ESTUDIOS DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

MUNICIPIO DE CHAGUANI DEPARTAMENTO DEL CUNDINAMARCA

"CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE CHAGUANÍ, CUNDINAMARCA."

GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA

BOGOTA, JULIO DEL 2026

Versión 1

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

DOCUMENTO No.	**INFORME ESTUDIO DE TRANSITO**
TITULO DOCUMENTO	**"CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE CHAGUANÍ, CUNDINAMARCA."**
CLASE DE DOCUMENTO	**DOCUMENTO TÉCNICO**
ELABORO CDS	REVISO Y APROBO JB

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 9
2. OBJETIVOS 10
2.1. OBJETIVO 10
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 10
3. ALCANCES 11
3.1. METODOLOGIA 11
4. ASPECTOS GENERALES 14
4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO 14
4.2. LOCALIZACIÓN 14
5. ESTUDIO DE TRANSITO 16
5.1. Recopilación de información primaria y condición actual del municipio Chaguani departamento del Cundinamarca 16
5.2. Cronogramas de aforo y trabajos de campo. 17
5.3. Procesamiento de la información de Campo 18
5.4. Estudio y evaluación del tránsito actual. 20
5.4.1. Transito actual 21
5.4.2. Conversión de TPDS a TPDA. 21
5.4.3. Composición vehicular. 23
5.4.4. Variación horaria de flujo vehicular 25
5.4.5. Cálculo del volumen horario máxima demanda. 26
5.4.6. Resumen del tránsito promedio diario 28
5.5. Proyecciones de transito 28
5.5.1. Transito atraído. 28
5.5.2. Transito generado. 29
5.5.3. Transito Normal 29
5.5.4. Cálculo de la proyección del transito 31
5.6. Cuantificación del tránsito en ejes equivalentes 33
5.6.1. Determinación del factor de daños para vehículos comerciales 33

5.6.2. Determinación del espectro de cargas para el diseño de pavimentos rígidos. . 36
6. ESTUDIO DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO 38
6.1. Análisis de capacidad y nivel de servicio 38
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 59
8. FUENTES DE INFORMACION Y BIBLIOGRAFIAS 61

ILUSTRACIONES:

Ilustración 1. Localización 15
Ilustración 2 Localización de zona de intervención 17
Ilustración 3 Ubicación de estaciones de aforo 18
Ilustración 4 Clasificación vehicular especificada en Colombia según INVIAS. 19
Ilustración 5 Composición vehicular general en la estación 1. 23
Ilustración 6 Composición vehicular general en la estación 2. 24
Ilustración 7 Composición vehicular general en el Estación 3 24
Ilustración 8 Valoración horaria de flujo de vehículos estación 1 25
Ilustración 9 Valoración horaria de flujo de vehículos estación 2 25
Ilustración 10 Valoración horaria de flujo de vehículos estación 3 26

TABLAS:

