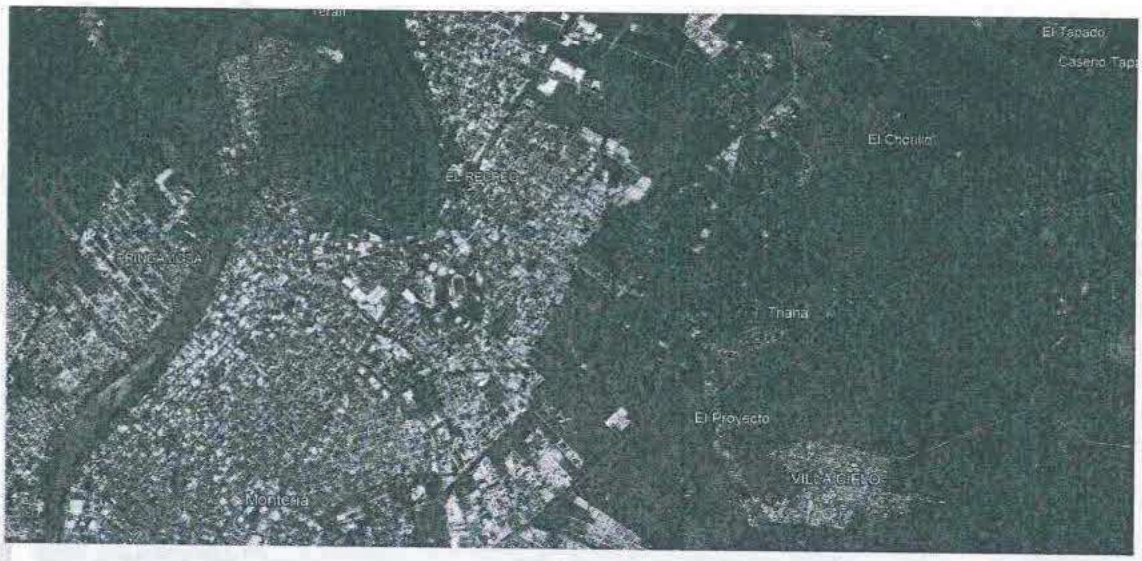


Fuente. Wikipedia

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 36 99
E. gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 3. Localización de la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78



Fuente. Esta consultoría, a partir de Google Earth

3.2 Descripción del proyecto

El tramo en estudio tiene una longitud aproximada de 3.6 km. Actualmente, la mitad de su recorrido corresponde a una vía pavimentada con material asfáltico (calle 41 – calle 60), mientras que la otra mitad se encuentra en material tipo afirmado (calle 60 – calle 78). Esta última sección se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta deterioro en un alto porcentaje de la longitud proyectada para la intervención. Como característica principal se evidencia la circulación en una calzada, con un carril en cada sentido, con un ancho variable según la geometría establecida por el trazado actual. Así mismo, la vía se encuentra en una topografía plana.

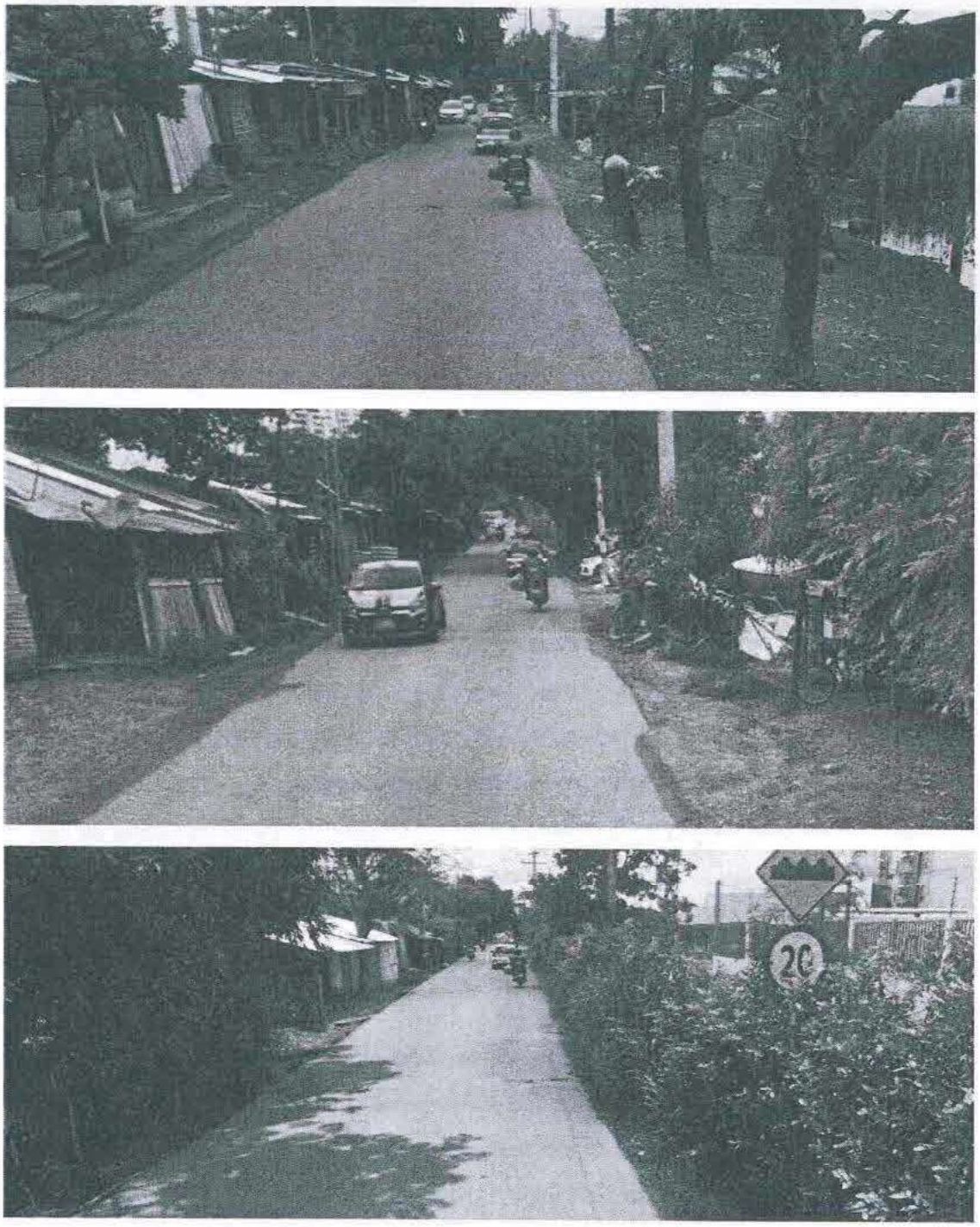
Esta vía de importancia local se sitúa en un sector de expansión urbana, caracterizado por usos de suelo predominantemente residenciales y, en algunas zonas, usos comerciales. El tránsito vehicular está compuesto principalmente por vehículos livianos y motocicletas, con influencia del transporte público colectivo; adicionalmente, en menor proporción circulan vehículos pesados tipo C2P y C2G, siendo muy reducida la presencia de automotores de mayor capacidad, como los de configuración C3-C4. La vía constituye un corredor de

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 I
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

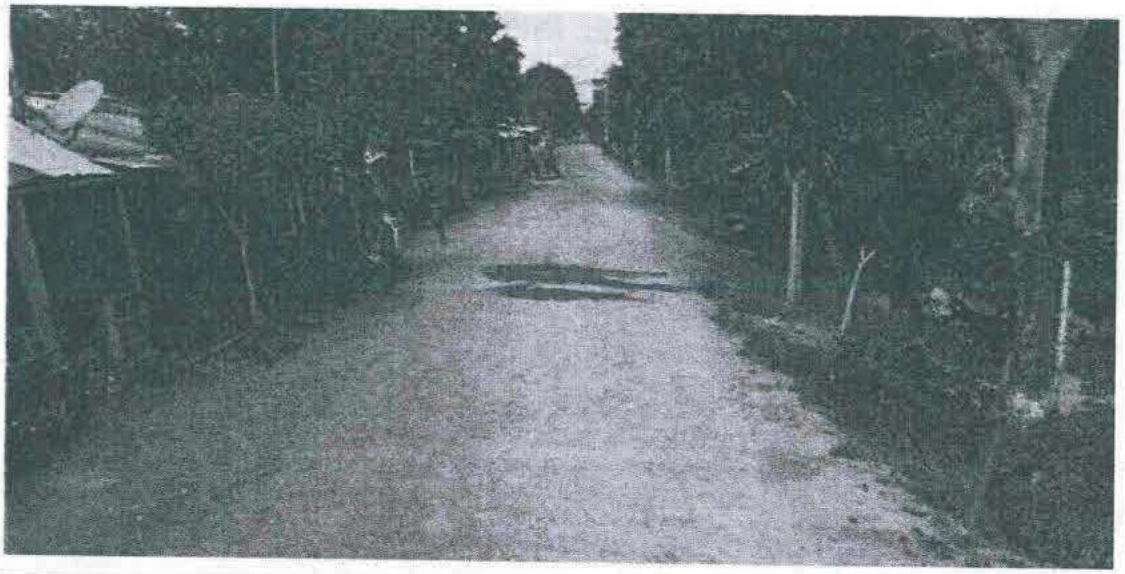
conectividad vital para los habitantes de los barrios aledaños, facilitando el acceso a la malla vial principal de la ciudad.

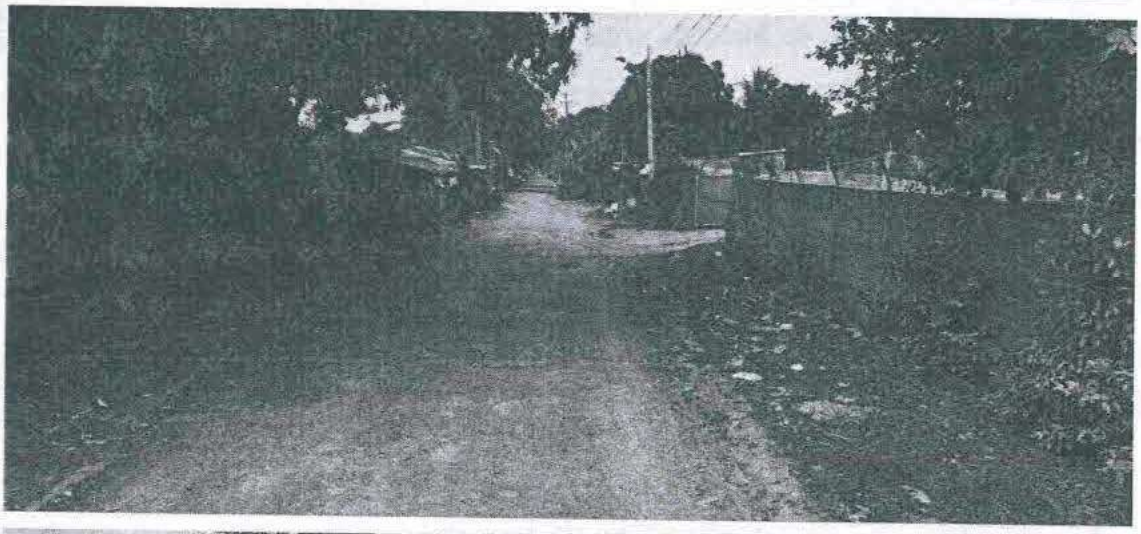
Figura 4. Condición actual de la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78

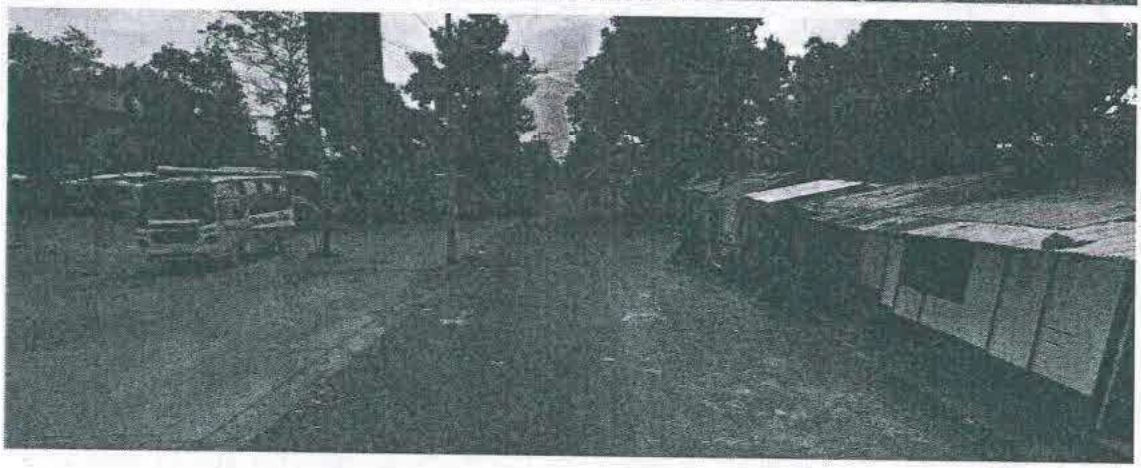


Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 38 99
E. gerencia.conviasas@gmail.com







Fuente. Esta consultoría

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1977
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

4. ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia directa del proyecto es la ciudad de Montería, la cual constituye el principal centro urbano, económico y administrativo del departamento de Córdoba.

4.1 Montería

Montería limita por el norte con los municipios de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; por el sur con los municipios de Tierralta y Valencia, por el este con los municipios de San Carlos y Planeta Rica, y por el oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete, Valencia y San Carlos.

El área rural del municipio de Montería se divide en 28 corregimientos, 168 veredas y 9 Unidades Espaciales de Funcionamiento (UEF) y el área urbana en 207 barrios. Estos barrios se agrupan en 9 comunas y en 5 piezas urbanas. Los corregimientos que conforman el municipio son Morindó Central, Santa Lucía, Santa Clara, Caño Viejo Palotal, Nuevo Paraíso, Martinica, Leticia, Pueblo Bujo, Lomas Verdes, Jaraquiel, Las Palomas, Guasimal, El Sabanal, El Kilómetro Doce, El Cerrito, Patio Bonito, La Victoria, Guateque, San Isidro, San Anterito, Nueva Lucía, Santa Isabel, Tres Palmas, Tres Piedras, Buenos Aires, La Manta, Nueva Esperanza y Garzones.

Es el centro económico, político, cultural y administrativo de la región cordobesa. Es sede de importantes certámenes turísticos, entre los que sobresalen las Fiestas Patronales en enero, la Feria Nacional Ganadera, Equina, Agroindustrial y Comercial de Montería, el Reinado Nacional e Internacional de la Ganadería en junio, y el Concurso del Dulce Típico Sinuano y de Comida de Semana Santa que se realiza con anterioridad a las festividades religiosas.

La ciudad de Montería y sus alrededores se caracterizan por una topografía predominantemente plana, con ligeras ondulaciones propias de la planicie aluvial del río Sinú, que atraviesa la ciudad de sur a norte. Esta configuración del terreno, con altitudes promedio cercanas a los 18 m s. n. m., facilita el desarrollo urbano y agrícola, aunque también la hace susceptible a fenómenos de inundación durante temporadas de crecientes. Hacia las

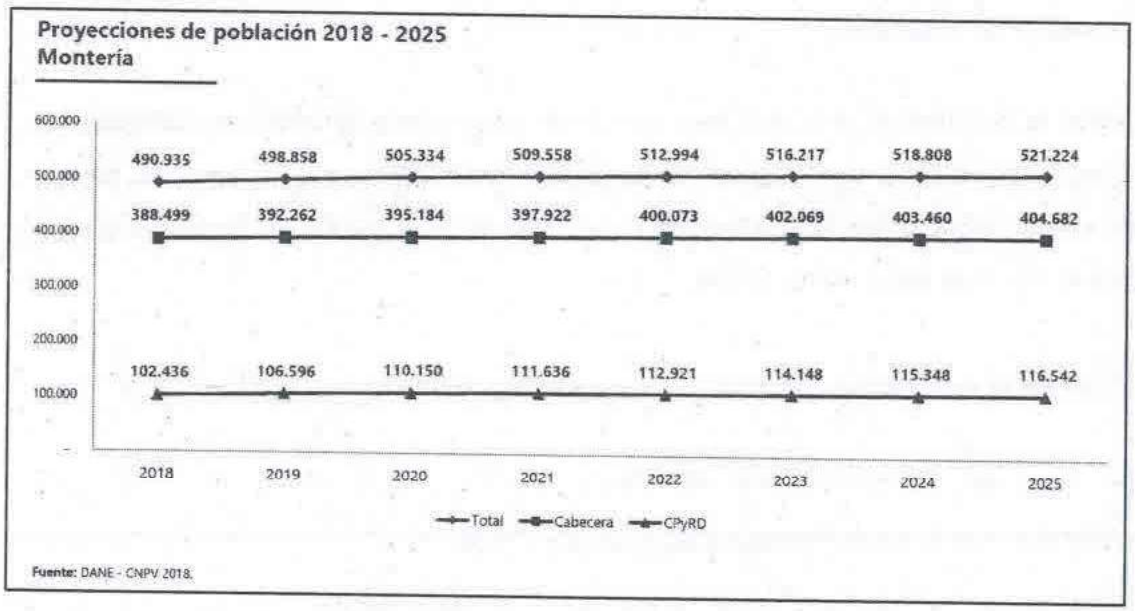
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404-1
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 317 58 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

zonas periféricas se observan terrenos de uso agropecuario y áreas de transición hacia relieves suavemente ondulados, propios de la región del valle del Sinú, que sirven de soporte a las dinámicas económicas y sociales del municipio.

La localización privilegiada en el centro del extenso y fértil valle del Sinú convierte a Montería en centro agrícola, ganadero, comercial y turístico. La actividad pecuaria involucra sobre todo la ganadería bovina, de leche, carne y doble propósito. El campo monteriano cosecha en gran escala y de manera mecanizada algodón, arroz, maíz y sorgo, además de los cultivos de subsistencia, en menor escala como fríjol, maíz, ñame, yuca y plátano.

En la siguiente figura se presenta la proyección de la población para el municipio de Montería, de acuerdo con la información del censo poblacional realizado por el DANE en el año 2018.

Figura 5. Proyección de población de Montería para el año 2025



Montería	Población
Cabecera Municipal	404.682
Centros Poblados y Rural Disperso	116.542
Total	**521,224**

Fuente. DANE – CNPV 2018.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

5. METODOLOGÍA

Con el objeto de dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados, el presente informe se fraccionó en dos etapas, las cuales se describen a continuación:

5.1 Trabajo de campo

Para la correcta caracterización vehicular del sitio donde se proyecta el mejoramiento de la vía a través de la construcción de una estructura de pavimento flexible se proponen las siguientes actividades metodológicas en campo:

- Ubicación de la estación de conteo
- Aforos vehiculares
- Observaciones puntuales del sitio

5.2 Análisis de ingeniería

A partir de la información recolectada a través de los formatos de conteo, se definirán los diferentes parámetros que indican el comportamiento presente y futuro del tráfico, información que, debidamente procesada, da como resultado la predicción futura del tránsito sobre la vía objeto del presente estudio.

Lo anterior se puede alcanzar mediante las siguientes actividades metodológicas:

- Construcción de la composición vehicular
- Evaluación de la variación horaria del volumen de tránsito
- Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.
- Determinación de TPD en el año base
- Proyección del TPD en el periodo de análisis
- Determinación del número de repeticiones del eje equivalente de 8.2 ton en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1977
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

➢ Análisis de capacidad y nivel de servicio del tramo, de acuerdo con las características del tráfico, topografía, volúmenes y condiciones geométricas de la vía. Se pretende cubrir todos los factores que afectan la capacidad y el nivel de servicio, con la finalidad de obtener resultados confiables.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

6. TRABAJOS DE CAMPO

6.1 Aforos de tráfico

Se determinó ubicar una estación de aforo de solo carros y camiones en la calle 50 en inmediaciones de la vía en estudio, durante 3 días representativos en periodos de 14 horas continuas (de 6:00 am a 8:00 pm), discriminando el tránsito cada 15 minutos. La ubicación de la estación de conteo se indica a continuación:

Figura 6. Ubicación de la estación de aforo No. 1



Fuente. Esta consultoría, a partir de Google Earth

Los aforos se llevaron a cabo los días 28 de febrero, 1 de marzo y 3 de marzo del presente año, durante 3 días 14 horas.

Adicionalmente, se ubicó una estación de aforo en la Calle 78 con Variante Mocarí - Col Campestre. En esta estación se llevó a cabo conteos durante 4 días (5/02/2026, 6/02/2026, 13/02/2026 y 14/02/2026) en periodos de 16 horas continuas (de 5:00 am a 9:00 pm),

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 317 38 92
E: gerencia.convialsas@gmail.com

discriminando el tránsito cada 15 minutos. La ubicación de la estación de conteo se indica a continuación:

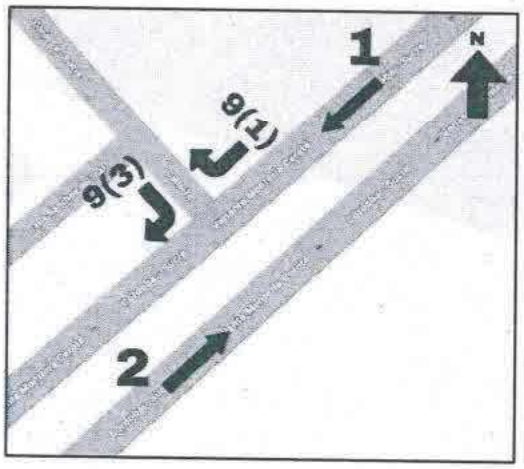
Figura 7. Ubicación de la estación de aforo No. 2



Fuente. Esta consultoría, a partir de Google Earth

Se presenta a continuación los movimientos aforados en dicha estación de conteo:

Figura 8. Movimientos de aforo en la estación No. 2



Fuente. Esta consultoría

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

6.2 Diseño del formulario de conteo de vehículos

La definición específica de los requerimientos básicos de información para llevar a cabo los estudios, justifican la selección de un conjunto de datos que se estima sean recolectados. A continuación se presenta un listado de aquella información que se consideró indispensable:

- Nombre de la Estación
- Día y Fecha
- Hora inicio
- Hora final
- Sentido
- Responsable
- Recolección de la información

El formato tipo utilizado para los conteos se presenta en la siguiente figura, donde se identifican las principales categorías vehiculares.

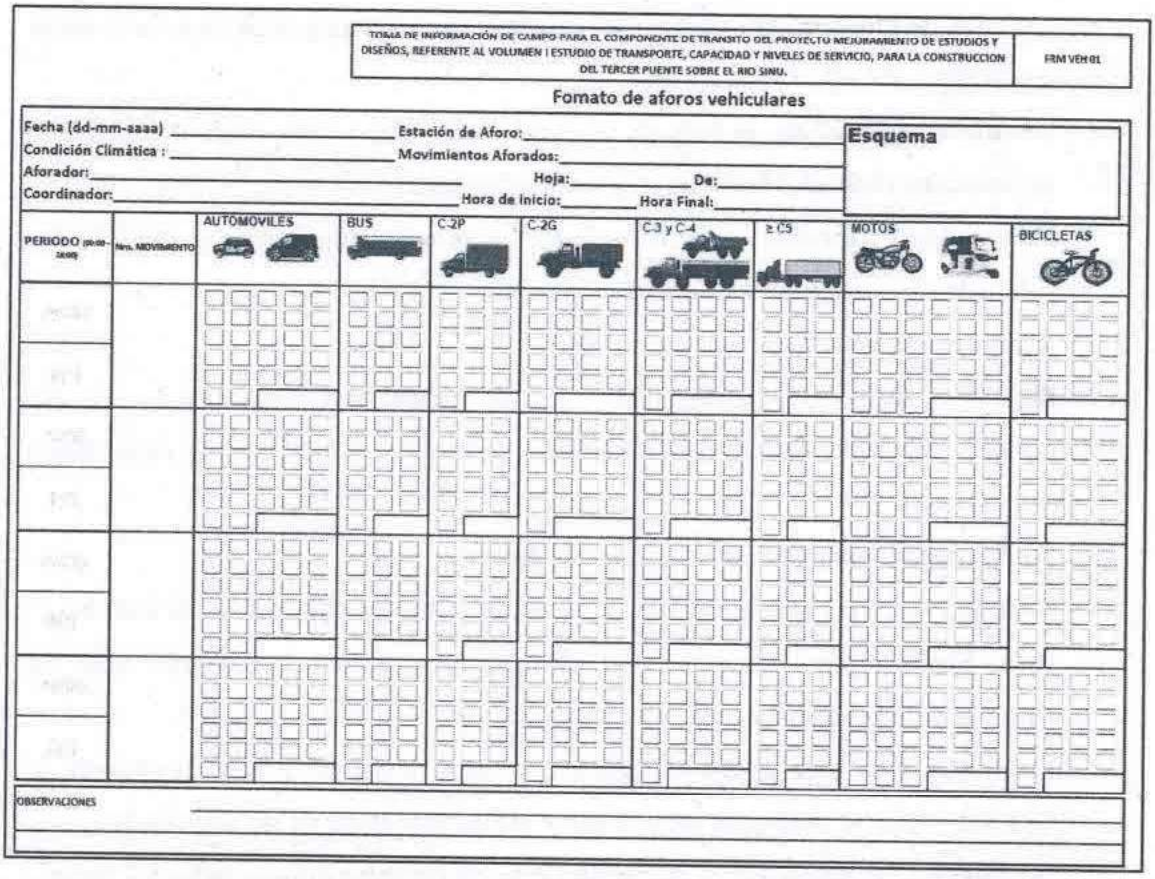
Se clasificarán los vehículos de acuerdo con las siguientes categorías:

- Autos A
- Buses B
- Camiones de 2 ejes C2
- Camiones de 3 o 4 ejes C3 – C4
- Camiones de 5 o más ejes ≥ C5
- Motos y Moto-Carros
- Bicicletas

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 98
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 9. Formato de aforo vehicular


TOMA DE INFORMACIÓN DE CAMPO PARA EL COMPONENTE DE TRANSITO DEL PROYECTO MEJORAMIENTO DE ESTUDIOS Y DISEÑOS, REFERENTE AL VOLUMEN I ESTUDIO DE TRANSPORTE, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO, PARA LA CONSTRUCCION DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU.

FRM VEH 01

Fomato de aforos vehiculares

Fecha (dd-mm-aaaa) _____ Estación de Aforo: _____

Condición Climática : _____ Movimientos Aforados: _____

Aforador: _____ Hoja: _____ De: _____

Coordinador: _____ Hora de Inicio: _____ Hora Final: _____

Esquema

PERIODO	Nro. MOVIMIENTO	AUTOMOVILES	BUS	C-2P	C-2G	C-3 y C-4	≥ C5	MOTOS	BICICLETAS

OBSERVACIONES _____

Fuente. Esta consultoría

6.3 Procedimiento para el aforo de vehículos

La información de campo se registra en los respectivos formatos, en periodos de 15 minutos, clasificándolos de acuerdo con el tipo de movimiento y de acuerdo con el tipo de vehículo (auto, bus, camión), a medida que van pasando por la estación. Los registros se realizan en forma individual anotando rayas para cada evento observado. En el presente documento se observa el formato de campo que se ha diseñado para la toma de la información, en el que se observan de manera gráfica cada uno de los tipos de vehículos a aforar.

El formato de campo debe ser diligenciado con la siguiente información:

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

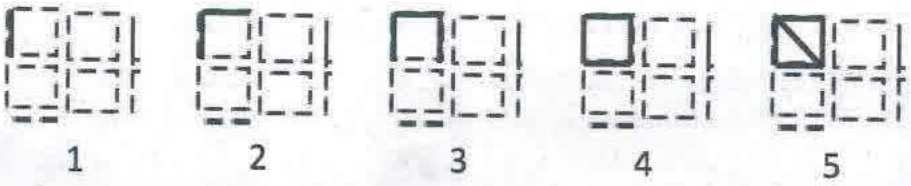
T.: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E.: gerencia.convialsas@gmail.com

- ✓ **Fecha:** se anota el día, el mes y el año de la observación.
- ✓ **Estación de aforo:** en este espacio se registra la nomenclatura de la estación de aforo y el nombre del sitio de ubicación.
- ✓ **Condición Climática:** se registra el estado del tiempo predominante durante la observación. (Soleado, Nublado, Lluvia, Tormenta)
- ✓ **Movimientos Aforados:** aquí se incluyen los movimientos aforados identificados con los códigos asignados de acuerdo con código RILSA.
- ✓ **Aforador:** Nombre completo del aforador.
- ✓ **Hoja:____ De:_____:** corresponde al control secuencial comenzando en uno, del número de formatos diligenciados por turno, anotándose el total de los mismos luego de la palabra "De".
- ✓ **Coordinador:** nombre completo del Coordinador.
- ✓ **Hora Inicio:** se registra la hora de iniciación del turno de observación de cada hoja.
- ✓ **Hora Final:** espacio en el cual se anota la hora de terminación del turno de observación de cada hoja.
- ✓ **Esquema:** zona para ubicar el esquema de la estación en el cual se identifican aspectos como: el norte, los movimientos aforados y el punto de observación, este esquema solo se incluye en la primera hoja de los formatos diligenciados por turno.
- ✓ **Periodo:** corresponde al período en el cual se observan los vehículos que realizan el movimiento indicado anteriormente; aquí se registra la hora militar de inicio de cada período de aforo, teniendo en cuenta que cada división del formato se considera un período de 1 hora por movimiento.
- ✓ **Movimiento:** En este se debe indicar el número del movimiento aforado. Este será dado por el coordinador y está registrado en el formato del Personal de campo.
- ✓ **Total:** se incluye una celda por movimiento y tipo de vehículo para totalizar el número de vehículos registrados en cada período.

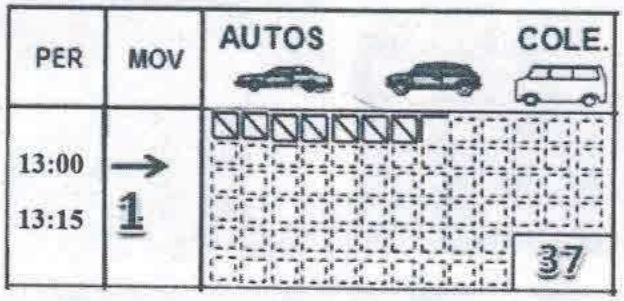
Cada vehículo que pasa se registra con una raya hasta completar cinco rayas y se inicia con otra secuencia; las cinco rayas son para facilitar el cómputo del total de cada hora.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com



Al final del periodo aforado, para autos se puede tener el siguiente caso de ejemplo en el movimiento 1, en horario de inicio a la 13 horas hasta las 13 horas y 15 min; lo mismo se replica para los demás tipos de vehículos y movimientos, de acuerdo con las tareas encomendadas a cada aforador.



- ✓ **Observaciones:** este espacio se destina para anotar algún comentario de importancia a juicio del aforador o del supervisor.

En el anexo 1 se presenta la información correspondiente al registro de los aforos de tráfico en la estación de conteo.

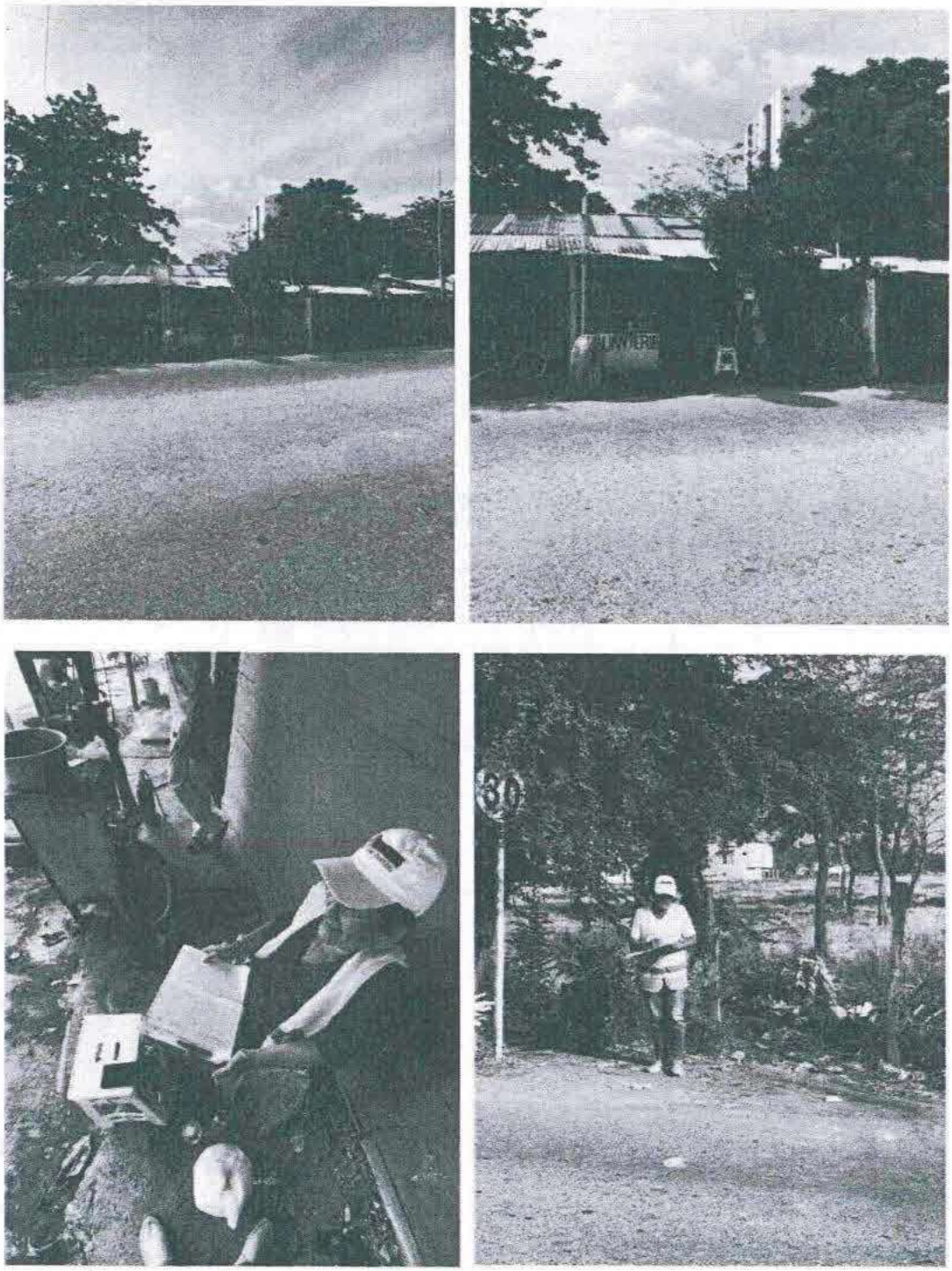
6.4 Registro fotográfico

A continuación, se presenta un registro fotográfico que documenta el proceso de aforo vehicular manual llevado a cabo en el tramo vial objeto de estudio. Estas imágenes evidencian la metodología y condiciones bajo las cuales se realizó la recolección de datos, proporcionando un respaldo visual de las actividades de campo ejecutadas para la obtención de información precisa sobre el volumen y composición del tránsito en dichos tramos.

Carrera 23 N° 124-37
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 10. Registro fotográfico de conteos vehiculares



Fuente. Esta consultoría

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

7. ANÁLISIS DEL TRÁNSITO

7.1 Conteos vehiculares

Para el análisis del tránsito se tomó como insumo base la información de los aforos vehiculares manuales realizados en la vía en estudio. Como se describió en la metodología, se determinó ubicar una estación de aforo de solo carros y camiones en la calle 50 en inmediaciones de la vía en estudio, durante 3 días representativos en periodos de 14 horas continuas (de 6:00 am a 8:00 pm), discriminando el tránsito cada 15 minutos y por sentido de circulación.

Adicionalmente, considerando que en el acceso a la vía Ranchos del Inat por la calle 78 se identifica una zona de parqueadero de buses, para el cálculo del TPD se tendrá en cuenta el promedio de buses registrados en el movimiento 9(3) durante los 4 días de aforo realizado en la estación No. 2. De esta manera, se incorpora el tránsito correspondiente a los buses que ingresan a dicha zona de parqueo.

Tabla 1. Cantidad de buses contados en el movimiento 9(3) de la estación de conteo No. 2

MOVIMIENTO 9(3)		
Día	**Buses**	**Promedio**
5/02/2026	22	25
6/02/2026	40	
13/02/2026	27	
14/02/2026	11	

Fuente. Esta consultoría

Por lo anterior, a la cantidad de buses contados en la estación No. 1 se le adicionará 25 buses en el sentido Variante Picacho – Glorieta del campesino. Es importante resaltar que esta cantidad de buses entran vacíos a la zona de parqueo.

Carrera 23 N° 124-37
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Una vez recopilada la información de campo, se procedió a la revisión y digitalización de los datos en oficina, luego se procedió a procesar la información recolectada utilizando hojas de cálculo y posteriormente realizar su análisis respectivo.

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de los aforos vehiculares.

Tabla 2. Resumen del aforo vehicular sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho

SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN		
		28/02/2025	1/03/2025	3/03/2025
Glorieta del Campesino Calle 41 - Variante Picacho	AUTOS-COLECTIVOS	3202	2092	2425
	BUS	0	1	2
	C2P	62	52	63
	C2G	45	22	40
	C3-4	1	3	14
	C5	0	0	0
	>C5	0	0	0
TOTAL		3310	2170	2544

Fuente. Esta consultoría

Tabla 3. Resumen del aforo vehicular sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino

SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN		
		28/02/2025	1/03/2025	3/03/2025
Variante Picacho - Glorieta del Campesino Calle 41	AUTOS-COLECTIVOS	2905	2396	2862
	BUS	25	25	26
	C2P	61	57	69
	C2G	37	26	55
	C3-4	4	4	10
	C5	1	0	0
	>C5	0	0	0
TOTAL		3033	2508	3022

Fuente. Esta consultoría

7.1.1 Factores de expansión a 24 horas

Con el fin de estimar el Tránsito Promedio Diario (TPD) equivalente a 24 horas, se emplearon factores de expansión horarios obtenidos a partir de información proveniente de estaciones

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 I
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

de conteo desarrolladas dentro del mismo contrato de consultoría que actualmente ejecuta el Consorcio Rehabilitación Córdoba.

En el marco de dicho contrato se dispone de registros de aforos vehiculares en varias estaciones localizadas dentro del área de influencia del proyecto, tal como se ilustra en la figura siguiente. Entre estas estaciones se cuenta con una estación que dispone de conteos continuos durante 24 horas (día 03/03/2026), ubicada en la intersección de la calle 68 con la avenida Circunvalar, la cual se adopta como estación maestra para la determinación de los factores de expansión. Esta estación presenta registros de los volúmenes vehiculares discriminados por tipo de vehículo y por movimiento direccional de la intersección, lo que permite caracterizar el comportamiento horario del tránsito a lo largo de todo el día.

Figura 11. Localización del corredor vial objeto de estudio y estaciones de conteo consideradas en el área de influencia.



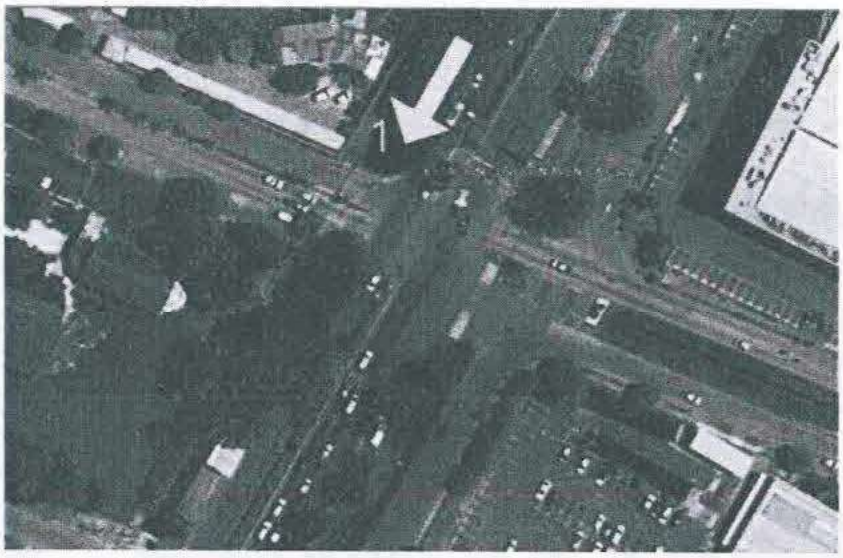
Fuente. Esta consultoría, a partir de Google Earth

Carrera 23 N° 124-97
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Para la determinación de los factores de expansión se seleccionó el Movimiento No. 1 de la estación maestra. La selección de este movimiento responde a criterios de representatividad operativa respecto a la vía objeto del presente estudio. En particular, dicho movimiento corresponde a un flujo vehicular que atraviesa la intersección en trayectoria recta, sin realizar maniobras de giro ni cruces dentro de la intersección, lo que reproduce condiciones de circulación similares a las de un tramo vial continuo. Esta condición resulta consistente con las características de la vía analizada en el proyecto, la cual corresponde a un corredor vial recto.

Figura 12. Movimiento No. 1 en la intersección de la Calle 68 con Avenida Circunvalar



Fuente. Esta consultoría, a partir de Google Earth

Adicionalmente, el Movimiento No. 1 presenta registros de tránsito para la totalidad de las categorías vehiculares identificadas en los aforos realizados en la vía objeto de estudio, lo cual permite establecer factores de expansión diferenciados por tipo de vehículo y mantener coherencia entre la información observada durante el periodo de conteo de 14 horas y la estimación del tránsito correspondiente a un periodo de 24 horas.

A partir de esta información se determinaron los factores de expansión, calculados como la relación entre el volumen total registrado durante el periodo de 14 horas (06:00 a.m. – 08:00

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 537 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

p.m.) y el volumen total diario de 24 horas obtenido en el Movimiento No. 1 de la estación maestra. Dichos factores fueron aplicados posteriormente a los volúmenes observados en los aforos realizados en la vía objeto del proyecto, permitiendo así estimar el Tránsito Promedio Diario (TPD) de 24 horas.