Tabla 1. Cuadro de coordenadas 16
Tabla 2 Categorías vehiculares por el instituto nacional de vias 18
Tabla 3 Resumen de conteo vehicular registrado estación 1 20
Tabla 4 Resumen de conteo vehicular registrado estación 2 20
Tabla 5 Resumen de conteo vehicular registrado estación 3 20
Tabla 6 Valores de K a distintos niveles de confiablidad 22
Tabla 7 Transito promedio diario anual calculado para el estación 1 22
Tabla 8 Transito promedio diario anual calculado para el estación 2 23
Tabla 9 Transito promedio diario anual calculado para el estación 3 23
Tabla 10 Calco de volumen horario de máxima demanda. 27
Tabla 11 Composición vehicular estación aforo 27
Tabla 12: Resumen del cálculo del tránsito normal- estación 1 30
Tabla 13 Resumen del cálculo del tránsito normal- estación 2 30
Tabla 14 Resumen del cálculo del tránsito normal- estación 3 30
Tabla 15 Transito proyectado a 20 años para la estación 1 32
Tabla 16 Transito proyectado a 20 años para la estación 2 32
Tabla 17 Transito proyectado a 20 años para la estación 3 32
Tabla 18 Factores de daño vehículos comerciales 33
Tabla 19 Factor de distribución direccional (Fd) según el ancho de la calzada. 34
Tabla 20 Factor de distribución por carril (Fc) según número de carriles por sentido. 34
Tabla 21 Total número de ejes equivales calculado en la estación 1 35
Tabla 22 Total número de ejes equivales calculado en la estación 2 35
Tabla 23 Total número de ejes equivales calculado en la estación 3 36
Tabla 24 Resultados del Número de Ejes Equivalentes (NEE) por estación de aforo 37
Tabla 25 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe) 40
Tabla 26 Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd) 40
Tabla 27 Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos – Cuando no se dispone del % de zona de rebase. (Fd) 41
Tabla 28 Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del carril y ancho de la berma (Fcb) 41
Tabla 29 Factores de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesadso en pendientes ascendentes (Fp) 41
Tabla 30 Factores de pico horario basado en periodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH) 44
Tabla 31 Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (Vi) 48
Tabla 32 Factores de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (Fu) 48
Tabla 33 Factores de corrección al nivel de servicio por efecto combinado de ancho del carril y berma (Fcb) 49
Tabla 34 Factores de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp) 49

Tabla 35 Factor de corrección al nivel de servicio por efecto de la tortuosidad (Ft) 56
Tabla 36 Definición de nivel de servicio con base en la relación VM / Vi *100..... 56
Tabla 37 DHV calculadas a diferentes años proyección (60% y 80% carril de ascenso)..... 57

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	**PROYECCION POBLACIONAL DANE**
ANEXO 2	**PTABLAS DE CALCULO Y RESULTADOS**

1. INTRODUCCIÓN

En esta época moderna la variedad de los medios de transporte y su cantidad han logrado establecer de manera radical un beneficio indiscutible, un cambio en la forma de moverse o transportarse y con ello una demanda significativa en todo el territorio del país, en especial las vías terrestres. Éstas han logrado establecer un reto en su ejecución y diseño, brindando un beneficio a los usuarios que transitan sobre ellas. Al existir una vía, se permite comunicar territorios aislados, descubrir nuevos horizontes, no solo se acortan tiempos de viaje, también logran brindar seguridad en la movilidad, comodidad y agilidad al transportarse.

En el presente informe se describen todas las actividades correspondientes al estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio para el **"MUNICIPIO DE CHAGUANI DEPARTAMENTO DEL CUNDINAMARCA"**, donde inicialmente se plantea los objetivos, alcance y aspectos generales del proyecto, siguiendo con la metodología y recolección de la información secundaria y existente, posteriormente se presentan los resultados obtenidos en el estudio y finalmente llegamos a las conclusiones.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO

El objetivo general del Estudio de Tránsito, para el proyecto **"CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE CHAGUANÍ, CUNDINAMARCA."** es determinar la demanda en términos de carga vehicular que tendrá el proyecto, para establecer así los principales parámetros que definen el funcionamiento de la vía, y que están relacionados con la movilidad, capacidad y nivel de servicio.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el volumen de tránsito que será la base para el corredor proyectado. (Caracterización del flujo vehicular en términos de su cuantificación y clasificación).
- Determinar el transito atraído y generado a la vía en estudio, en función de las características socioeconómicas de carácter regional.
- Generar la información primaria necesaria para el desarrollo del estudio.
- Calcular el tránsito futuro del corredor proyectado.
- Determinar los parámetros básicos, tanto para el diseño geométrico como para el Diseño de Pavimentos.
- Evaluar la capacidad y nivel de servicio en el corredor, en el escenario existente como en los diferentes escenarios proyectados.
- Aportar información para el plan de manejo de tránsito.

3. ALCANCES

El alcance de este documento, es el desarrollo del estudio de tránsito, capacidad y nivel de servicio del corredor correspondiente al **"CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE CHAGUANÍ, CUNDINAMARCA."** este documento se enfocará en el tramo mencionado en el anterior numeral, basado en la determinación de los siguientes parámetros.