Tabla 4. Conteo vehicular de 24 horas del movimiento No. 1 realizado el día 03/03/2026

	MOV 1
AUTOS	8,235
MICROBUS	269
BUS	1,012
C2P	430
C2G	254
C3	3
C4	3
C5	
>C5	12
MOTOS	25,053
BICICLETAS	169

Fuente. Esta consultoría

Tabla 5. Conteo vehicular de solo 14 horas (6am – 8 pm) del movimiento No. 1 realizado el día 03/03/2026

	MOV 1
AUTOS	7004
MICROBUS	221
BUS	895
C2P	397
C2G	239
C3	2
C4	1
C5	2
>C5	8
MOTOS	21562
BICICLETAS	127

Fuente. Esta consultoría

Se presenta a continuación los factores de expansión calculados a partir de la información de las tablas anteriores.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

$$Fe = \frac{Volumen\ total\ de\ 24\ horas}{volumen\ total\ de\ 16\ horas}$$

Tabla 6. Factores de expansión a emplear para los conteos realizados de 14 horas en la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78

	Factores de expansión
AUTOS	1.176
MICROBUS	1.217
BUS	1.131
C2P	1.083
C2G	1.063
C3	1.500
C4	3.000
C5	
>C5	1.500
MOTOS	1.162
BICICLETAS	1.331

Fuente. Esta consultoría

7.1.2 Tránsito promedio diario (TPD3)

A continuación se presenta el transito promedio diario (TPD) de la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78, aplicando los factores de expansión a 24 horas.

Tabla 7. Tránsito promedio diario (TPD)de la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho

SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN			TPD3
		28/02/2025	1/03/2025	3/03/2025	
Glorieta del Campesino Calle 41 - Variante Picacho	AUTOS-COLECTIVOS	3765	2460	2851	3025
	BUS	0	1	2	1
	C2P	67	56	68	64
	C2G	48	23	43	38
	C3-4	2	5	21	9
	C5	0	0	0	0
	>C5	0	0	0	0
TOTAL		3881	2545	2985	**3137**

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 I
Bogotá - Colombia

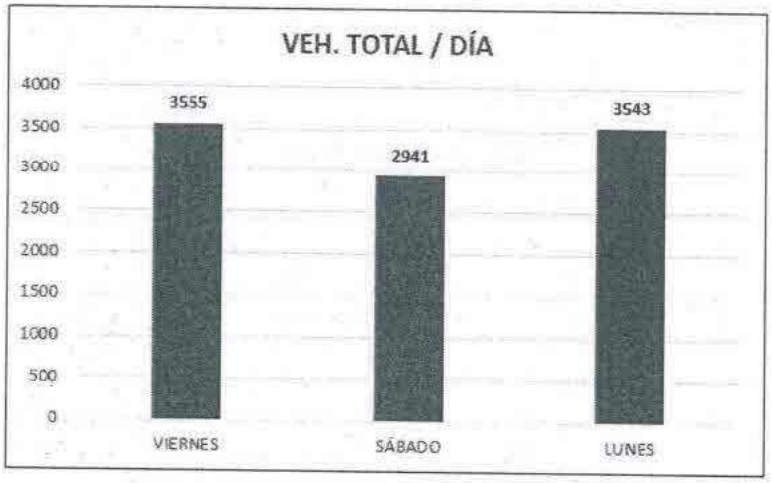
T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com



Fuente. Esta consultoría

Tabla 8. Tránsito promedio diario (TPD)de la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 sentido Variante Picacho - Glorieta del Campesino

SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN			TPD3
		28/02/2025	1/03/2025	3/03/2025	
Variante Picacho - Glorieta del Campesino Calle 41	AUTOS-COLECTIVOS	3416	2817	3365	3199
	BUS	28	28	29	29
	C2P	66	62	75	68
	C2G	39	28	58	42
	C3-4	6	6	15	9
	C5	0	0	0	0
	>C5	0	0	0	0
TOTAL		3555	2941	3543	3346



Fuente. Esta consultoría

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

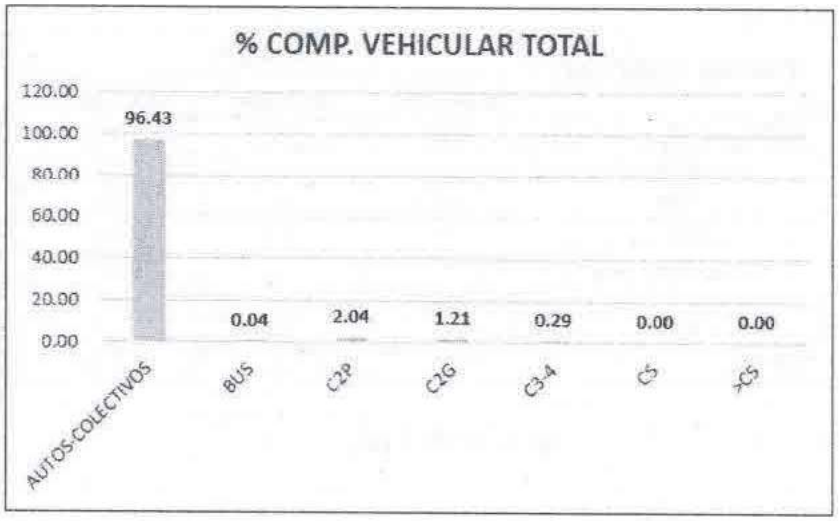
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 35 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

7.1.3 Composición vehicular

La composición vehicular se utiliza para tener una estimación del tipo de vehículos que circulan en la vía en sus condiciones actuales, la cual se expresa en porcentajes. A continuación, se muestra la composición vehicular:

Tabla 9. Composición vehicular sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho

SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN			TPD3	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)
		28/02/2025	1/03/2025	3/03/2025		
Glorieta del Campesino Calle 41 - Variante Picacho	AUTOS-COLECTIVOS	3765	2460	2851	3025	96.43
	BUS	0	1	2	1	0.04
	C2P	67	56	68	64	2.04
	C2G	48	23	43	38	1.21
	C3-4	2	5	21	9	0.29
	C5	0	0	0	0	0.00
	>C5	0	0	0	0	0.00
TOTAL		3881	2545	2985	3137	100.00



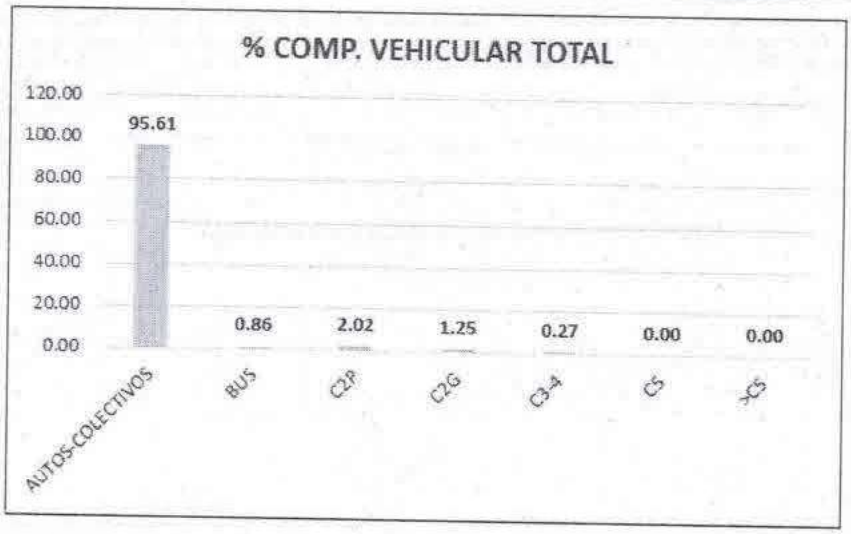
Fuente. Esta consultoría

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 10. Composición vehicular sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino

SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN			TPD3	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)
		28/02/2025	1/03/2025	3/03/2025		
Variante Picacho - Glorieta del Campesino Calle 41	AUTOS-COLECTIVOS	3416	2817	3365	3199	95.61
	BUS	28	28	29	29	0.86
	C2P	66	62	75	68	2.02
	C2G	39	28	58	42	1.25
	C3-4	6	6	15	9	0.27
	C5	0	0	0	0	0.00
	>C5	0	0	0	0	0.00
TOTAL		3555	2941	3543	3346	100.00



Fuente. Esta consultoría

En el aforo realizado sobre la vía, se identificó que en ambos sentidos de circulación predomina el tránsito de automóviles, con una participación aproximada del 96 %. En segundo lugar se encuentran los camiones tipo C2P y C2G, que representan alrededor del 3,3 %, mientras que en menor proporción circulan buses y camiones de categorías C3-C4.

7.1.4 Variación horaria del volumen de tránsito

En la siguiente figura se presenta el comportamiento de los volúmenes horarios para el sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho, para cada uno de los días en los que se registró información.

Carrera 23 N° 124-37
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 36 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 13. Variación volúmenes horarios, sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho







Fuente. Esta consultoría

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2213077
M: +57 300 517 39 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

El comportamiento del tráfico en los tres días evaluados es similar, con una clara predominancia del tránsito de automóviles sobre los demás tipos de vehículos.

- Día 28 de febrero de 2025: la mayor demanda se presentó entre las 14:00 y 15:00 p.m., donde se registró el flujo combinado más alto.

- Día 1 de marzo de 2025: la máxima demanda ocurrió entre las 18:00 y 19:00 p.m., consolidándose como la franja de mayor congestión para este día.

- Día 3 de marzo de 2025: nuevamente, el pico más alto se presentó entre las 18:00 y 19:00 p.m., manteniendo el patrón observado en el día anterior.

En este sentido se aprecia que los mayores flujos se concentran principalmente en horas de la tarde, con picos que varían entre primeras y últimas horas de esa jornada, reflejando la dinámica de viajes hacia la Variante Picacho.

En la siguiente figura se presenta el comportamiento de los volúmenes horarios para el sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino, para cada uno de los días en los que se registró información.

Figura 14. Variación volúmenes horarios, sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino



Carrera 23 N° 124 -87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 58 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com





Fuente. Esta consultoría

El comportamiento del tráfico en este sentido también mantiene uniformidad entre los tres días, con predominancia de automóviles sobre los demás tipos de vehículos.

- Día 28 de febrero de 2025: la mayor demanda se registró entre la 13:00 y 14:00 p.m., representando el flujo más alto del día.

- Día 1 de marzo de 2025: la hora de máxima circulación ocurrió entre las 12:00 y 13:00 p.m., evidenciando una concentración significativa del tránsito en horas del mediodía.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404-II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1977
M: +57 300 577 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

- Día 3 de marzo de 2025: de manera similar, la máxima demanda se presentó entre las 12:00 y 13:00 p.m., confirmando el patrón de congestión alrededor del mediodía en este sentido.

En este caso, los volúmenes más altos se concentran en las horas centrales del día, lo que marca una diferencia clara con el comportamiento del sentido contrario, donde predominan los picos en la tarde.

7.1.5 Factor direccional

De acuerdo con los resultados del TPD3 obtenido en cada sentido de circulación de la vía en estudio, que corresponde a 3137 vehículos en sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho y 3346 vehículos en sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino, se tiene que el factor direccional es aproximadamente del 50% en ambos sentidos.

7.1.6 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que se conserve la misma frecuencia del flujo durante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora máxima.

Matemáticamente esto se expresa como:

Carrera 23 N° 124 87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 537 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * Qmáx}$$

Donde,

FHMD: Factor de la hora de máxima demanda.

VHMD: Volumen horario de máxima demanda.

Qmáx: Volumen máximo.

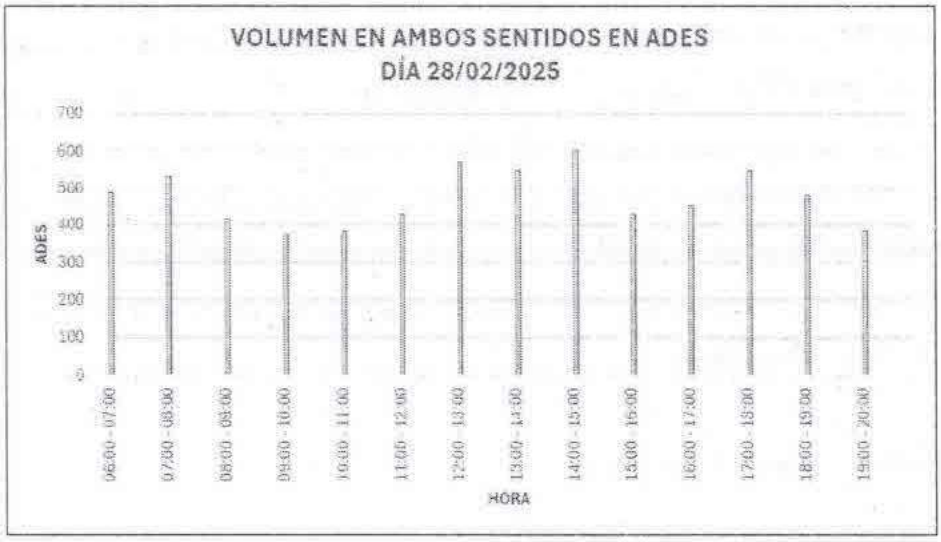
N: Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Se realizará la conversión de los diferentes tipos de vehículos a Autos de Diseño Equivalente (ADES) utilizando los siguientes factores:

Autos	Buses	camiones
1.0	2.0	2.5

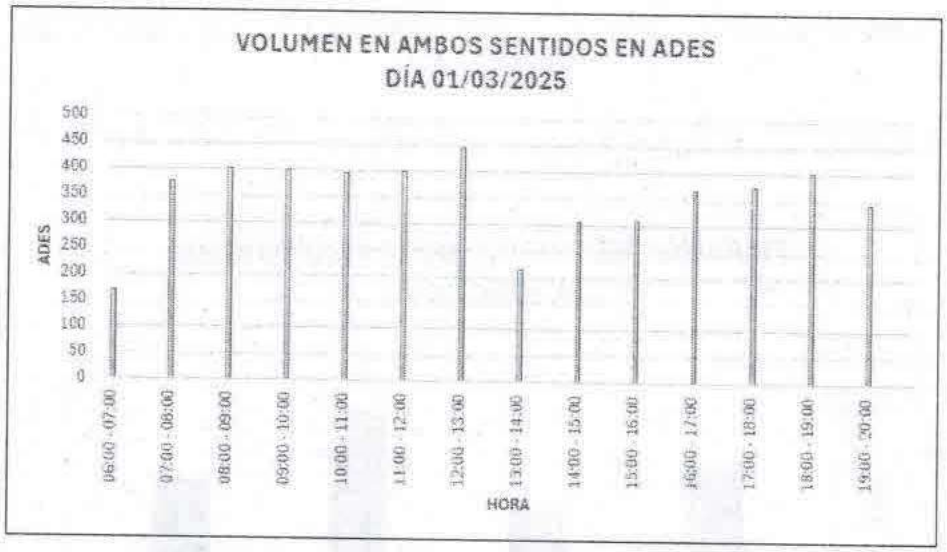
Los valores estimados de hora pico, volumen de hora pico y factor de hora pico, en la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78, se muestran a continuación:

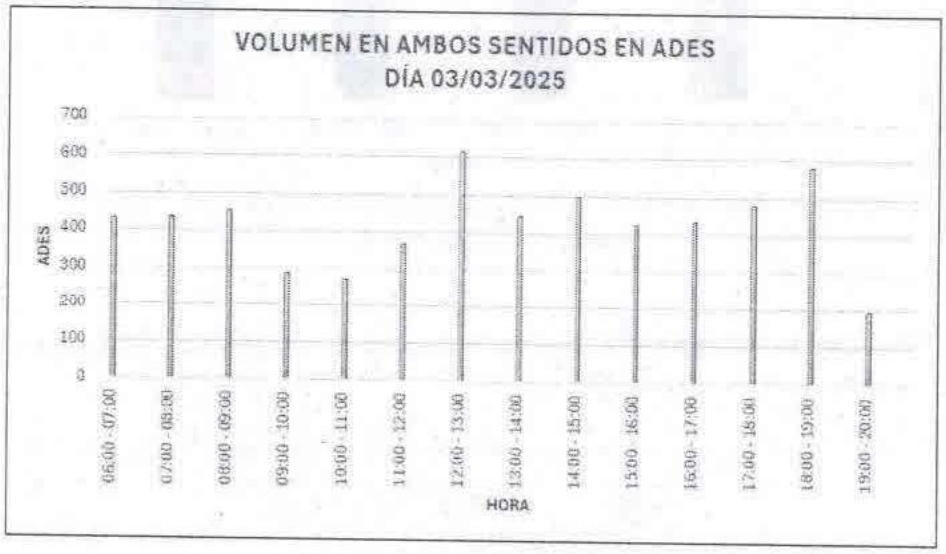
Figura 15. Variación del volumen del tránsito en la vía Ranchos del INAT



Carrera 23 N° 124- 87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com





Fuente. Esta consultoría

Luego, se tiene que la hora de máxima demanda (hora pico) se presentó el lunes 03 de marzo de 2025 de 12:00 pm a 13:00 pm y su volumen horario es:

Tabla 11. Demanda máxima en la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78

VHMD (ADES)	616
HORA	12:00 - 13:00

Fuente. Esta consultoría

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

A continuación, se presenta la variación de la intensidad del flujo vehicular en la hora pico:

Figura 16. Variación del volumen de tránsito en la hora pico en un día en vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78



Fuente. Esta consultoría

Luego, se tiene que los volúmenes de máxima intensidad en periodos de 15 minutos son:

Tabla 12. Volumen horario máximo en la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78

HORA	VOLUMEN (ADES)
12:00 - 12:15	153
12:15 - 12:30	118
12:30 - 12:45	199
12:45 - 13:00	146

Fuente. Esta consultoría

Por lo tanto, se tiene que el factor horario de máxima demanda (hora pico) es:

$$FHMD = \frac{616}{4 * 199} = 0.77$$

Carrera 23 N. 124 - 87
Edificio Torre Zentsi - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +(57 1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convial88@gmail.com

El FHMD igual a 0.77 sugiere que el flujo durante la hora crítica no es uniforme, sino que se concentra en ciertos intervalos cortos (15 minutos), generando picos de demanda más intensos que el promedio.

Esto implica que, aunque el volumen horario sea de 616 veh/h, en realidad el tramo de vía experimenta momentos dentro de esa hora donde la intensidad instantánea es mucho mayor (199 veh/15 min).

7.2 Cuantificación del tránsito equivalente de 8.2 ton

En el caso de que no se posean series históricas de tránsito o existan pocos datos en una serie histórica, se debe realizar un conteo representativo de tránsito durante un periodo mínimo de tres días, posteriormente establecer una tasa de crecimiento representativa del tránsito para el proyecto, y consecuentemente estimar el tránsito equivalente en el periodo de diseño considerado. Para pronosticar el número de ejes equivalentes acumulados en el periodo de diseño como simple expansión del número de ejes equivalentes en el año base, se emplean fórmulas simples, las cuales para su aplicación requieren conocer el tránsito promedio diario, el porcentaje de vehículos comerciales y el factor daño de cada vehículo o factor daño global y el valor de la tasa de crecimiento del tránsito.

El número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas se determina por medio de la siguiente expresión:

$$N = 365 \times F_c \times F_d \times \sum TPD_i \cdot C_i$$

Donde:

N: Número anual de ejes equivalentes de 8.2 Ton.

Fd: Factor de distribución direccional.

Fc: Factor de distribución por carril.

TPDi: Tránsito promedio diario para cada tipo de vehículo.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 321 1977
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Ci: Factor de Equivalencia de carga por tipo de vehículo

Corrección del tránsito proyectado para garantizar una confiabilidad mayor al 50% en la determinación del número de ejes equivalentes.

Una vez determinado el número de ejes equivalentes de 80 kN en el período de diseño (N), se debe corregir el tránsito para contemplar el nivel de confiabilidad deseado. Tomando como referencia el rango de variación de los valores de los errores estándar de diseño encontrados por la AASHTO, para estructuras de pavimentos flexibles, (0.49 para el error combinado de tránsito y comportamiento y 0.44 únicamente por comportamiento) y asumiendo una distribución normal para la diferencia entre el tránsito real y el estimado, se encontró la expresión para proporcionar la confianza requerida en la variable tránsito:

$$N' = 10^{0.05\,Z_r} * N$$

Donde:

N': Es el tránsito equivalente corregido para proporcionar un determinado nivel de confianza.

Zr: El valor del coeficiente correspondiente a una distribución normal y a la confiabilidad deseada.

N: Número anual de ejes equivalentes de 8.2 Ton.

7.2.1 Tránsito Atraído

Es el que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece, y hoy hace uso de otra infraestructura. Esta componente se determina a través de encuestas de preferencia a usuarios y modelos de selección modal o de ruta. La implementación de una nueva estructura vial tiene efectos positivos sobre la dinámica económica. La reducción en los tiempos de viaje se deriva en mayores posibilidades de generación de tráfico.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Para este caso, su cuantificación se realizará a partir del tránsito normal, aplicando un porcentaje que represente este tránsito. Se adoptará en este un caso un tránsito atraído del **25%**. Este valor es consistente con el criterio del Instituto de Ingenieros de Estados Unidos en su Manual de Estudios en Carreteras, que señala que al tránsito atraído se le asignan porcentajes entre el cinco (5%) y el veinticinco por ciento (25%) del tránsito normal, con un período de aparición de uno o dos años después que la carretera ha sido abierta al servicio.

7.2.2 Tránsito Generado

El transito generado es el que se origina por el proyecto mismo debido a mejores condiciones de oferta. Generalmente se refiere al tránsito nuevo por efecto del desarrollo del área de influencia. Esta componente se determina a través del análisis socio-económico. Este tránsito es el crecimiento que se presenta por el incremento que en la producción agrícola, pecuaria, minera, industrial, comercial o turística que se genera en una zona por la construcción de una nueva carretera o el mejoramiento y/o pavimentación de una vía existente.

Cuando no se dispone de información más detallada, se puede hacer uso de los factores relacionados en la Tabla 2.16 del Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito, obtenidos del seguimiento a proyectos de pavimentación en vías del país, esta información se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 13. Tránsito atraído como función del tránsito normal

Clasificación del área del proyecto	Población Beneficiada, Hab.	Porcentaje de Tránsito
Área con potencial minero alto	Menos de 5000	3.0
	5000 o más	6.0
Área con potencial agrícola alto	Menos de 5000	2.5
	5000 o más	5.5
Área con potencial turístico alto	Menos de 5000	2.0
	5000 o más	3.5
Área de bajo potencial de desarrollo		1.5

Fuente. Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito, INVIAS.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Dado que el tramo en estudio se encuentra dentro del área urbana de la ciudad de Montería, una capital intermedia con funciones administrativas, comerciales, educativas y de servicios, el tránsito generado asociado al proyecto no corresponde a dinámicas de tipo minero, agrícola o turístico, sino más bien a un área de bajo potencial de desarrollo adicional, en la medida en que el flujo vehicular está principalmente determinado por los viajes propios del sistema urbano existente. En este sentido, y con base en la tabla del manual de INVIAS, se recomienda adoptar un valor de **2.0 %** del tránsito normal como tránsito generado, ya que este porcentaje refleja adecuadamente la condición urbana consolidada, en donde la vía no constituye un elemento que genere atracción adicional significativa de tránsito, sino que más bien canaliza los desplazamientos ya presentes dentro del sistema vial de Montería.

7.2.3 Periodo de evaluación

Acorde a lo indicado por lo manuales de diseño, los pavimentos flexibles se deben diseñar para un periodo de diseño de 10 años.

7.2.4 Confiabilidad

De acuerdo con la categoría de la vía se ha empleado una confiabilidad del 90% → Zr: 1.282.

7.2.5 Factor de distribución direccional y por carril

El Factor de Distribución por Carril (FDC) corresponde a la distribución del NESE de acuerdo con el número de carriles en una misma dirección. Se establece de acuerdo con lo estipulado en la página II-9, del documento Guide for Design of Pavement Structures – AASHTO 1993.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404-II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 317 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 14. Factor de distribución por carril.

Número Total de carriles en cada sentido	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca.)
1	1.00
2	0.90
3	0.60
4 o más	0.45

Fuente. Manual de diseño de pavimento asfálticos de medios y altos volúmenes de tránsito, INVIAS

Para el caso específico del proyecto se empleará un **Factor de distribución carril de 1.0,** toda vez que la calzada cuenta con dos carriles, uno en cada sentido.

El Factor de distribución direccional (Fd), corresponde a la distribución porcentual de los vehículos comerciales en cada sentido de circulación. Para el caso del proyecto se determinó un tránsito uniforme en cada dirección (ver numeral 7.1.5), por ende, el valor del **Factor de distribución direccional** es de **0.50**.

7.2.6 Tasa de crecimiento del tránsito

El Tránsito promedio diario se proyectó para el periodo de diseño empleando una tasa de crecimiento de 5% según el INVIAS, de acuerdo con la magnitud del TPD, como se indica continuación.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 32 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 15. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial Nacional

TDPS	Tasas de crecimiento (%)				# Estaciones analizadas
	Total vehículos		Vehículos comerciales		
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	
< 500	2.0 - 4.0 %	3.6%	2.0 - 4.0 %	2.9%	28
500 - 1000	3.0 - 6.0 %	3.4%	2.0 - 4.0 %	2.6%	49
1000 - 2500	3.0 - 6.0 %	4.3%	2.0 - 5.0 %	3.3%	134
2500 - 5000	3.0 - 6.0 %	4.3%	3.0 - 5.0 %	3.4%	144
5000 - 10000	3.0 - 6.0 %	4.5%	3.0 - 5.0 %	3.8%	146
> 10000	3.0 - 6.0 %	4.3%	3.0 - 6.0 %	3.8%	89

Fuente. Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito

7.2.7 Factores de Equivalencia de Carga (FEC)

Se entiende por factor daño al número de aplicaciones de un eje sencillo de rueda doble con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondientes al paso de un vehículo comercial (bus o camión).

Se emplearon los factores de equivalencia de carga o factores daño descritos en el Manual de diseño de pavimentos asfálticos de medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS para realizar la proyección de los ejes equivalentes, los cuales se indican a continuación.

Se aclara que para el tipo de Bus identificado en los aforos y que ingresan a las zonas de parqueo, el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito, presenta el siguiente rango de factores daño:

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 17. Rango del factor daño para el tipo de bus identificado en la zona de parqueo

Tipo	Detalle del vehículo	
Busetas (5.5 a 8.5 Toneladas)		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	2.0 a 3.0	3.5 a 5.5
FEC AASHTO	0.01 a 0.04	0.03 a 0.20
Rango de FDV AASHTO	**0.04 a 0.24**	
FEC Método de la cuarta potencia	0.01 a 0.04	0.03 a 0.20
FDV Método de la cuarta potencia	**0.04 a 0.24**	

Tipo	Detalle del vehículo	
Bus (8.0 a 11.0 Toneladas)		
Configuración del sistema de eje	SRS (2 ruedas)	SRD (4 ruedas)
Rango de cargas (T)	2.5 a 3.5	5.5 a 7.5
FEC AASHTO	0.02. a 0.08	0.20 a 0.71
Rango de FDV AASHTO	**0.22 a 0.79**	
FEC Método de la cuarta potencia	0.02. a 0.08	0.20 a 0.70
FDV Método de la cuarta potencia	**0.22 a 0.78**	

Fuente. Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito

Considerando que dichos Buses ingresan a la zona de parqueo vacíos, esta consultoría adopta un factor daño de 0.50.

Tabla 16. Factores de Equivalencia de Carga empleados para el proyecto.

FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA						
AUTO	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	≥C6
0	0.5	0.31	3.92	5.31	8.36	6.5

Fuente. Esta consultoría, a partir del Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito, INVIAS

7.2.8 Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas

Se presenta a continuación el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño para 5, 10, 15 y 20 años para cada tramo analizado, destacando que el cálculo detallado se puede encontrar en el Anexo 2.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 17. Resumen conteos vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78 incluyendo factor de expansión a 24 horas

RESUMEN AFOROS							
Día de conteo	**Autos**	**Bus**	**C-2P**	**C-2G**	**C3-C4**	**C5**	**≥C6**
Sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho							
Viernes (28/02/25)	3765	0	67	48	2	0	0
Sábado (01/03/25)	2460	1	56	23	5	0	0
Lunes (03/03/25)	2851	2	68	43	21	0	0
Sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino							
Viernes (28/02/25)	3416	28	66	39	6	0	0
Sábado (01/03/25)	2817	28	62	28	6	0	0
Lunes (03/03/25)	3365	29	75	58	15	0	0

Fuente. Esta consultoría

Tabla 18. TPD vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD_3)							
Vehículo	**Autos**	**Bus**	**C-2P**	**C-2G**	**C3-C4**	**C5**	**≥C6**
Sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho							
TPD	3025	1	64	38	9	0	0
Composición	96.43%	0.03%	2.03%	1.21%	0.30%	0.00%	0.00%
Sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino							
TPD	3199	28	68	42	9	0	0
Composición	95.62%	0.85%	2.02%	1.25%	0.27%	0.00%	0.00%

Fuente. Esta consultoría

Considerando el porcentaje de tránsito atraído y generado que circularía por la vía una vez se encuentre pavimentada, el tránsito promedio diario (TPD) para el año 2025 en el tramo vial analizado es el siguiente:

Carrera 25 N° 124-87
Edificio Torre Zentali - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 38 99
E. gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 19. TPD con tránsito atraido y generado en la via Ranchos del INAT entre calle 41 y 78

TPD INCLUYENDO TRÁNSITO ATRAIDO Y GENERADO							
Vehiculo	**Autos**	**Bus**	**C-2P**	**C-2G**	**C3-C4**	**C5**	**≥C6**
Sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho							
TPD	3842	1	81	48	12	0	0
Composición	96.43%	0.03%	2.03%	1.21%	0.30%	0.00%	0.00%
Sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino							
TPD	4063	36	86	53	11	0	0
Composición	95.62%	0.85%	2.02%	1.25%	0.27%	0.00%	0.00%

Fuente. Esta consultoría

Con base en la información anterior, se proyectó el TPD utilizando la tasa de crecimiento vehicular definida anteriormente (5%), para lo cual se usó la siguiente expresión:

$$Tf = To * (1 + i)^n$$

Donde:

Tf = Tránsito futuro

To = Tránsito del año base

i = Tasa de crecimiento.

n = Periodo de proyección

En las siguientes tablas se muestra la proyección del TPD para la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78.

Carrera 23 N° 124-97
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 58 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 20. Proyección del TPD en la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78

Vía Ranchos del INAT entre calle 60 y calle 78								
Año	**Autos**	**Bus**	**C-2P**	**C-2G**	**C3-C4**	**C5**	**≥C6**	**TPD**
2025	7905	37	167	101	23	0	0	8234
2026	8301	39	175	106	24	0	0	8646
2027	8716	41	184	112	26	0	0	9078
2028	9151	43	193	117	27	0	0	9532
2029	9609	45	203	123	28	0	0	10008
2030	10089	48	213	129	30	0	0	10509
2031	10594	50	224	136	31	0	0	11034
2032	11124	52	235	142	33	0	0	11586
2033	11680	55	246	149	34	0	0	12165
2034	12264	58	259	157	36	0	0	12773
2035	12877	61	272	165	38	0	0	13412
2036	13521	64	285	173	40	0	0	14083
2037	14197	67	300	182	42	0	0	14787
2038	14907	70	315	191	44	0	0	15526
2039	15652	74	330	200	46	0	0	16302
2040	16435	77	347	210	48	0	0	17118
2041	17256	81	364	221	51	0	0	17973
2042	18119	85	382	232	53	0	0	18872
2043	19025	90	401	243	56	0	0	19816
2044	19976	94	421	256	59	0	0	20806
2045	20975	99	443	268	62	0	0	21847
2046	22024	104	465	282	65	0	0	22939

Fuente. Esta consultoría

Un pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio. A continuación, se detalla el procedimiento empleado para la evaluación del tránsito de diseño expresado en Número de Ejes equivalentes NEE.

$$N = 365 * Fd * Fc * \Sigma(TPD_i * FEC_i) * 10^{0.05*Zr}$$

Donde:

Fd: Factor dirección

Fc: Factor carril

TPDi: Tránsito promedio diario para cada vehículo

FECi: Factor de equivalencia de carga de cada vehículo

Zr: El valor del coeficiente correspondiente a una distribución normal y a la confiabilidad deseada.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Se presenta a continuación la proyección del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño para los próximos 20 años en la vía en estudio.

Tabla 21. Número de ejes equivalentes en la vía Ranchos del INAT entre calle 41 y 78

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES VÍA RANCHOS DEL INAT									
Año	TPD							TPD Total	N8.2 ton
	AUTO	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	≥C6		
2025	7905	37	167	101	23	0	0	8234	124,923
2026	8301	39	175	106	24	0	0	8646	131,169
2027	8716	41	184	112	26	0	0	9078	137,727
2028	9151	43	193	117	27	0	0	9532	144,614
2029	9609	45	203	123	28	0	0	10008	151,844
2030	10089	48	213	129	30	0	0	10509	159,437
2031	10594	50	224	136	31	0	0	11034	167,408
2032	11124	52	235	142	33	0	0	11586	175,779
2033	11680	55	246	149	34	0	0	12165	184,568
2034	12264	58	259	157	36	0	0	12773	193,796
2035	12877	61	272	165	38	0	0	13412	203,486
2036	13521	64	285	173	40	0	0	14083	213,660
2037	14197	67	300	182	42	0	0	14787	224,343
2038	14907	70	315	191	44	0	0	15526	235,560
2039	15652	74	330	200	46	0	0	16302	247,338
2040	16435	77	347	210	48	0	0	17118	259,705
2041	17256	81	364	221	51	0	0	17973	272,691
2042	18119	85	382	232	53	0	0	18872	286,325
2043	19025	90	401	243	56	0	0	19816	300,641
2044	19976	94	421	256	59	0	0	20806	315,673
2045	20975	99	443	268	62	0	0	21847	331,457
2046	22024	104	465	282	65	0	0	22939	348,030

Fuente. Esta consultoría

Es conveniente aclarar que el cálculo de los ejes equivalentes presentado en este capítulo es una guía para el diseñador de pavimentos y queda a su criterio el utilizar estos valores, o los que el profesional experto en el área considere conveniente.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

8. CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

8.1 Generalidades

La capacidad vial en términos generales es una medida de la eficiencia con la que se está atendiendo a la demanda de tránsito.

La capacidad vial expresa el número de vehículos que pueden transitar por una carretera en un período de una hora. La relación volumen/capacidad (V/C) expresa el grado de saturación o congestión de tránsito mirado desde el punto de vista de demanda/oferta.

El nivel de servicio indica el grado de facilidades que experimenta un conductor al transitar por un tramo de carretera. Es un concepto subjetivo y difícil de precisar. Se mide a través de un indicador cualitativo que varía entre A y F. El nivel A representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. En los niveles de servicio B y C el conductor experimenta que no puede transitar a flujo libre pero las condiciones son todavía muy aceptables. En el nivel D el flujo aunque es estable, se empiezan a presentar restricciones por geometría y pendiente de la vía; como consecuencia el nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente. El nivel E representa la circulación a velocidades bajas, siendo prácticamente imposible adelantar. En el nivel F las condiciones adversas de la vía se reflejan en la operación del flujo y pueden ocasionar constantes demoras y avances cortos.

En Colombia, en los últimos años, los estudios de capacidad vial han adquirido gran importancia en los análisis operacionales y de diseño vial.

8.2 Análisis de capacidad y nivel de servicio en vías de dos carriles

A continuación, se presenta el análisis de capacidad y nivel de servicio de la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404-II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 317 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Procedimiento de cálculo proporcionado por el manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles INVIAS 2022.

Condiciones ideales y calificación

Las condiciones ideales para una vía de dos carriles son las siguientes.

- Repartición del tránsito por igual en ambos sentidos.
- Terreno plano y rasante horizontal.
- Carriles de no menos de 3.65 metros de ancho.
- Bermas de no menos de 1.80 metros de ancho, con superficie de rodadura de calidad inferior a la de la calzada y distinta inclinación.
- Superficie de rodadura en condiciones óptimas.
- Alineamiento recto.
- Ausencia de vehículos pesados.
- Visibilidad adecuada para adelantar.
- Señalización horizontal y vertical óptima.

La calificación se realiza mediante el concepto de Nivel de Servicio, cuyos valores significan lo siguiente:

Nivel de servicio A. Representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona.

Nivel de servicio B. Comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen algo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404-II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 58 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia a otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.

Nivel de servicio C. Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos, deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

Nivel de servicio D. El flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente.

Nivel de servicio E. Representa la circulación a capacidad cuando las velocidades son bajas pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas condiciones para definir el nivel E, este nivel también se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a capacidad, en condiciones de inseguridad.

Nivel de servicio F. Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de éstas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 320 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.

8.2.1 Metodología de Cálculo

Cálculo de la capacidad

Para el cálculo de la capacidad los factores de corrección se aplican en forma simultánea.

Procedimiento de cálculo

Se toma el valor de la capacidad en condiciones ideales Ci (3200 automóviles por hora en ambos sentidos), y se multiplica por varios factores de corrección hasta transformarla en capacidad para las condiciones estudiadas en vehículos de todas clases por hora.

Ci = 3,200 automóviles/ hora/ambos sentidos

Tomar el factor de corrección por pendiente Fpe de la Tabla 1, conociendo la pendiente correspondiente al sentido del volumen predominante y su longitud.

Tomar el factor de corrección por distribución por sentidos Fd de la Tabla 2, conociendo el porcentaje de zonas de no rebase y la distribución por sentidos.

Tomar el factor de corrección por ancho de carril y berma, Fcb, de la Tabla 3, conociendo el ancho utilizable de la berma y el del carril.

Tomar el factor de corrección por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes, Fp, de la Tabla 4, conociendo la pendiente ascendente, su longitud y el porcentaje de vehículos pesados (buses + camiones).

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 33 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Multiplicar el valor de la capacidad ideal Ci (3200 automóviles/hora en ambos sentidos) por los factores anteriores para calcular la capacidad, C60, expresada por el volumen mixto (vehículos livianos y pesados) máximo que pueda circular durante la hora pico sin causar congestión, suponiendo que no hay variaciones aleatorias en ese volumen.

$$C60 = 3200 * Fpe * Fd * Fcb * Fp$$

Multiplicar C60 por el Factor Hora Pico, FHP, para obtener la capacidad, C5, expresada por el volumen mixto máximo que debe circular durante la hora pico para que, normalmente, no se produzca congestión durante el período de cinco minutos de mayor tránsito de esa hora. El FHP se debe tomar de la Tabla 5, obtenida por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

$$C5 = C60 * FHP$$

Cálculo del nivel de servicio

La aplicación de los factores de corrección para el cálculo del nivel de servicio se realizan en forma consecutiva. En este caso, en cualquier orden que se realicen las correcciones siempre habrá pequeños errores, pero éstos son mucho menores que si se aplican todos los factores simultáneamente. Se trata de encontrar una secuencia de aplicación de los factores que introduzcan las menores variaciones.

Procedimiento de cálculo

Tomar la velocidad ideal de automóviles a flujo libre, Vi, de la Tabla 6 conociendo la inclinación de la pendiente ascendente en estudio y su longitud. Se obtiene la velocidad media de automóviles, en condiciones ideales (excepto por pendiente).

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 317 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tomar el factor de corrección por el efecto de la utilización de la capacidad fu, de la Tabla 7, conociendo la relación volumen/capacidad. Ambas variables son las correspondientes a sesenta minutos. Ese volumen se designa con el símbolo Q. Factor de utilización (v/c) = Q/C60.

Tomar el factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma, fcb, de la Tabla 8, conociendo el ancho utilizable de la berma y el del carril.

Multiplicar la velocidad ideal a flujo libre, Vi, por el factor fu y fcb, para obtener la velocidad de automóviles a flujo restringido.

$$V1 = Vi * fu * fcb$$

Determinar el factor de corrección por presencia de vehículos pesados, fp, de la Tabla 9, conociendo la inclinación y longitud de la pendiente en estudio se determina el factor de equivalencia camiones Ec (Sin considerar los buses como vehículo pesado) y se calcula el factor de ajuste aplicando la fórmula:

$$fp = 1/(1+ PC(Ec-1))$$

Determinar el factor de ajuste por tortuosidad del tramo en estudio de acuerdo con la Tabla 10, es necesario previamente haber determinado la tortuosidad del tramo en estudio.

Se determina la velocidad media V2 de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$V2= V1 \times fp \times ft$$

Se calcula el porcentaje que se ha perdido con respecto a la velocidad ideal (Tomada de la Tabla 6).

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 537 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Vi_____ 100%

V2_____ X

$$X = \frac{V2}{Vi} * 100$$

Con este valor X se determina el N de S en la Tabla 11.

Vi: Es la velocidad ideal para las condiciones de la vía obtenida de la Tabla 6

8.2.2 Aplicación a la vía Ranchos del INAT entre la calle 41 y 78

Dado que el tramo objeto de estudio corresponde a una longitud aproximada de 3.6 km, el análisis de capacidad y nivel de servicio se desarrollará considerando la mitad de la longitud la vía. Esto permite que los resultados reflejen de manera integral las condiciones geométricas y operacionales presentes en el tramo, asegurando una representación real del comportamiento del tráfico en condiciones normales de operación. De esta manera se obtiene una visión sobre el comportamiento del tráfico a lo largo del trayecto en condiciones normales, es decir, las condiciones que un conductor experimentará a lo largo del viaje.

A continuación se presentan las características geométricas y operacionales del tramo vial en estudio.