- Cálculo de tránsito base en el corredor proyectado.
- Caracterización del tránsito calculado.
- Variaciones horarias.
- Volumen horario máximo
- Proyección del tránsito.
- Cálculo de ejes equivalentes.
- Capacidad y nivel de servicio.

3.1. METODOLOGIA

La metodología para el Estudio de Tránsito, se detalla a continuación:

- **Revisión de estudios previos e información existente**

  La revisión de estudios e información existente busca fundamentalmente, complementar el desarrollo del presente estudio y tener elementos básicos al inicio del mismo, dentro de los documentos existentes para una revisión previa que se deben tener en cuenta están: el Plan de Ordenamiento Territorial cuando se trata de Grandes Urbes, el Esquema de Ordenamiento Territorial para municipios pequeños, Estadísticas de crecimientos poblacionales y tasas de crecimiento del parque automotor.

- **Recopilación de información primaria**

  La modelación de las condiciones existentes en términos de movilidad es el objetivo principal de la recopilación de la información primaria, en este caso corresponden a aforos vehiculares, los cuales se realizan mediante la instalación de cámaras de video en los puntos estratégicos de análisis, estas registraran los movimientos vehiculares durante las 24 horas del día, durante 7 días, de esta manera se obtiene un archivo digital el cual servirá para la obtención de los datos anteriormente

mencionados.

Para el desarrollo de las actividades que conforman la recopilación de la información primaria se encuentran contemplados los siguientes aspectos:

Planificación operativa:

Esta es una de las actividades fundamentales del estudio, ya que de esta depende la confiabilidad de la modelación propuesta, para ello es importante tener en cuenta la ubicación de los puntos de conteo vehicular y la disposición de los equipos de filmación, de tal manera que permita identificar y observar claramente los elementos necesarios para la óptima ejecución de los estudios.

Realización de formatos:

El uso de formatos permite que la información recolectada se lleve de una manera sistemática, de tal manera que cualquier persona en un momento dado pueda entender de una forma fácil y rápida los datos suministrados, por lo tanto se elabora un formato estándar, en los cuales se contemplan de una manera clara y concisa la composición vehicular que interactúa en la zona de estudio, siendo estos: Autos, Buses, Busetas, Motos y Camiones (C2p, C2g, C3, C4, C5 y >C5); distribuyendo los flujos en intervalos de tiempo cada 15 minutos permitiendo agilizar el proceso de conteo y procesamiento de datos al personal encargado de la pos edición de los registros en videos obtenidos de cada estación de conteo.

Capacitación de los aforadores

Estos equipos tecnológicos de filmación proporcionan archivos digitales propios cuya reproducción se hace por medio de software especiales, por lo tanto, es necesario la capacitación de personal encargado de los aforos vehiculares, de esta manera se obtendrán mejores rendimientos, en consecuencia, menores tiempos en esta actividad.

- **Análisis de información**

Procesada la información básica, el análisis consiste, inicialmente en determinar los factores preponderantes en la vía, tales como Tránsito Promedio Diario, distribución vehicular, distribución direccional, condiciones geométricas, para determinar los parámetros para el diseño de la estructura de pavimento.

- **Determinación del tránsito futuro y cálculos para diseño de la estructura de pavimento**

  Basándose en estudios anteriores similares el pronóstico de la demanda futura del tránsito y los ejes equivalentes se basa principalmente en la tasa de crecimiento del parque automotor en el Municipio donde se localiza el tramo en estudio.

- **Conclusiones y recomendaciones.**

  Fundados en los resultados de las anteriores etapas se concluye y recomienda los elementos o parámetros de diseño para áreas como el diseño geométrico, pavimentos y evaluación económica. Este análisis se presentará con base en los resultados obtenidos bajo condiciones analizadas en los diversos tópicos del informe.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO

El presente proyecto corresponde a la "CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE CHAGUANÍ, CUNDINAMARCA.", cuyo propósito es desarrollar los insumos técnicos necesarios para la intervención de la infraestructura vial urbana, con el fin de optimizar las condiciones de movilidad, accesibilidad y seguridad vial de la población.