Carrera 23 N 124-37
Edificio Torre Zentai - Oficina 604 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 317 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 22. Datos iniciales para cálculo de Capacidad y Nivel de Servicio

	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
TRAMO	1	1
ABSCISA INICIAL	K0+000	K0+000
ABSCISA FINAL	K1+800	K1+800
CARRIL (m)	3.25	3.5
BERMA (m)	0	0
PENDIENTE (%)	2	2
LONGITUD DE LA PENDIENTE (%)	1800 m	1800 m
TERRENO	PLANO	PLANO
%ZONAS DE NO ADELANTO	80	80
VOLUMEN (veh/hora)	616	616
%AUTOS	96.4	96.4
%BUSES	0.03	0.03
%CAMIONES	3.57	3.57
RADIO DE CURVA (m)	228	228

Fuente. Esta consultoría

Con los datos anteriores se procede a calcular la Capacidad y Nivel de Servicio a 0, 5, 10, 15 y 20 años con una tasa de crecimiento de 5% anual.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Tabla 23. Resumen de resultados de Capacidad y Nivel de servicio SIN PROYECTO

CARRETERAS DE DOS CARRILES
DETERMINACION DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Tramo :	Vía Ranchos del INAT	Sector :	Terreno Plano
Sector :	SIN PROYECTO	Tipo de Sector :	Tipico
Nombre :	K0+000 - K1+800		
Calculó :	Victor Romo	Reviso :	JGA
		Fecha :	13/03/2026

1. INFORMACION INICIAL

Información Geométrica	
Pendiente (%)	2.00
Longitud (km)	1.80
Ancho de Carril (m)	3.25
Ancho de Berma (m)	0.00
Curvatura Horizontal (o/Km)	18.00
Zonas de No Rebase (%)	80.00

Información de Tránsito	
Distribución Direccional (%)	50
Autos (%)	96.4
Buses (%)	0.03
Camiones (%)	3.57
Volumen Ambos Sentidos Q (veh/h)	616
Tasa de crecimiento anual (%)	5

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 3211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

2. CALCULO DE LA CAPACIDAD (C_{60} y C_5)

F_{pe} Tabla 1		F_d Tabla 2		F_{cb} Tabla 3		Fc Tabla 4 F_p		C_i (veh/h)		C_{60} (veh/h)
0.980	X	1.000	X	0.945	X	2.014 0.965	X	3200	=	2859

C_{60} (veh/h)		FPH Tabla 5		C_5
2859	X	0.970	=	2773

Año	Q (veh/h)	Q/C_{60}	Q/C_5	Velocidad Promedio, km/h	Nivel de Servicio
0	616	0.22	0.22	61.786	D
5	786	0.27	0.28	61.148	D
10	1003	0.35	0.36	59.778	D
15	1281	0.45	0.46	57.152	D
20	1634	0.57	0.59	53.304	D

3. CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

V_i Tabla 6		F_u Tabla 7		F_{cb} Tabla 8		V_1 (km/h)	Tipo de Terreno
81.000	X	0.977	X	0.797	=	63.040	PLANO

V_1 (km/h)		E_c Tabla 9	F_p		F_t Tabla 10		V_2 (km/h)	V_2/V_i *100
63.040	X	1.340	0.988	X	0.992	=	61.786	68.7

Velocidad Promedio (Km/h)	Nivel de Servicio (Tabla 11)
61.79	**D**

Fuente. Software Determinación de Capacidad y Nivel de Servicio, INVIAS

Carrera 23 N° 124 -87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialias@gmail.com

Tabla 24. Resumen de resultados de Capacidad y Nivel de servicio CON PROYECTO

CARRETERAS DE DOS CARRILES
DETERMINACION DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Tramo :	Vía Ranchos del INAT	Sector :	Terreno Plano
Sector :	CON PROYECTO	Tipo de Sector :	Típico
Nombre :	K0+000 - K1+800		
Calculó :	Victor Romo	Revisó :	JGA
		Fecha :	13/03/2026

1. INFORMACION INICIAL

Información Geométrica	
Pendiente (%)	2.00
Longitud (km)	1.80
Ancho de Carril (m)	3.50
Ancho de Berma (m)	0.00
Curvatura Horizontal (o/Km)	18.00
Zonas de No Rebase (%)	80.00

Información de Tránsito	
Distribución Direccional (%)	50
Autos (%)	96.4
Buses (%)	0.03
Camiones (%)	3.57
Volumen Ambos Sentidos Q (veh/h)	616
Tasa de crecimiento anual (%)	5

2. CALCULO DE LA CAPACIDAD (C_{60} y C_5)

F_{pe} Tabla 1		F_d Tabla 2		F_{cb} Tabla 3		Ec Tabla 4 F_p		C_i (veh/h)		C_{60} (veh/h)
0.980	x	1.000	x	0.960	x	2.014 0.965	x	3200	=	2905

C_{60} (veh/h)		FPH Tabla 5		C_5
2905	x	0.970	=	2817

Año	Q (veh/h)	Q/C_{60}	Q/C_5	Velocidad Promedio, km/h	Nivel de Servicio
0	616	0.21	0.22	65.290	C
5	786	0.27	0.28	64.633	C
10	1003	0.35	0.36	63.277	C
15	1281	0.44	0.45	60.866	D
20	1634	0.56	0.58	57.074	D

3. CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

V_i Tabla 6		F_u Tabla 7		F_{cb} Tabla 8		V_1 (km/h)	Tipo de Terreno
81.000	x	0.978	x	0.850	=	67.307	PLANO

V_1 (km/h)		E_c Tabla 9	F_p		F_t Tabla 10		V_2 (km/h)	V_2/V_i *100
67.307	x	1.634	0.978	x	0.992	=	65.290	72.5

Velocidad Promedio (Km/h)	Nivel de Servicio (Tabla 11)
65.29	C

Fuente. Software Determinación de Capacidad y Nivel de Servicio, INVIAS

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 95
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Para determinar la Capacidad y Nivel de servicio se determinó analizar el tramo de vía con y sin proyecto. Se analiza el sector con proyecto, es decir, la situación actual y futura considerando que se mejora la superficie de rodadura.

Para el análisis, se estudia la situación en los próximos años de acuerdo con las proyecciones de tránsito y suponiendo que la vía se ha mejorado y su superficie de rodadura está pavimentada, posteriormente a lo largo de los años se supone que se conserva la tendencia actual y no se realiza mayores inversiones que cambien la geometría y operación existente.

Analizada la vía actual con y sin proyecto se encuentra que la vía esta alrededor del 22% de la capacidad, lo que indica que opera muy por debajo de su capacidad. Para un horizonte de 10 años se proyecta que la vía alcance un 36% de su capacidad y en 15 años un 45%, valores que ratifican un desempeño adecuado y sin restricciones de flujo vehicular. Finalmente, en un horizonte de 20 años se estima que la vía llegue aproximadamente al 58% de su capacidad, escenario en el cual se empezarán a presentar problemas de congestión. En este sentido, se concluye que con el proyecto no se prevén inconvenientes de capacidad en los próximos años, y solo a partir de un horizonte de 20 años podrían evidenciarse limitaciones por saturación de la vía.

El panorama en cuanto al Nivel de Servicio, índice que mide las condiciones que en cuanto a comodidad y seguridad van a encontrar los conductores en el trayecto, debido a las condiciones geométricas, topográficas, tráfico, entre otros, la vía Ranchos del INAT entre las calle 41 y 78 con y sin proyecto presenta un Nivel de Servicio "C" y "D" respectivamente, con una velocidad esperada de operación de 65 KPH con la ejecución del proyecto, lo cual representa condiciones medias donde el flujo es estable y, aunque se presentan algunas restricciones por geometría y pendiente, el nivel de libertad y comodidad del conductor es adecuado y las interferencias con otros vehículos resultan tolerables.

Carrera 23 N° 124-69
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 577 36 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

9. CONCLUSIONES

- Se caracterizó el flujo vehicular que circula por el tramo vial por medio de aforos realizados en dos estaciones de conteo de forma manual durante 3 días 14 horas en una de ellas y durante 4 días 16 horas en la otra, posteriormente se realizó la expansión a 24 horas utilizando la información de una estación maestra ubicada en la intersección de la calle 68 con avenida circunvalar. Se determinó que por la vía en estudio se presenta una predominancia de transitabilidad de automóviles con aproximadamente un 96%, seguido de camiones tipo C2P, C2G y C3-C4 con un 3.5% y buses en menor medida.

- A partir de los conteos realizados se determinó que el tránsito promedio diario correspondiente a la vía Ranchos del INAT, en el tramo comprendido entre la calle 41 y la calle 78, es de aproximadamente 6.483 vehículos, constituyéndose en un dato importante para los análisis de tránsito posteriores.

- El análisis del aforo permitió establecer que el volumen horario de máxima demanda se presentó el día lunes 3 de marzo, en el intervalo comprendido entre las 12:00 pm y la 1:00 p.m., registrándose un flujo de 616 vehículos en dicho periodo. Este valor constituye la condición crítica de operación observada durante la toma de información.

- Para la proyección del tránsito promedio diario determinado mediante los conteos manuales se utilizó una tasa de crecimiento del 5%, la cual es acorde a lo especificado en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito, INVIAS, teniendo en cuenta los valores de TPD medidos en los tramos viales.

- A partir del tránsito promedio diario registrado y de los demás criterios considerados en el presente informe, tales como tránsito atraído, tránsito generado, tasa de crecimiento vehicular, factores de confiabilidad, entre otros, se definió el número de

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 401-A
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 58 99
E. gerencia.convialcas@gmail.com

ejes equivalentes de 8,2 toneladas para el diseño de pavimentos. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES VÍA RANCHOS DEL INAT									
Año	TPD							TPD Total	N8.2 ton
	AUTO	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	≥C6		
2025	7905	37	167	101	23	0	0	8234	124,923
2026	8301	39	175	106	24	0	0	8646	131,169
2027	8716	41	184	112	26	0	0	9078	137,727
2028	9151	43	193	117	27	0	0	9532	144,614
2029	9609	45	203	123	28	0	0	10008	151,844
2030	10089	48	213	129	30	0	0	10509	159,437
2031	10594	50	224	136	31	0	0	11034	167,408
2032	11124	52	235	142	33	0	0	11586	175,779
2033	11680	55	246	149	34	0	0	12165	184,568
2034	12264	58	259	157	36	0	0	12773	193,796
2035	12877	61	272	165	38	0	0	13412	203,486
2036	13521	64	285	173	40	0	0	14083	213,660
2037	14197	67	300	182	42	0	0	14787	224,343
2038	14907	70	315	191	44	0	0	15526	235,560
2039	15652	74	330	200	46	0	0	16302	247,338
2040	16435	77	347	210	48	0	0	17118	259,705
2041	17256	81	364	221	51	0	0	17973	272,691
2042	18119	85	382	232	53	0	0	18872	286,325
2043	19025	90	401	243	56	0	0	19816	300,641
2044	19976	94	421	256	59	0	0	20806	315,673
2045	20975	99	443	268	62	0	0	21847	331,457
2046	22024	104	465	282	65	0	0	22939	348,030

Es conveniente aclarar que el cálculo de los ejes equivalentes presentado es una guía para el diseñador de pavimentos y queda a su criterio el utilizar estos valores, o los que el profesional experto en el área considere conveniente.

- De acuerdo con el análisis realizado, la vía presenta actualmente un nivel de utilización bajo, operando muy por debajo de su capacidad. Incluso con el crecimiento proyectado del tráfico, se mantiene un desempeño eficiente hasta un horizonte de 15 años, evidenciando que no existirán problemas significativos de capacidad en el corto ni mediano plazo. Solo a partir de los 20 años podrían presentarse condiciones de saturación que afecten la fluidez vehicular.

Carrera 23 N. 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

- El análisis del nivel de servicio muestra una mejora en las condiciones de operación de la vía, pasando de un nivel "D" sin proyecto a un nivel "C" con la implementación del mismo. Esta mejora refleja un flujo vehicular más estable y cómodo, con una velocidad de operación estimada de 65 KPH. En consecuencia, se concluye que el proyecto contribuye positivamente al desempeño de la vía, ofreciendo mejores condiciones de comodidad, seguridad y libertad de movimiento para los conductores.

- Se recomienda el uso de las señales de tránsito al momento que se inicie la construcción de la vía, para evitar algún accidente o percances que se puedan presentar durante la ejecución de los trabajos.

Carrera 23 N. 124-97
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 58 99
E. gerencia.convialsas@gmail.com

BIBLIOGRAFÍA

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structures*. AASHTO.

Instituto Nacional de Vías – INVIAS. (2016). *Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito*. Ministerio de Transporte de Colombia.

Instituto Nacional de Vías – INVIAS. (2022). *Manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles*. Ministerio de Transporte de Colombia.

Carrera 33 N° 124-07
Edificio Torre Zental - Oficina 404
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 577 38 96
E. gerencia.convialcas@gmail.com

ANEXO 1. AFOROS

Carrera 23 N° 124 - 87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

ANEXO 2. CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES A PARTIR DE AFOROS MANUALES

Carrera 23 N. 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404-II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2210177
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

BALANCE DE OBRA No. 3

ANEXOS ESTUDIO DE TRANSITO.

CONTRATO DE OBRA No. SI-LP-003-2024 Cuyo Objeto es "MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA CORDOBA"

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA, Montería, Córdoba, Colombia

EJES EQUIVALENTES

Fd	0.5
Fc	1.0
Zr	1.282

FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA						
AUTO	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	≥C6
0	0.5	0.31	3.92	5.31	8.36	6.5

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES VÍA RANCHOS DEL INAT									
Año	TPD							TPD Total	N8.2 ton
	AUTO	BUS	C2P	C2G	C3-C4	C5	≥C6		
2025	7905	37	167	101	23	0	0	8234	124,923
2026	8301	39	175	106	24	0	0	8646	131,169
2027	8716	41	184	112	26	0	0	9078	137,727
2028	9151	43	193	117	27	0	0	9532	144,614
2029	9609	45	203	123	28	0	0	10008	151,844
2030	10089	48	213	129	30	0	0	10509	159,437
2031	10594	50	224	136	31	0	0	11034	167,408
2032	11124	52	235	142	33	0	0	11586	175,779
2033	11680	55	246	149	34	0	0	12165	184,568
2034	12264	58	259	157	36	0	0	12773	193,796
2035	12877	61	272	165	38	0	0	13412	203,486
2036	13521	64	285	173	40	0	0	14083	213,660
2037	14197	67	300	182	42	0	0	14787	224,343
2038	14907	70	315	191	44	0	0	15526	235,560
2039	15652	74	330	200	46	0	0	16302	247,338
2040	16435	77	347	210	48	0	0	17118	259,705
2041	17256	81	364	221	51	0	0	17973	272,691
2042	18119	85	382	232	53	0	0	18872	286,325
2043	19025	90	401	243	56	0	0	19816	300,641
2044	19976	94	421	256	59	0	0	20806	315,673
2045	20975	99	443	268	62	0	0	21847	331,457
2046	22024	104	465	282	65	0	0	22939	348,030

TPD PROYECTADO

r (%) = 5.0%

Vía Ranchos del INAT entre calle 60 y calle 78								
Año	**Autos**	**Bus**	**C-2P**	**C-2G**	**C3-C4**	**C5**	**≥C6**	**TPD**
2025	7905	37	167	101	23	0	0	8234
2026	8301	39	175	106	24	0	0	8646
2027	8716	41	184	112	26	0	0	9078
2028	9151	43	193	117	27	0	0	9532
2029	9609	45	203	123	28	0	0	10008
2030	10089	48	213	129	30	0	0	10509
2031	10594	50	224	136	31	0	0	11034
2032	11124	52	235	142	33	0	0	11586
2033	11680	55	246	149	34	0	0	12165
2034	12264	58	259	157	36	0	0	12773
2035	12877	61	272	165	38	0	0	13412
2036	13521	64	285	173	40	0	0	14083
2037	14197	67	300	182	42	0	0	14787
2038	14907	70	315	191	44	0	0	15526
2039	15652	74	330	200	46	0	0	16302
2040	16435	77	347	210	48	0	0	17118
2041	17256	81	364	221	51	0	0	17973
2042	18119	85	382	232	53	0	0	18872
2043	19025	90	401	243	56	0	0	19816
2044	19976	94	421	256	59	0	0	20806
2045	20975	99	443	268	62	0	0	21847
2046	22024	104	465	282	65	0	0	22939

AFOROS Y TPD

RESUMEN AFOROS							
Día de conteo	**Autos**	**Bus**	**C-2P**	**C-2G**	**C3-C4**	**C5**	**≥C6**
Sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho							
Viernes (28/02/25)	3765	0	67	48	2	0	0
Sábado (01/03/25)	2460	1	56	23	5	0	0
Lunes (03/03/25)	2851	2	68	43	21	0	0
Sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino							
Viernes (28/02/25)	3416	28	66	39	6	0	0
Sábado (01/03/25)	2817	28	62	28	6	0	0
Lunes (03/03/25)	3365	29	75	58	15	0	0

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD_3)								
Vehículo	**Autos**	**Bus**	**C-2P**	**C-2G**	**C3-C4**	**C5**	**≥C6**	
Sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho								
TPD	3025	1	64	38	9	0	0	3137
Composición	96.43%	0.03%	2.03%	1.21%	0.30%	0.00%	0.00%	
Sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino								
TPD	3199	28	68	42	9	0	0	3346
Composición	95.62%	0.85%	2.02%	1.25%	0.27%	0.00%	0.00%	

TPD INCLUYENDO TRÁNSITO ATRAIDO Y GENERADO								
Vehículo	**Autos**	**Bus**	**C-2P**	**C-2G**	**C3-C4**	**C5**	**≥C6**	
Sentido Glorieta del Campesino – Variante Picacho								
TPD	3842	1	81	48	12	0	0	3984
Composición	96.43%	0.03%	2.03%	1.21%	0.30%	0.00%	0.00%	
Sentido Variante Picacho – Glorieta del Campesino								
TPD	4063	36	86	53	11	0	0	4249
Composición	95.62%	0.85%	2.02%	1.25%	0.27%	0.00%	0.00%	

CONSORCIO VÍAS DEL SINÚ

BALANCE DE OBRA No. 3

DISEÑO GEOMETRICO RANCHO DE INAT.

CONTRATO DE OBRA No. SI-LP-003-2024 Cuyo Objeto es "MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA CORDOBA"

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA. Montería, Córdoba, Colombia

CONVIAL | IAS ACCREDITED STAMREGISTER | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y/O MEJORAMIENTO Y/O REHABILITACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

VÍA RANCHOS DEL INAT

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. SI-CMA-001-2024

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

INFORME DE TRAZADO, DISEÑO GEOMETRICO Y SEGURIDAD VIAL

FEBRERO DE 2026
BOGOTÁ D.C.

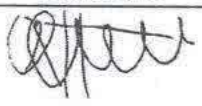
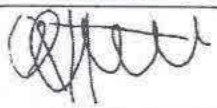
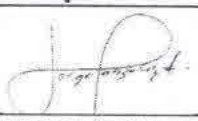
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 89
E: gerencia.conviassas@gmail.com

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Octubre - 2025	Versión Inicial	30
Versión	Febrero - 2026	Atención a observaciones de Interventoría	32

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA		
Elaboró	**Revisó**	**Aprobó**
		
Ing. Ricardo Tafur Sánchez	Ing. Ricardo Tafur Sánchez	Ing. Antonio Gonzáles Ayus
Especialista	Especialista	Director

SUPERVISION / INTERVENTORÍA	
Revisó	**Aprobó**

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCION 6
2 GENERALIDADES DEL PROYECTO 7
3 OBJETIVO Y ALCANCES 9
3.1 OBJETIVO 9
3.2 ALCANCES 9
4 METODOLOGÍA DE DISEÑO 10
4.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO 10
4.1.1 Planta 10
4.1.2 Perfil 10
4.1.3 Sección Transversal 11
5 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL 12
5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO 12
5.2 ANCHO DE CALZADA 12
5.3 ANCHO DE BERMAS 13
5.4 BOMBEO 14
5.5 SECCIÓN TRANSVERSAL 14
5.6 RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMÍN) 15
5.7 PERALTES 16
5.8 LONGITUD DE TRANSICIÓN DEL PERALTE 17
5.9 PERALTE MÁXIMO 18
5.9.1 Fricción transversal máxima (fTmáx) 18
5.10 DISEÑO DE PERALTES 19
5.11 PENDIENTE LONGITUDINAL 20
5.11.1 Pendiente Mínima 20
5.11.2 Pendiente Máxima 21

5.12 CURVA VERTICAL CONVEXA 21
5.12.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad 21
5.12.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación 22
5.12.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje 23
5.13 CURVA VERTICAL CÓNCAVA 24
5.13.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad 24
5.13.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación 24
5.13.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje 24
5.14 VEHÍCULO DE DISEÑO 25
5.15 RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO 26
6 NORMAS TÉCNICAS APLICADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO 27
7 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PREVISIBLES 28
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 29

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo 12
Tabla 2 Ancho de Calzada (metros) 13
Tabla 3 Ancho de Bermas 14
Tabla 4 Radios Mínimos para peralte máximo de 8% 16
Tabla 5 Radios Mínimos para peralte máximo de 6% 16
Tabla 6 Valores Máximos y Mínimos de la Pendiente Longitudinal para Rampas de Peraltes 18
Tabla 7 Coeficiente de fricción transversal máxima 19
Tabla 8 Valores de peralte del 6.00% 19
Tabla 9 valores de pendiente relativa curvas PI2 y PI5 20
Tabla 10 Pendiente Máxima en Función de la Velocidad Especifica 21
Tabla 11 Valores de Kmín para el Control de la Distancia de Visibilidad de Parada 25
Tabla 12 Parámetros de Diseño Geométrico 26

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización de la vía Ranchos del INAT entre las calles 60 y 78 ... 7
Figura 2 Sección Transversal Típica 15
Figura 3. Esquema General de Diagrama de Transición de Peraltes 17
Figura 4 Clasificación de Vehículos 26

1 INTRODUCCION

El diseño geométrico de una vía es un proceso clave en la ingeniería de transporte que garantiza que las infraestructuras viales sean seguras, eficientes y funcionales para los usuarios. Este informe detalla el desarrollo del trazado y diseño geométrico para el tramo de vía Ranchos del INAT entre las calles 60 y 78, ubicado en la ciudad de Montería, departamento de Córdoba, en el cual se ha seguido un enfoque integral para asegurar que la carretera cumpla con los estándares técnicos y normativos.

El objetivo del diseño geométrico es optimizar el trazado de la vía teniendo en cuenta diversos factores como la topografía del terreno, las condiciones de tráfico, las características del entorno y las necesidades de los usuarios. En este documento se presentan los principales aspectos del diseño: características geométricas, parámetros de diseño, criterios de diseño geométrico y el trazado en planta, el perfil longitudinal y las secciones transversales para cada uno de los segmentos viales en cuestión.

A través de este informe, se busca no solo explicar el proceso y las decisiones tomadas, sino también justificar las soluciones adoptadas para mejorar la funcionalidad y seguridad de la vía, minimizando a su vez los impactos ambientales y los costos del proyecto.

2 GENERALIDADES DEL PROYECTO

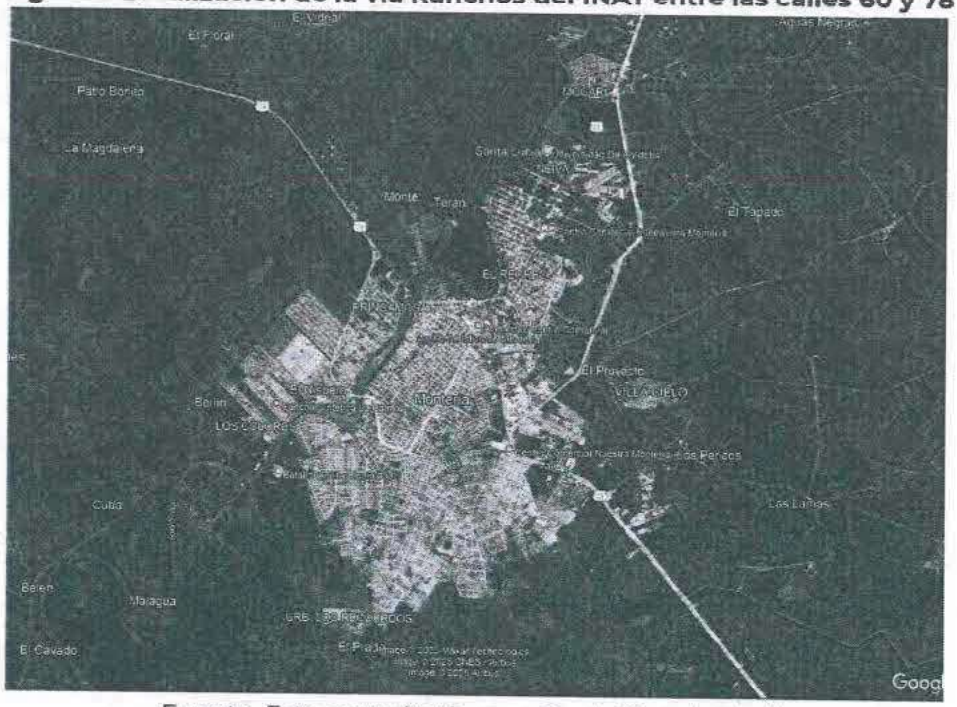
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del municipio de Montería, en el Departamento de Córdoba. A partir de la condición actual de la vía, así como lo dispuesto en el ESTUDIO DE TRANSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO, se realizó el diseño geométrico de la vía, con una velocidad del tramo homogéneo de 50 km/h.

El diseño está orientado al mejoramiento de la geometría actual, optimizando el trazado de la vía para generar la menor afectación a los predios adyacentes y cumpliendo con la mayoría de los criterios establecidos en el Manual de Diseño de Carreteras (Invias – 2008).

A continuación, se presenta la localización de la vía Ranchos del INAT entre las calles 60 y 78:

Figura 1. Localización de la vía Ranchos del INAT entre las calles 60 y 78



Fuente. Esta consultoría, a partir de Google Earth

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto trata de la construcción de aproximadamente 1.74 km de pavimento en asfalto, su estructura existente corresponde a una vía en material tipo afirmado, esta se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta deterioro en un alto porcentaje de la longitud proyectada para la intervención. Como característica principal se evidencia la circulación en una calzada, con un carril en cada sentido, con un ancho variable según la geometría establecida por el trazado actual. Así mismo, la vía se encuentra en una topografía plana.

Esta vía de importancia local se sitúa en un sector de expansión urbana, caracterizado por usos de suelo predominantemente residenciales y, en algunas zonas, usos comerciales. El tránsito vehicular está compuesto principalmente por vehículos livianos y motocicletas, con influencia del transporte público colectivo; adicionalmente, en menor proporción circulan vehículos pesados tipo C2P y C2G, siendo muy reducida la presencia de automotores de mayor capacidad, como los de configuración C3-C4. La vía constituye un corredor de conectividad vital para los habitantes de los barrios aledaños, facilitando el acceso a la malla vial principal de la ciudad.

3 OBJETIVO Y ALCANCES

3.1 OBJETIVO

Definir el trazado de la vía Ranchos del INAT entre las calles 60 y 78 teniendo en cuenta las características y condiciones esperadas en cuanto a capacidad y velocidades de operación.

3.2 ALCANCES

- Adoptar la sección transversal típica de acuerdo con la normatividad vigente y a las características específicas de la infraestructura actual.

- Definir el eje de diseño en planta y perfil (rasante), teniendo en cuenta el trazado de la vía existente.

- Implementar el diseño geométrico a través de software especializado, elaborando los planos planta – perfil correspondientes.

- Elaborar los planos de secciones transversales y se determinarán las cantidades de obra del proyecto.

4 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Con base en los planos topográficos del corredor y el modelo digital de terreno configurado con la información topográfica levantada, se procedió con la ejecución del diseño planimétrico, considerando las premisas del proyecto que se sintetizan en realizar un diseño con la menor afectación a los predios adyacentes y teniendo en cuenta las pendientes mínimas de drenaje, atendiendo los requerimientos técnicos mínimos que garanticen un nivel de servicio apropiado y las recomendaciones de las demás áreas técnicas del estudio. El eje definido se procesó mediante software especializado Civil3D.

De acuerdo con el diseño planimétrico, se adelantó el diseño vertical detallado, el cálculo de cantidades de obra y la producción de planos. El resultado del diseño geométrico del corredor estudiado se plasmó en los respectivos planos de planta y/o perfil, en escalas H=1:500 y V= 1:50, con el complemento de los detalles resultantes del diseño (Sección típica, estructura de pavimento, obras de drenaje, etc.) y planos típicos requeridos. Igualmente, se presentan planos de secciones transversales en escala 1:100.

4.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1.1 Planta

- Aprovechamiento al máximo de la infraestructura existente.
- Homogenización de la curvatura existente, de acuerdo con la velocidad de Diseño adoptada.
- Optimización del movimiento de tierras
- Acondicionar y mejorar las condiciones de visibilidad.

4.1.2 Perfil

- Mantener un nivel de rasante adecuado, de acuerdo con el diseño de pavimentos, y las pendientes mínimas para el drenaje.
- Homogenización de la curvatura existente, de acuerdo con la velocidad de Diseño adoptada.
- Optimización del movimiento de tierras

- Acondicionar y mejorar las condiciones de visibilidad.

4.1.3 Sección Transversal

- Mantener una sección transversal adecuada que garantice los niveles de seguridad y comodidad del usuario.
- Aprovechar al máximo la infraestructura existente
- Optimización del movimiento de tierras

5 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

El proyecto corresponde con un trazado urbano con pendientes longitudinales y transversales moderadas, clasificando como un terreno tipo plano.

Tabla 1. Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano							■	■	■	■
	Ondulado							■	■	■	■
	Montañoso						■	■	■	■	
	Escarpado						■	■	■		
Primaria de una calzada	Plano							■	■	■	
	Ondulado						■	■	■	■	
	Montañoso					■	■	■	■		
	Escarpado					■	■	■			
Secundaria	Plano					■	■	■			
	Ondulado				■	■	■	■			
	Montañoso			■	■	■	■				
	Escarpado			■	■	■					
Terciaria	Plano			■							
	Ondulado		■	■							
	Montañoso	■	■	■							
	Escarpado	■	■								

Fuente. MDG 2008

De acuerdo con el Instituto Nacional de Vías, para vías terciarias con este tipo de terreno, se recomienda emplear una velocidad de diseño del tramo homogéneo 40 km/h. En este caso, tratándose de una vía urbana clasificada como arteria secundaria, se adopta una velocidad de 50 km/h.

5.2 ANCHO DE CALZADA

En la Tabla 2 se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la Velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR). En carreteras de una sola calzada el ancho mínimo de

ésta debe ser de seis metros (6.0 m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

Tabla 2 Ancho de Calzada (metros)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente. MDG 2008

Según la Tabla 2, el ancho de la calzada debería corresponder a mínimo 6.00 m teniendo en cuenta las características de la vía en su condición actual (asumiendo vía terciaria en terreno plano). No obstante, dado que se adoptó una velocidad de diseño de 50 km/h, se establece un ancho de calzada de 7.00 m para el proyecto.

- Ancho de carril adoptado: 3.5 metros
- Ancho de calzada adoptado: 7.0 metros

5.3 ANCHO DE BERMAS

El ancho de las bermas depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR). En la Tabla 3 se presenta el ancho que deben tener.

Tabla 3 Ancho de Bermas

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}), km/h									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas[1]	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria[2]	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

[1] Berma derecha/Berma izquierda
[2] Berma cuneta

Fuente. MDG 2008

En este caso, el diseño geométrico no contempla la inclusión de bermas. Se proyecta la implementación de cunetas únicamente en uno de los costados de la vía.

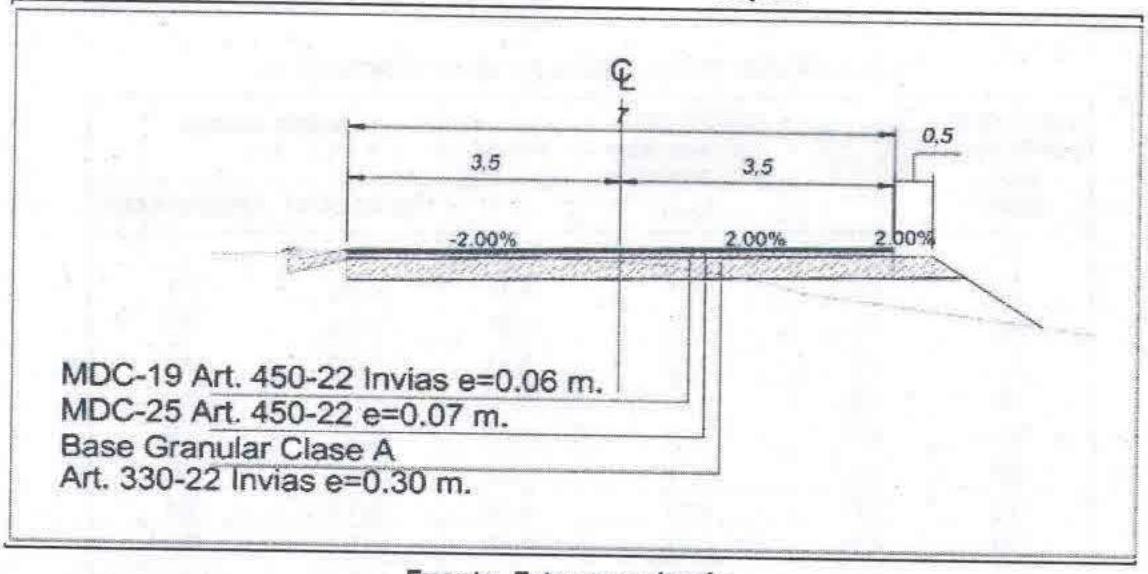
5.4 BOMBEO

Para el presente diseño se implementó el bombeo hacia un solo costado de la vía con una pendiente del 2%, lo cual garantiza el tránsito de la escorrentía superficial hacia las obras de conducción tipo berma cuneta.

5.5 SECCIÓN TRANSVERSAL

A continuación, se presenta la sección transversal adoptada, de acuerdo con el manual de diseño geométrico para la vía en estudio.

Figura 2 Sección Transversal Típica



Fuente. Esta consultoría

5.6 RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMÍN)

El radio mínimo ($R_{Cmín}$) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (V_{CH}) de acuerdo con el peralte máximo ($e_{máx}$) y el coeficiente de fricción transversal máxima ($f_{Tmáx}$). El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo con el criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

$$R_{Cmín} = \frac{(V_{CH})^2}{127 * (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

En la

Tabla **4** y Tabla 5 se indican los valores de Radio mínimo para diferentes Velocidades Específicas (V_{CH}) según el peralte máximo ($e_{máx}$) y la fricción máxima ($f_{Tmáx}$).

Tabla 4 Radios Mínimos para peralte máximo de 8%

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente. MDG 2008

Tabla 5 Radios Mínimos para peralte máximo de 6%

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 (1)
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

(1) La adopción de este valor redondeado se sustenta básicamente en la necesidad de suministrar a los vehículos condiciones de desplazamiento cómodas, en aras de permitir giros sin requerir cambios muy fuertes en su velocidad.

Fuente. MDG 2008

5.7 PERALTES

De acuerdo con la metodología propuesta en el manual de diseño geométrico, se determinó el valor del peralte para los radios superiores al

mínimo. La transición de los diagramas de peralte se realizó con base a lo descrito en la figura 3.

Figura 3. Esquema General de Diagrama de Transición de Peraltes

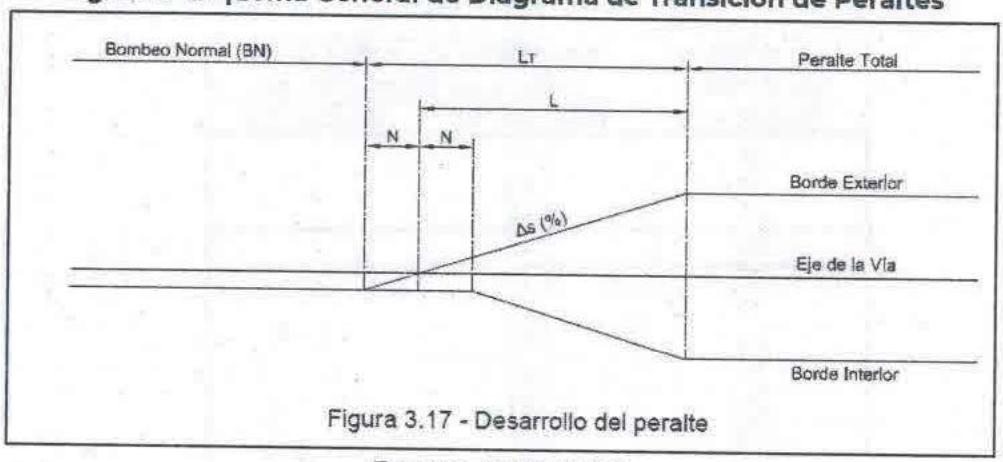


Figura 3.17 - Desarrollo del peralte

Fuente. MDG, 2008

5.8 LONGITUD DE TRANSICIÓN DEL PERALTE

Mediante la longitud de transición se realizará el paso gradual del bombeo normal a peralte máximo, de acuerdo con lo descrito en la figura 3, por lo tanto, se encuentra en función del ancho de carril, peraltes y pendiente de la rampa de peralte. Con base en lo anterior la longitud de transición se determinó mediante la siguiente expresión, recomendada igualmente en el Manual de Diseño Geométrico de INVIAS – MT, Ed. 2008:

$$L = \frac{a_c * e}{\Delta_s}$$

Donde:

L = Longitud de transición del peralte
a_c = Ancho de Carril
e = Peralte máximo
Δ_s = Pendiente de la rampa de peraltes

Tabla 6 Valores Máximos y Mínimos de la Pendiente Longitudinal para Rampas de Peraltes

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	0.1 x a
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

Fuente. MDG 2008

5.9 PERALTE MÁXIMO

Para vías de tipo primarias y secundarias se establece como peralte máximo ocho por ciento (8%), el cual permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a los vehículos con centro de gravedad muy alto y a los vehículos articulados (tracto – camión con remolque) los cuales pueden tener un potencial de volcamiento de su carga al circular por curvas con peraltes muy altos.

5.9.1 Fricción transversal máxima (fTmáx)

Está determinada por numerosos factores, entre los cuales: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos. Se adoptan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios recientes de la AASHTO, los cuales se indican en la Tabla 7.

Tabla 7 Coeficiente de fricción transversal máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA $f_{Tmáx}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Fuente. MDG 2008

Para este caso, teniendo en cuenta que la vía en estudio es urbana, se adopta un peralte máximo del seis por ciento (6%)

5.10 DISEÑO DE PERALTES

De acuerdo con el trazado en planta se evidenció la presencia de dos curvas localizadas en los PI 2 y 5, con radios 791.03 y 228.34 metros respectivamente, tomando como base lo antes descrito se establecen peraltes 2.00% y 4.40% de cuerdo a la tabla 8

Tabla 8 Valores de peralte del 6.00%

e (%)	V_{CH} = 20 km/h R (m)	V_{CH} = 30 km/h R (m)	V_{CH} = 40 km/h R (m)	V_{CH} = 50 km/h R (m)	V_{CH} = 60 km/h R (m)
1.5	184	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	666	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	208	329	465
3.8	42	98	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	178
5.8	15	28	56	102	156
6.0	15	21	43	79	123

Fuente. MDG 2008

Cuyas rampas de peralte se ubican cerca de 0.77 % de pendiente relativa y superiores 0.35% la cual es la pendiente mínima sugerida tal como se muestra en la tabla 9

Tabla 9 valores de pendiente relativa curvas PI2 y PI5

$L = a_x b_w x \left(\frac{e_f - e_i}{\Delta s}\right)$	
CURVA PI-2	
N carriles	1
Ancho de calzada (a)	3.5
Peralte	2
BN	-2
As (max)	0.77
As (min)	0.35
As Calculado	0.74
bw	1.00
L	18.18
Radio	791.03

$L = a_x b_w x \left(\frac{e_f - e_i}{\Delta s}\right)$	
CURVA PI-5	
N carriles	1
Ancho de calzada (a)	3.5
Peralte	4.4
BN	-2
As (max)	0.77
As (min)	0.35
As Calculado	0.74
bw	1.00
L	29.09
Radio	228.34

Elemento	Abscisa	Peralte
TPC	K0+112.680	-2
PC	K0+131.639	2
PT	K0+161.640	2
TPT	K0+180.600	-2

Elemento	Abscisa	Peralte
TPC	K0+441.630	-2
PC	K0+471.930	4.4
PT	K0+590.120	4.4
TPT	K0+520.510	-2

Fuente. Esta consultoría

5.11 PENDIENTE LONGITUDINAL

5.11.1 Pendiente Mínima

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de cero punto cinco por ciento (0.5%) como pendiente mínima deseable y cero punto tres por ciento (0.3%) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable.

Para el presente diseño se empleó una pendiente mínima de 0.3 %, la cual garantiza el adecuado funcionamiento de las obras de conducción y descarga del agua de escorrentía superficial en la corona de la vía.

5.11.2 Pendiente Máxima

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. Para vías Primarias las pendientes máximas se establecen considerando velocidades altas, entre sesenta y ciento treinta kilómetros por hora (60 - 130 km/h). En las vías Terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora (20 - 60 km/h), en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes.

Tabla 10 Pendiente Máxima en Función de la Velocidad Especifica

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Fuente. MDG 2008

5.12 CURVA VERTICAL CONVEXA

5.12.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad

De acuerdo con el criterio de seguridad, la longitud mínima se obtiene mediante la aplicación de la Distancia de Visibilidad de Parada (D_P). Se presentan dos relaciones entre la distancia de visibilidad (D_P) y la Longitud de la curva (L): Cuando $D_P < L$ y $D_P > L$. Las ecuaciones que se indican a continuación presentan la longitud de la curva para cada relación, teniendo en cuenta la altura del ojo de conductor sobre la calzada (h1), que

es igual a un metro con ocho centímetros (1.08 m), y la altura del obstáculo (h2), que es igual a sesenta centímetros (0.60 m).

Cuando DP < L:

$$L_{mín} = \frac{A * (D_P)^2}{200 * \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}$$

Donde:

$L_{mín}$ = Longitud mínima de la curva, en metros.
A = Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)
D_P = Distancia de visibilidad de parada, asociada a la Velocidad Especifica de la curva vertical (V_{CV}), en metros
h_1 = Altura del ojo del conductor, en metros. $h_1 = 1.08\ m$
h_2 = Altura del obstáculo, en metros. $h_2 = 0.60\ m$

Cuando DP > L:

$$L_{mín} = 2 * D_P - \frac{200 * \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}{A}$$

El control de la distancia de visibilidad de parada (D_P) también se puede hacer mediante el parámetro K, el cual es igual a la relación L/A (distancia horizontal, en metros necesaria para tener un cambio de pendiente de uno por ciento (1%) a lo largo de la curva). Lo anterior se traduce en:

$$L_{mín} = K_{mín} * A$$

5.12.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación

La aplicación de este criterio evita el cambio súbito de pendiente y permite que el perfil de la vía en la curva vertical tenga una adecuada estética y

apariencia. La longitud mínima de la curva vertical para cumplir con este criterio está en función de la Velocidad Específica (VCV) y es dada por la siguiente expresión:

$$L_{mín} = 0.6 * V_{CV}$$

Donde:

$L_{mín}$ = Longitud mínima según criterio de operación, en metros.
V_{CV} = Velocidad Específica de la curva vertical, en km/h

Las longitudes de curvas que permiten una distancia de visibilidad de adelantamiento son demasiado grandes comparadas con la aplicación de los controles anteriores y se generan valores que son imprácticos e inusuales. No se recomienda proporcionar distancia de visibilidad de adelantamiento en curvas verticales convexas.

5.12.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje

En el punto más alto de la cresta de una curva vertical convexa con pendiente S1 y S2 de diferente signo se tiene un corto tramo a nivel (pendiente = 0%), que dificulta el drenaje longitudinal, para lo cual la AASHTO – 2004 considera que un valor de A igual a cero punto seis por ciento (0.6%) en un tramo de la curva igual a treinta metros (30 m), provee el adecuado drenaje en el sector más plano de la curva.

$$K_{máx} = \frac{30}{0.6} = 50$$

Para garantizar el drenaje adecuado en la cresta de la curva vertical convexa se debe diseñar la curva con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

5.13 CURVA VERTICAL CÓNCAVA

5.13.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad

En las curvas cóncavas, el análisis de visibilidad considera las restricciones que se presentan en la noche y estima la longitud del sector de carretera iluminado hacia adelante, como la distancia de visibilidad. Dicha distancia depende de la altura de las luces delanteras del vehículo (H), para la cual se asume un valor de sesenta centímetros (0.60 m) y un ángulo de divergencia del rayo de luz hacia arriba ( ) respecto al eje longitudinal del vehículo de un grado (1°).

5.13.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación

Se aplica el mismo criterio de las curvas convexas y por lo tanto la longitud mínima de la curva cóncava se expresa por:

$$L_{mín} = 0.6 * V_{CV}$$

Para la distancia de visibilidad de adelantamiento, de paso o de rebase, no es indispensable su cálculo, ya que es posible ver las luces del vehículo que viene en sentido contrario.

5.13.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje

Es necesario controlar la longitud máxima de la curva vertical cóncava para evitar el empozamiento de las aguas superficiales en la batea o punto más bajo de la curva. De acuerdo con este criterio, se debe diseñar la curva vertical cóncava con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

Tabla 11 Valores de Kmín para el Control de la Distancia de Visibilidad de Parada

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{cv} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K_{min}				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 [1]
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 [1]
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

[1] La adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

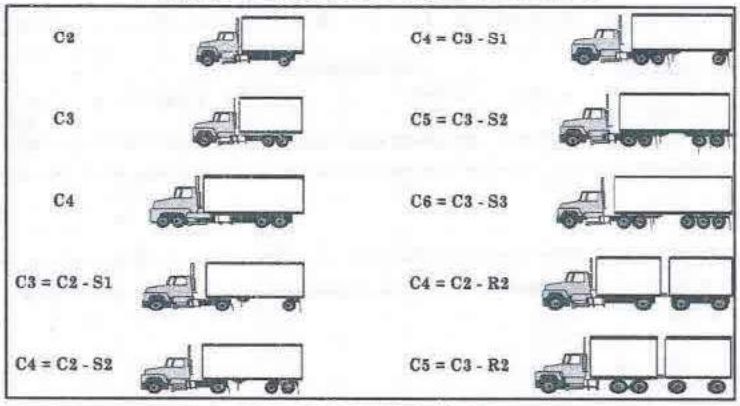
Fuente. MDG 2008

5.14 VEHÍCULO DE DISEÑO

De acuerdo con las recomendaciones del numeral No. 2.2 del Manual de Diseño Geométrico, y la tabla No. 2.4, relacionadas con el vehículo de Diseño, se utilizó como vehículo de diseño el vehículo tipo 3S2, que por sus dimensiones representa el vehículo 3S2 y 3S3, para la determinación de radios de giro requerido en enlaces y sobreancho de curvas en radios reducidos.

En la figura 4, se presenta la clasificación de vehículos de acuerdo con el número de ejes (Fuente: Ministerio del Transporte. Instituto Nacional de Vías, 2004).

Figura 4 Clasificación de Vehículos



Fuente. MDG, 2008

5.15 RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

Con base en las unidades topográficas identificadas, la Velocidad de Diseño, el Tránsito de Diseño y la sección transversal típica adoptados, en la Tabla 12 se presentan los parámetros de diseño geométrico, de acuerdo con el Manual de Diseño de Carreteras del Ministerio de Transporte – INVIAS, Edición 2008.

Tabla 12 Parámetros de Diseño Geométrico

Tipo de Vía	Urbano	**Numeral Manual Invias 2008**
Terreno	Llano	
Velocidad de Diseño km/h)	50.0	Tabla 2.1
Ancho de calzada (m)	7.0	Tabla 5.2
DVP - Visibilidad de parada	65	Tabla 2.7
DVA - Visibilidad de Adelantamiento	345	Tabla 2.9
Porcentaje de tramos de adelantamiento	20%	Tabla 2.10
Pendiente Max Relativa	0.77%	Tabla 3.6
Pendiente Min. Relativa	0.35%	Numeral 3.2.1
Peralte Max	6.00%	Numeral 3.1.3.2
Radio Mínimo (m)	79.0	Tabla 3.2 y 3.3
Pendiente long mínima	0.30%	Numeral 4.1.1
Pendiente long maxima	4.0%	Tabla 4.1
Longitud minima CV (m)	30.0	Tabla 4.4
K mínimo C. Vertical Convexa (m)	7.0	Tabla 4.4
K mínimo C. Vertical Concava (m)	13.0	Tabla 4.4

Fuente. Esta consultoría

6 NORMAS TÉCNICAS APLICADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO

Dentro de la normatividad técnica que se aplicará en los diseños geométricos definitivos de este proyecto se mencionan los siguientes:

- Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías INVIAS. 2008, el cual entró en vigencia de acuerdo con la Resolución 00744 del 4 de Marzo de 2009
- A Policy on Geometric Design of Higways and Streets – AASHTO 2004.
- Ley 105 de 1193

7 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PREVISIBLES

Teniendo en cuenta que el ancho de calzada y el trazado actual no cumplen con la especificación planteada, se generaron sitios de corte y relleno.

Las estructuras de drenaje serán revisadas y modificadas, en caso de que se requiera, por el área de hidráulica.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con base en el levantamiento topográfico, la velocidad de diseño, la sección transversal típica, los parámetros de diseño y las recomendaciones de las diferentes áreas que componen los Estudios y Diseños, se realizó el diseño geométrico, aplicando las recomendaciones de las tablas del manual de diseño de carreteras Ed. 2008, obteniendo como resultado el mostrado en los planos Planta – Perfil, adjuntos al presente documento.

- El diseño geométrico se realizó con el apoyo del software especializado Civil3D, a través de un proceso iterativo buscando la optimización del proyecto, atendiendo las recomendaciones de las diferentes áreas de los Estudios y Diseños.

- Como resultado del diseño Geométrico, se generaron los siguientes productos:

  - Planos Planta – Perfil, escala 1:500 horizontal y 1:50 vertical que incluyen la siguiente información:

    - Planta del proyecto, con el abscisado cada 10 metros y elementos de curvatura.
    - Sección Transversal Típica
    - Cuadros de Elementos de Curvatura.
    - Escala Grafica
    - Diagrama de peraltes.

  - Perfil del proyecto y diseño de rasante y diagrama de curvatura vertical.

    - Volúmenes de movimiento de tierras.
    - Cota negra y cota roja.
    - Notas generales.

  - Secciones transversales a escala 1:100

  - Carteras de diseño:

- Cuadro de Elementos Horizontales
- Cartera de Rasante
- Cuadro de Elementos Verticales
- Cartera de Volúmenes de Movimiento de Tierras
- Cartera de Chaflanes
- Cartera de Volúmenes por materiales

Anexo No. 1 Planos Planta – Perfil y secciones transversales

Anexo No. 2 Carteras de Diseño

CONSORCIO VÍAS DEL SINÚ

BALANCE DE OBRA No. 3

INFORME DE SEÑALIZACIÓN RANCHO DE INAT.

CONTRATO DE OBRA No. SI-LP-003-2024 Cuyo Objeto es "MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA CORDOBA"

consorcioviasdelsinu@gmail.com
321-775-2430
CR 14 A # 55 - 59 LA CASTELLANA. Montería, Córdoba, Colombia

CONVIAL | IAS | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y/O MEJORAMIENTO Y/O REHABILITACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

VÍA RANCHOS DEL INAT

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. SI-CMA-001-2024

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN

FEBRERO DE 2026

BOGOTÁ D.C.

Kr. Carrera 23 N 124 67
Ed. Edificio Torre Zentral - Oficina 404-B
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 621 1607
M. +57 300 645 3295
E. gerencia.convial@gmail.com

CONSORCIO REHABILITACION CÓRDOBA

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Octubre - 2025	Versión Inicial	177
Versión 2	Febrero - 2026	Atención a observaciones de Interventoría	177

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA		
Elaboró	**Revisó**	**Aprobó**
Ricardo Tafur Sánchez	Ricardo Tafur Sánchez	Jorge Antonio Gonzáles Ayus
Ing.	Ing.	Ing.
Especialista	Especialista	Director

SUPERVISION / INTERVENTORÍA	
Revisó	**Aprobó**

CONVIAL | IAS STAMREGISTER | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 12

1. OBJETIVOS 13

1.1 Objetivo general 13

1.2 Objetivos específicos 13

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 14

2.1 Localización 14

2.2 Descripción del proyecto 2

3. REQUISITOS DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL 4

4. ASPECTOS CLAVES DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL 5

4.1 Diseño 5

4.2 Instalación 6

4.3 Conservación y mantenimiento 7

4.4 Uniformidad 8

4.5 Justificación 9

4.6 Simbología y placas educacionales 9

4.7 Prohibición de señalización comercial o publicitaria 10

4.8 Remoción de señalización y dispositivos no necesarios 10

4.9 Tolerancia para fabricación e instalación de señalización y otros dispositivos 10

5. GENERALIDADES DE LAS SEÑALES VERTICALES 11

5.1 Función 12

5.2 Clasificación 12

5.3 Características básicas 13

5.3.1 Mensaje 13

5.3.2 Tipografía 15

5.3.3 Forma y color 16

5.3.4 Tamaño 20

5.3.5 Visibilidad y retrorreflexión 21

5.4 Ubicación, altura y orientación 24

5.4.1 Ubicación longitudinal 25

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zentax Oficina 404 B
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1977
M: +57 300 557 28 86
E: gerencia.convial@gmail.com

5.4.2 Ubicación lateral 28
5.4.3 Altura 29
5.4.4 Orientación 30
5.5 Sistema de soporte 30
5.5.1 Sistema tipo H 34
5.5.2 Sistema dúplex 35
5.5.3 Sistema móvil 36
5.5.4 Sistema de soporte lateral 36
5.5.5 Sistema con postes abatibles o colapsables 37
5.5.6 Sistema elevado 39
5.6 Materiales para tableros 39
5.6.1 Lámina en poliéster reforzado con fibra de vidrio 40
5.6.2 Lámina de acero galvanizado 42
5.6.3 Lámina de aluminio 43
5.7 Mantenimiento de señales verticales (Limpieza, reposición y remoción) 44
6. SEÑALES REGLAMENTARIAS 46
6.1 Clasificación 46
6.2 Características 46
6.3 Señales de prelación 48
6.4 Señales de prohibición 54
6.5 Señales de restricción 58
6.6 Señales de obligación 59
6.7 Señales de autorización 59
7. SEÑALES PREVENTIVAS 60
7.1 Clasificación 60
7.2 Características 61
7.3 Ubicación de las señales preventivas 63
8. SEÑALES INFORMATIVAS 68
8.1 Objeto 68
8.2 Clasificación 68
8.3 Características 70

8.3.1 Forma y color 70
8.3.2 Tamaño de letras 73
8.3.3 Orla 75
8.3.4 Flechas 76
8.3.5. Diagramación de señales informativas 81
8.3.6. Ubicación 85
8.3.7 Sistemas de soporte elevados 86
8.4 Señales de dirección, de posición y de indicación 87
8.4.1 Señales de preseñalización 89
8.4.2 Señales de confirmación 90
9. DEMARCACIONES 91
9.1 Generalidades 91
9.2 Función 92
9.3 Ubicación 93
9.4 Color 93
9.5 Eliminación de demarcaciones 95
9.6 Clasificación 95
9.6.1 Disposición (ubicación) 96
9.6.2 Características 97
9.7 Demarcaciones planas 98
9.7.1 Materiales para las demarcaciones planas 98
9.7.2 Dimensiones y apariencia de las demarcaciones planas 101
9.7.3 Color de las demarcaciones planas 102
9.7.4 Retrorreflexión de las demarcaciones planas 103
9.7.5 Contraste 103
9.7.6 Resistencia al deslizamiento 104
9.8 Demarcaciones elevadas 105
9.8.1 Tachas 106
9.9 Líneas longitudinales 111
9.9.1 Clasificación de las líneas longitudinales 111
9.9.2 Características de las líneas longitudinales 113

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zantar - Oficina 404-B
Bogotá, Colombia

T. +57 (1) 321 1977
M. +57 300 577 56 49
E. gerencia.convial@gmail.com

9.9.3 Color 113
9.9.4 Significado de la forma y ancho de las líneas longitudinales 114
9.9.5 Patrón de las líneas longitudinales segmentadas 116
9.10 Líneas "centrales" que separan flujos opuestos 117
9.10.1 Líneas centrales segmentadas que separan flujos opuestos 118
9.10.2 Líneas centrales continuas que separan flujos opuestos 119
9.10.3 Líneas centrales continúas dobles que separan flujos opuestos 120
9.10.4 Líneas centrales mixtas que separan flujos opuestos 121
9.10.5 Demarcación de continuidad de carriles en intersecciones 122
9.11 Definición de zonas de NO ADELANTAR 123
9.12 Líneas de borde de calzada 128
9.12.1 Líneas punteadas de inicio o fin de calzada 133
9.13 Transiciones por reducción de carriles 134
9.14 Líneas transversales 136
9.14.1 Clasificación 136
9.14.2 Características 138
9.15 Texto o leyendas, flechas y símbolos 138
9.15.1 Clasificación 138
9.15.2 Características 139
9.15.3 Texto o leyendas 140
9.15.4 Flechas 140
9.15.5 Símbolos 148
9.16 Otras demarcaciones 151
9.17 Cruce peatonal 151
9.17.1 Paso Cebra regular 152
9.17.2 Paso cebra todo rojo 153
9.17.3 Paso cebra con resalto tipo trapezoidal o pompeyano 155
9.17.4 Paso cebra en cruce escolar 157
9.18 Demarcación para tránsito divergente y convergente 159
9.19 Demarcación de bordillos, sardineles, isletas u otros 160
10. RESUMEN DE CANTIDADES DE SEÑALIZACIÓN 161

Carrera 25 N. 114-67
Edificio Torre Central Oficina 402
Bogotá - Colombia
T. +57 (1) 52 10 777
M. +57 3201107 16 16
E. gerencia.convialmjs@gmail.com

11. CONCLUSIONES 163

ANEXOS 164

Carrera [illegible]
Edificio Torre Zenith Oficina [illegible]
Bogotá - Colombia

T (+57 (1) 221 1077
M +57 300 527 88 26
E [illegible]

CONSORCIO REHABILITACIÓN CÓRDOBA

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de tipografía para señales verticales 16
Tabla 2. Colores para señales verticales 18
Tabla 3. Coordenadas cromáticas (de día) NTC 4739 19
Tabla 4. Coordenadas cromáticas (de noche) NTC 4739 20
Tabla 5. Niveles mínimos de retrorreflexión (Lámina tipo IV) 22
Tabla 6. Niveles mínimos de retrorreflexión (Lámina tipo XIA). 23
Tabla 7. Distancia longitudinal mínima entre señales verticales 27
Tabla 8 Dimensiones internas sugeridas en soportes monolíticos 32
Tabla 9. Ubicación de señal según velocidad 51
Tabla 10. Ubicación de señales preventivas. Condición A 64
Tabla 11. Ubicación de señales preventivas. Condición B 65
Tabla 12. Altura mínima de letras para distintas velocidades 74
Tabla 13. Ancho de orla de señales informativas 76
Tabla 14. Factor individual de características para la demarcación vial 100
Tabla 15. Selección del material recomendado según el factor de desgaste 100
Tabla 16. Tolerancias máximas en las dimensiones de demarcaciones planas 102
Tabla 17. Distancia máxima entre tachas ubicadas en curvas 110
Tabla 18. Ancho de líneas 116
Tabla 19. Patrón de demarcación / brecha para líneas segmentadas 116
Tabla 20. Líneas longitudinales centrales 119
Tabla 21. Líneas longitudinales centrales 119
Tabla 22. Líneas longitudinales centrales 121
Tabla 23. Líneas longitudinales centrales 122
Tabla 24. Longitud mínima de demarcación de adelantamiento prohibido 125
Tabla 25. Líneas de borde de calzada 130
Tabla 26. Líneas de borde de calzada 131
Tabla 27. Líneas de borde de calzada 132
Tabla 28. Cantidades de señalización horizontal 161
Tabla 29. Cantidades de señalización vertical 162

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Central Oficina 401-B
Bogotá - Colombia
T. +57 (1) 2561077
M. +57 320 537 78 84
E. gerencia.convial@gmail.com

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de Córdoba en Colombia 14
Ilustración 2. Localización de Montería en Córdoba 14
Ilustración 3. Localización de la vía Ranchos del INAT 2
Ilustración 4. Placas complementarias para adosar a señales verticales 15
Ilustración 5. Coordenadas cromáticas de día 19
Ilustración 6. Retrorreflexión de señales verticales 23
Ilustración 7. Ubicación longitudinal 26
Ilustración 8. Ubicación lateral 29
Ilustración 9. Orientación 30
Ilustración 10. Dimensiones sugeridas para postes de señales verticales 32
Ilustración 11. Esquema de sistema tipo H 34
Ilustración 12. Esquema de sistema dúplex 35
Ilustración 13. Esquema de soporte móvil 36
Ilustración 14. Esquema de sistema de soporte lateral 37
Ilustración 15. Esquema de sistema abatible 38
Ilustración 16. Ejemplo de señal reglamentaria rectangular con leyenda 48
Ilustración 17. Prelación en intersecciones sin señalización 49
Ilustración 18. Ubicación de señales de prelación (PARE Y CEDA EL PASO) 51
Ilustración 19. SR-01 PARE 52
Ilustración 20. SR-02 CEDA EL PASO 53
Ilustración 21. SR-49 PRIORIDAD AL SENTIDO CONTRARIO 54
Ilustración 22. Dimensiones señales reglamentarias 55
Ilustración 23. Dimensiones señales reglamentarias (con leyenda) 55
Ilustración 24. Prohibición de maniobras y giros 56
Ilustración 25. Prohibición de circulación por clase de vehículo 57
Ilustración 26. Formas señales preventivas 61
Ilustración 27. Dimensiones de señal preventiva 63
Ilustración 28. Dimensiones de placa de señales preventivas 63

Calle 124 No. 7A-67
Edificio Torre Central Oficina 402
Bogotá - Colombia

T. (57) (1) 291 5077
M. +57 310 657 58 16
E. gerencia.convial@gmail.com

Ilustración 29. Esquema señales preventivas de restricción 66
Ilustración 30. Señal preventiva con placa 67
Ilustración 31. Tipos de señales informativas 70
Ilustración 32. Esquema general de las lamas 72
Ilustración 33. Utilización de flechas en señales informativas 77
Ilustración 34. Tipos de flecha de destino 78
Ilustración 35. Dimensiones de flecha en señales elevadas 79
Ilustración 36. Diagrama flecha a 45 80
Ilustración 37. Diagrama flechas de destino en señal SI-05B Destinos en glorieta 83
Ilustración 38. Diagrama mensaje simple 84
Ilustración 39. Ubicación de señales informativas en intercambiador tipo glorieta 88
Ilustración 40. SI-05D Señales de presealización 89
Ilustración 41. SI-06 Señales de confirmación 90
Ilustración 42. Coordenadas cromáticas para demarcaciones 94
Ilustración 43 Dimensiones de tachas. 108
Ilustración 44. Líneas longitudinales 112
Ilustración 45. Demarcaciones de continuidad de carriles de intersección 123
Ilustración 46. Zona de adelantar en curva vertical 126
Ilustración 47. Zona de adelantar en curva horizontal 127
Ilustración 48. Líneas punteadas de inicio o fin de calzada 133
Ilustración 49. Líneas Transversales 137
Ilustración 50. Clasificación de flechas para demarcación 141
Ilustración 51. Flecha de frente 142
Ilustración 52. Flecha de giro 143
Ilustración 53. Flecha de frente y de giro 144
Ilustración 54. Flecha de frente y salida 145
Ilustración 55. Flecha de reducción o terminación de carril 146
Ilustración 56. Demarcación flechas de reducción de carril 146
Ilustración 57. Flecha de incorporación a carriles exclusivos 147
Ilustración 58. Demarcación velocidad máxima permitida 148

Carrera 23 N 124-87
Edificio Torre Zambia Oficina 404 B
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 8277
M. +57 300 577 28 68
E. gerencia.convialsas@gmail.com

Ilustración 59. Dimensiones demarcación zona de peatones 149
Ilustración 60. Dimensiones demarcación cruce peatonal 150
Ilustración 61. Demarcación cruce escolar 151
Ilustración 62. Paso Cebra 153
Ilustración 63. Intersección regulada por semáforo con fase vehicular todo rojo 154
Ilustración 64. resalto trapezoidal o pompeyano. Rango entre 1 156
Ilustración 65. Paso con resalto trapezoidal 156
Ilustración 66. Cruce escolar 158
Ilustración 67. Demarcación divergente y convergente 159

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentus - Oficina 404-III
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 220 10 77
M. +57 320 537 39 39
E. gerencia.convial@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como finalidad establecer los lineamientos técnicos y normativos para la implementación de la señalización vial en el tramo de vía Ranchos del INAT entre calle 60 y 78, en la ciudad de Montería, el cual hace parte del Contrato de Consultoría No. SI-CMA-001-2024 "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y/O MEJORAMIENTO Y/O REHABILITACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA". Este tramo será objeto de trabajos de mejoramiento a partir de la construcción de una estructura de pavimento nueva, por lo que resulta fundamental garantizar una señalización adecuada que asegure la movilidad eficiente y segura de los usuarios, en cumplimiento con los parámetros establecidos en el Manual de Señalización Vial de Colombia 2024, expedido por el Ministerio de Transporte.

La señalización vial constituye un componente esencial de la infraestructura, ya que orienta, regula y advierte a los conductores y peatones sobre las condiciones del tránsito. En este sentido, el proyecto contempla la instalación de señales verticales (reglamentarias y preventivas), demarcaciones horizontales (líneas de carril, bordes, línea de parada, líneas de paso peatonal, entre otras), y dispositivos auxiliares como tachas reflectivas, todos diseñados y ubicados conforme a los requerimientos técnicos de visibilidad, retroreflectividad, durabilidad y localización definidos en el manual vigente.

Asimismo, el diseño y disposición de los elementos de señalización deberán considerar aspectos como la geometría de la vía, velocidades operacionales y zonas urbanas o rurales, con el fin de garantizar una correcta percepción y comprensión por parte de los usuarios. La correcta implementación de esta señalización no solo contribuirá a la prevención de accidentes, sino que también mejorará la eficiencia del tránsito y la conectividad regional, en el marco del cumplimiento de las especificaciones técnicas del Manual 2024, que promueve una movilidad segura, sostenible y coherente con las necesidades del entorno.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 201 1677
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un plan de señalización vial en el tramo de vía Ranchos del INAT entre la calle 60 y 78, siguiendo los estándares técnicos del Manual de Señalización Vial de Colombia (2024).

1.2 Objetivos específicos

- Identificar los puntos críticos del tramo vía Ranchos del INAT entre la calle 60 y 78 que requieren señalización nueva.

- Garantizar que la señalización implementada cumpla con los estándares técnicos y normativos del manual vigente.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T.: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Localización

La vía Ranchos del INAT comprendida entre la calle 60 y la calle 78 se encuentra localizada en zona urbana del municipio de Montería. A continuación se presenta la localización del tramo de vía en estudio.

Ilustración 1. Localización de Córdoba en Colombia



Fuente. Wikipedia

Ilustración 2. Localización de Montería en Córdoba



Fuente. Wikipedia

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental – Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 98
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Ilustración 3. Localización de la vía Ranchos del INAT



Fuente. Esta consultoría, a partir de Google Earth

2.2 Descripción del proyecto

El tramo en estudio tiene una longitud aproximada de 1.74 km, su estructura existente corresponde a una vía en material tipo afirmado, esta se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta deterioro en un alto porcentaje de la longitud proyectada para la intervención. Como característica principal se evidencia la circulación en una calzada, con un carril en cada sentido, con un ancho variable según la geometría establecida por el trazado actual. Así mismo, la vía se encuentra en una topografía plana.

Esta vía de importancia local se sitúa en un sector de expansión urbana, caracterizado por usos de suelo predominantemente residenciales y, en algunas zonas, usos comerciales. El tránsito vehicular está compuesto principalmente por vehículos livianos y motocicletas, con

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

influencia del transporte público colectivo; adicionalmente, en menor proporción circulan vehículos pesados tipo C2P y C2G, siendo muy reducida la presencia de automotores de mayor capacidad, como los de configuración C3-C4. La vía constituye un corredor de conectividad vital para los habitantes de los barrios aledaños, facilitando el acceso a la malla vial principal de la ciudad.

La intervención de este tramo se justifica en la necesidad de mejorar las condiciones de transitabilidad, seguridad y confort para los usuarios, dado que el deterioro actual limita la funcionalidad de la vía y genera mayores tiempos de desplazamiento. Con la implementación del proyecto se logrará optimizar la movilidad urbana, reducir costos de operación vehicular, minimizar accidentes asociados a la mala condición de la superficie y fortalecer la integración de la zona de expansión con la red vial principal. Adicionalmente, la obra contribuirá a dinamizar las actividades residenciales y comerciales del sector, favoreciendo el desarrollo urbano y la calidad de vida de la comunidad.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T.: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

CONSORCIO REHABILITACION CÓRDOBA

3. REQUISITOS DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL

Toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

a) Debe ser necesaria
b) Debe ser visible y destacarse sobre los demás elementos de la infraestructura vial.
c) Debe ser legible y fácil de entender
d) Debe ser diseñada e implementada según lineamientos técnicos y de funcionalidad.
e) Debe dar tiempo suficiente al actor vial para reaccionar y maniobrar oportuna mente y de forma segura, ante la situación señalizada.
f) Debe infundir respeto
g) Debe ser creíble

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T.: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 39 99
E.: gerencia.convialsas@gmail.com

4. ASPECTOS CLAVES DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL

El cumplimiento de los requisitos mínimos a que se refiere el numeral anterior supone que, a su vez, las señales deben satisfacer las condiciones detalladas a continuación:

4.1 Diseño

El diseño de la señalización debe asegurar que:

- El tamaño, contraste, colores, forma, composición, retrorreflexión, iluminación y antideslizamiento de los dispositivos sean consistentes con el entorno.

- Su mensaje sea claro, sencillo e inequívoco.

- Su legibilidad y tamaño correspondan a la distancia de ubicación y velocidad máxima permitida, de manera que permitan un tiempo adecuado de reacción a todos los actores viales.

- Se fundamente en las condiciones de operación, entorno y seguridad de los usuarios de la vía, lo cual contribuye a su credibilidad y acatamiento.

- La visibilidad sea óptima y que se aprecien los dispositivos, de igual manera durante el día, la noche o en condiciones climáticas atípicas o en contextos adversos.

- Exista coherencia con el diseño geométrico de las vías y el diseño urbano, para ofrecer un recorrido seguro, legible, claro, visible, cómodo, fácil, armónico, estético, confiable, exento de desorientaciones o condiciones atípicas que generen riesgo en los actores viales.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404-II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 39 99
E. gerenciaconvialsas@gmail.com

La autoridad de tránsito o entidad responsable de la infraestructura vial hará las gestiones necesarias para ir desarrollando procesos de georreferenciación de la información derivada del proyecto de señalización vial tanto en la fase de señalización como en la de instalación, con el propósito de facilitar el cruce de información y actualización de las bases de datos locales, así como del sistema de información de señalización vial – SISCOL dispuesto por el Gobierno nacional.

4.2 Instalación

Toda señal debe ser instalada de tal manera que sea visible a los actores de distintas capacidades visuales, cognitivas y psicomotoras, otorgando a éstos la facilidad y el tiempo suficiente para distinguirla de su entorno, leerla, entenderla, seleccionar la acción o maniobra apropiada y realizarla con seguridad y eficacia. En ese sentido, un conductor que viaja a la velocidad máxima que permite la vía debe tener siempre el tiempo suficiente para realizar todas estas acciones pertinentes y seguras indicadas en la señalización, disminuyendo el riesgo de un eventual siniestro vial.

La instalación e implementación de la señalización vial debe contar con el acompañamiento o supervisión técnica de un profesional idóneo, dado que la localización o coordenadas de las señales verticales en el diseño (planos) puede coincidir con la presencia de obstáculos, vegetación u otro elemento o situación que pueda ser proclive de ajustes en campo. Asimismo, la señalización horizontal puede requerir un replanteo en vía previo a la demarcación definitiva, en la que se ajusten a las condiciones reales de espacio, obstáculos, trayectorias vehiculares o aspectos similares, las canalizaciones, achurados y demás demarcación propuesta en los planos. En todo caso, el efecto y pertinencia de las situaciones a señalizar deben mantenerse invariables. Los cambios de localización deben ser mínimos o poco significativos.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T.: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

4.3 Conservación y mantenimiento

Toda señalización tiene una vida útil en función de los materiales utilizados en su fabricación, de la acción del ambiente, de agentes externos y de la permanencia de las condiciones que la justifican. Al respecto, cualquier señal que permanece en la vía de forma redundante, o se encuentre en un estado visible de deterioro, dañada o rayada, genera confusión y baja lectura, además de constituir un estímulo para actos vandálicos. Para ello, resulta imprescindible que los responsables de la instalación y mantenimiento de la señalización cuenten con un inventario de señalización vial, así como con un programa de mantenimiento correctivo y preventivo.

Es relevante indicar que las actividades de conservación y mantenimiento deben orientarse a los siguientes objetivos:

- Lograr que la señalización sea reconocida sin ninguna dificultad.
- Reducir los riesgos de siniestralidad.
- Ofrecer información clara a los usuarios o actores viales.
- Mejorar el ambiente visual.
- Disminuir los costos de la señalización, entre otros.

De esta manera, los programas de conservación y mantenimiento deben considerar las siguientes actividades:

- El reemplazo de la señalización vertical, horizontal y demás dispositivos complementarios defectuosos.

- Suministro e instalación de señalización vertical y dispositivos complementarios requeridos.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 2211077
M. +57 300 517 88 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

- La desinstalación, retiro, eliminación o borrado de la señalización y dispositivos que no cumplan con el objeto para el cual fueron diseñados (debido a que han cesa do las condiciones que obligaron a su instalación), y superado el tiempo previsto.

- Mantenimiento rutinario de lavado y limpieza de señales verticales, soportes y dispositivos complementarios, así como repintar la demarcación.

- Limpieza y mantenimiento de señales luminosas y de mensaje variable.

- Verificación de las especificaciones técnicas de construcción y funcionalidad, así como las indicaciones del proveedor sobre la instalación y el mantenimiento.

- Revisión periódica del funcionamiento de los dispositivos de señalización (balizas, semáforos, u otros).

- Programación de mediciones periódicas de los niveles de retrorreflectividad de la señal tal como se encuentra en la vía y mediciones luego de hacer limpieza al tablero, con el objeto de determinar la necesario de reemplazo, en caso de que esté por debajo de los niveles mínimos establecidos en el manual de señalización vial 2024.

4.4 Uniformidad

La señalización debe tratar siempre situaciones similares de la misma manera. Esto, además de facilitar el reconocimiento y entendimiento de las señales por parte de los actores, genera ahorros en la manufactura, instalación, conservación y gestión de la señalización.

Por último, es recomendable que las autoridades de tránsito o responsables de la infraestructura vial incluyan en los contratos que tienen actividades de suministro, instalación, mantenimiento y demarcación de señalización vial, entre otros, aspectos que permitan conocer la durabilidad y el desempeño de los productos que se van a utilizar en las actividades de señalización. De la misma manera, es relevante que se siga de manera estricta

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T.: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E.: gerenciaconvialsas@gmail.com

las indicaciones del proveedor sobre su aplicación o instalación. Lo anterior, con el fin de contar con una durabilidad y desempeño adecuado de los dispositivos de señalización en la vía.

4.5 Justificación

Partiendo de las mejoras realizadas al tramo actual, desde el punto de vista de geometría, pavimentos e hidráulica, es necesario realizar la implementación de un diseño de señalización nuevo, el cual debe ser consecuente con el cumplimiento de las nuevas especificaciones técnicas que tendrá la vía.

La ubicación de cada uno de los elementos que conforman la señalización horizontal y vertical corresponde a las necesidades específicas del tramo en estudio, teniendo en cuenta las condiciones de seguridad vial, puntos específicos como: pasos peatonales, zonas escolares, centros poblados y accesos a vías de prioridad inferior al corredor del presente estudio

4.6 Simbología y placas educacionales

En el contexto internacional, y según los fundamentos de la señalización, se debe preferir señales con mensajes simbólicos en lugar de escritos, ya que el uso de símbolos facilita aún más la rápida comprensión del mensaje, con tribuyendo así a una mayor seguridad vial.

Lo anterior cobra especial relevancia al considerar que las economías y el tránsito se encuentran cada día más globalizados, y que día a día aumenta la cantidad de conductores extranjeros en el país.

Aun así, al instalar una señal cuyo símbolo resulte nuevo en una región, departamento, ciudad, localidad, comuna, municipio o área, se debe adosar una placa educativa en la parte inferior de la señal, que exprese con leyenda lo que representa la señal. La placa deberá ser

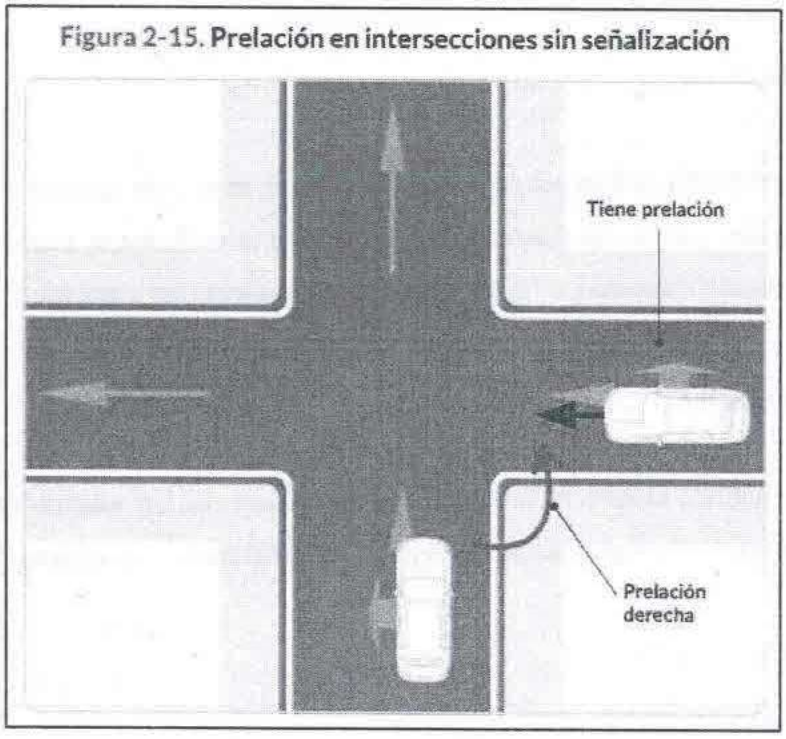
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

operación de la infraestructura vial, para regular la circulación en la intersección a través de una señal de prelación.

En condiciones contrarias, o ante la carencia de señales de prelación, es preciso seguir las normas de prelación en intersecciones y situaciones de giros dadas en el Código Nacional de Tránsito (Ley 769 de 2002) o aquella que la modifique, sustituya o reemplace. En ningún caso se debe implementar la señal SR-01 PARE, en todos los accesos de una intersección; con el fin de generar siempre una prelación clara y evitar confusiones en los usuarios, que generen riesgos y conflictos en la intersección.

Ilustración 17. Prelación en intersecciones sin señalización



Fuente. Manual de señalización vial de Colombia 2024

Se emplea la señal SR-02 CEDA EL PASO cuando la visibilidad en la intersección permite al conductor del vehículo que transita por la vía de menor prelación distinguir fácilmente cualquier vehículo que circule por la vía de mayor prelación, disponiendo del tiempo y la

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 519 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Ilustración 16. Ejemplo de señal reglamentaria rectangular con leyenda



Fuente. Manual de señalización vial de Colombia 2024

c. Ubicación

Las señales reglamentarias deben ser colocadas en el lugar en el sitio mismo donde inicia o finaliza la regulación, y si las condiciones del tránsito o de la vía lo hacen necesario, pueden ser repetidas al costado izquierdo, a fin de garantizar su observación y respeto.

6.3 Señales de prelación

Son aquellas que regulan el derecho preferente de paso y circulación, además del semáforo tratado en el Capítulo 4. Semaforización del manual de señalización de seguridad vial 2024:

- SR-01 PARE.
- SR-02 CEDA EL PASO.
- SR-49 PRIORIDAD AL SENTIDO CONTRARIO.

Para definir la prelación en toda intersección, el profesional idóneo debe analizar las condiciones de jerarquía vial, seguridad vial, geometría, visibilidad y las condiciones de

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Su color de fondo es blanco y excepcionalmente rojo; su orla es roja y excepcionalmente negra, y su símbolo y leyenda negro, blanco y excepcionalmente rojo o gris.

En el caso que se requiera adosar placas informativas que las complementen, éstas deben ser de forma rectangular, fondo blanco, orlas rojas y textos que no superen dos líneas, flechas, letras y números de color negro, y con su ancho no superior al de la señal.

b. Mensaje

Además de comunicar a los usuarios sobre limitaciones, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones a través de símbolos, puede ser necesario complementar el mensaje de las señales reglamentarias con una leyenda inscrita en una señal rectangular.

A continuación, se presenta de manera esquemática la forma como se pueden inscribir este tipo de señales. Por ejemplo, se pueden complementar con leyendas como "EN ESTA CUADRA" o "EN AMBOS COSTADOS". Igualmente, se puede informar el punto de inicio o de terminación de la prohibición o restricción acompañándolas de flechas indicativas de sentidos viales, como se muestra en la Figura 2-14. Ejemplo de señal reglamentaria rectangular con leyenda.

En otros casos es más conveniente complementar el mensaje de la señal mediante una placa adosada que indique el límite o precise la prohibición o restricción, como es el caso de prohibiciones o restricciones que aplican solo para ciertos días, o períodos. Cuando ello ocurra, el símbolo puede complementarse con una leyenda como se presenta en la Figura 2-14. Ejemplo de señal reglamentaria rectangular con leyenda, o mediante en una placa adosada que indique el horario o días en que rige la reglamentación, señalando preferible mente horas enteras del código horario de 24 horas. A modo de ejemplo, es preferible "21 h A 6 h", en lugar de "21:30 h A 6:15 h".

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T.: +57 (1) 321 1077
M: +57 300 517 38 99
E.: gerencia.convialsas@gmail.com

6. SEÑALES REGLAMENTARIAS

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los actores de las vías la prelación en el uso de las mismas, así como las limitaciones, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes.

Su violación acarrea las sanciones previstas en el Código Nacional de Tránsito Terrestre vigente, o aquel que lo complemente, sustituya o actualice.

6.1 Clasificación

De acuerdo con su función, las señales reglamentarias se clasifican en:

- De prelación.
- De prohibición.
  - Prohibición de maniobras y giros.
  - Prohibición de paso por clase de vehículo
  - Otras prohibiciones.
- De restricción.
- De obligación.
- De autorización.

6.2 Características

a. Forma y color

La mayoría de las señales reglamentarias tienen forma circular, pero se acepta que se inscriban en un rectángulo cuando llevan leyenda adicional, la cual debe ser clara y concisa. Se exceptúan las señales SR-01 PARE, SR-02 CEDA EL PASO, SR 38 SENTIDO ÚNICO DE CIRCULACIÓN y SR-39 CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentei - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 38 99
E. gerencia.convialsas@gmail.com

residuos de aceite, material asfáltico o pintura en aerosol, entre otros, se podrán emplear productos de limpieza más fuertes y procedimientos recomendados por el fabricante de los elementos retrorreflectantes, para garantizar que la señal no pierda su apariencia ni su reflectividad.

La parte dorsal de la señal y la estructura soportante también deberán ser objeto del mantenimiento y del retiro de residuos.

Si durante la ejecución del trabajo, los mate riales o procedimientos que utiliza el contratista provocan daño a las señales, a sus estructuras de soporte, al pavimento, al entorno o a los usuarios, las labores se suspenderán de inmediato hasta que se reemplacen los materiales o los procedimientos inadecuados y se reparen los daños causados, como parte de esta actividad.

Durante las actividades de mantenimiento y limpieza se debe realizar medición de los niveles mínimos de retrorreflectividad antes y después de la limpieza del tablero, con el objeto de identificar si se encuentran dentro de los valores mínimos requeridos, según lo establece el numeral 5.3.5. Visibilidad y Retrorreflexión, y determinar si la señal requiere limpieza o reposición, por estar debajo de los niveles mínimos establecidos en el manual de señalización vial 2024.

De requerirse sustitución o remoción de los sistemas de soporte de las señales verticales, por deterioro, pérdida de funcionalidad o daños estructurales por choques contundentes, se debe garantizar, por parte de la autoridad de tránsito o entidad responsable de la infraestructura la restitución de las condiciones seguras del entorno de la señal, nivelando la superficie dispuesta, eliminando cualquier elemento sobrante, saliente, puntiagudo o contundente, y eliminando los posibles hundimientos, huecos u orificios generados por la instalación del sistema de soporte, que puedan generar un riesgo para la seguridad vial de cualquier usuario.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

- **Tratamiento de la cara frontal:** previa mente a la aplicación del material retrorreflectivo, la lámina deberá ser limpiada, desengrasada y secada de toda humedad; además, estar libre de óxido blanco. El aluminio deberá tener una superficie de terminado producida con abrasivo grado 100 o más fino.

- **Tratamiento de la cara posterior:** una vez cortada y pulida la lámina, se deberá limpiar y desengrasar, aplicándose seguidamente una pintura base (wash primer o epoxipoliamida), para finalmente colocar una capa de esmalte sintético blanco.

5.7 Mantenimiento de señales verticales (Limpieza, reposición y remoción)

La retrorreflexión y visibilidad de las señales se ve muy afectada por el polvo que se adhiere a ellas, por lo que para mantener los niveles especificados en este capítulo, se requiere de un programa de limpieza acorde con las características climáticas de cada zona en particular, el cual se recomienda con una periodicidad no mayor a seis meses.

Se podrá aumentar la frecuencia de ejecución de la limpieza en los casos donde se identifique, a través de inspecciones rutinarias, que la señal se encuentra ilegible. Dicho programa debe estar debidamente liderado por la autoridad de tránsito o entidad responsable de la infraestructura vial competente, de conformidad con el Parágrafo 1 del Artículo 115 de la Ley 769 de 2002 vigente, o aquella que lo complemente, sustituya, modifique, actualice o derogue.

Los materiales utilizados para realizar la limpieza deben ser no abrasivos, con cerdas suaves, que no rayen la superficie de la señal y sin afectar el comportamiento de los mate riales de la señal o el medio ambiente.

Al realizar el procedimiento, con un equipo de agua a presión, es importante evitar que apunte hacia las orillas de la película reflectiva, pues puede desprenderla, afectando la durabilidad de la señal. Para los casos en los que después de haber limpiado el tablero persisten en él

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com