Los tramos objeto de estudio se encuentran localizados dentro del perímetro urbano del municipio de Chaguaní y corresponden a vías de carácter local que presentan deterioro en su estructura de pavimento y en sus elementos complementarios. La consultoría comprende el levantamiento de información en campo, estudios topográficos, geotécnicos e hidrológicos, el diagnóstico del estado actual de las vías, el diseño geométrico y estructural del pavimento, así como el diseño de las obras de drenaje, señalización y demás componentes requeridos para garantizar una solución integral acorde con la normatividad vigente.

La ejecución de estos estudios y diseños permitirá definir las alternativas técnicas más adecuadas para el mejoramiento de la infraestructura vial urbana, contribuyendo al fortalecimiento de la conectividad interna del municipio, la movilidad de peatones y vehículos, y el desarrollo social y económico de la comunidad.

4.2. LOCALIZACIÓN

El municipio de **Chaguaní** se encuentra ubicado en el occidente del departamento de **Cundinamarca**, en la **Provincia de Magdalena Centro**, a una distancia aproximada de **121 km de Bogotá, D.C.** Cuenta con una extensión territorial cercana a los **142 km²** y una altitud promedio de **1.050 m s. n. m.**, lo que le proporciona un clima cálido con una temperatura media aproximada de **24 °C**. Limita al norte con el municipio de **Guaduas**; al oriente con **Vianí**; al sur con **San Juan de Rioseco**; y al occidente con el municipio de **San Juan de Rioseco** y el **río Magdalena**, que constituye el límite natural con el departamento del **Tolima**. Su ubicación estratégica en la región del Magdalena Centro favorece la conexión entre la región Andina y el valle del río Magdalena, convirtiéndolo en un importante punto de articulación territorial.



Ilustración 1. Localización
Fuente: wikipedia

Tabla 1. Cuadro de coordenadas

TRAMO	INICIO				FIN				LONGITUD
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD	
1	4823390.0643m	2105141.8740m	W74° 35' 36.54"	N4° 56' 58.76"	4823281.2514m	2105131.5491m	W74° 35' 40.07"	N4° 56' 58.42"	106
2	4823344.0677m	2105079.2071m	W74° 35' 38.03"	N4° 56' 56.72"	4823352.1103m	2105127.9016m	W74° 35' 37.77"	N4° 56' 58.30"	52
3	4823392.3486m	2105081.4856m	W74° 35' 36.46"	N4° 56' 56.79"	4823357.4715m	2105111.5052m	W74° 35' 37.60"	N4° 56' 57.77"	52

Fuente: Elaboración propia

5. ESTUDIO DE TRANSITO

5.1. Recopilación de información primaria y condición actual del municipio de Chaguani departamento del Cundinamarca.

Uno de los objetivos primordiales del Estudio de Tránsito, Capacidad y Niveles de Servicio es definir las características actuales del tráfico preponderante en el corredor en estudio e identificar los parámetros básicos de esta variable, tal como el tránsito promedio diario semanal (TPDS), la composición y la distribución vehicular.

La información obtenida es básica para la caracterización y la cuantificación del tránsito de diseño para las estructuras de pavimento y para la valoración de la Capacidad y del Nivel de Servicio bajo las condiciones actuales y futuras del corredor. Los siguientes numerales detallan las diferentes actividades ejecutadas y el procedimiento de cálculo realizado para tal fin.

La toma de información se realizó haciendo uso de tecnologías de videocámaras localizadas en puntos estratégicos del tramo de intervención, los cuales se ubicaron en los extremos de los tramo, decisión que se tomó teniendo en cuenta que el origen o destino de los viajes que transitan sobre el tramo del proyecto provienen de los principales puntos de atracción, en este caso la vía MUNICIPIO DE CHAGUANI DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA y para entrar o salir del tramo necesariamente los vehículos se registran en cualquiera de estos dos puntos, de igual manera se realizó una inspección en la zona interna del tramo y no se encontró algún cruce importante que modificara significativamente las condiciones del tránsito, en la siguiente grafica se presenta el esquema de la localización de los puntos mencionados.

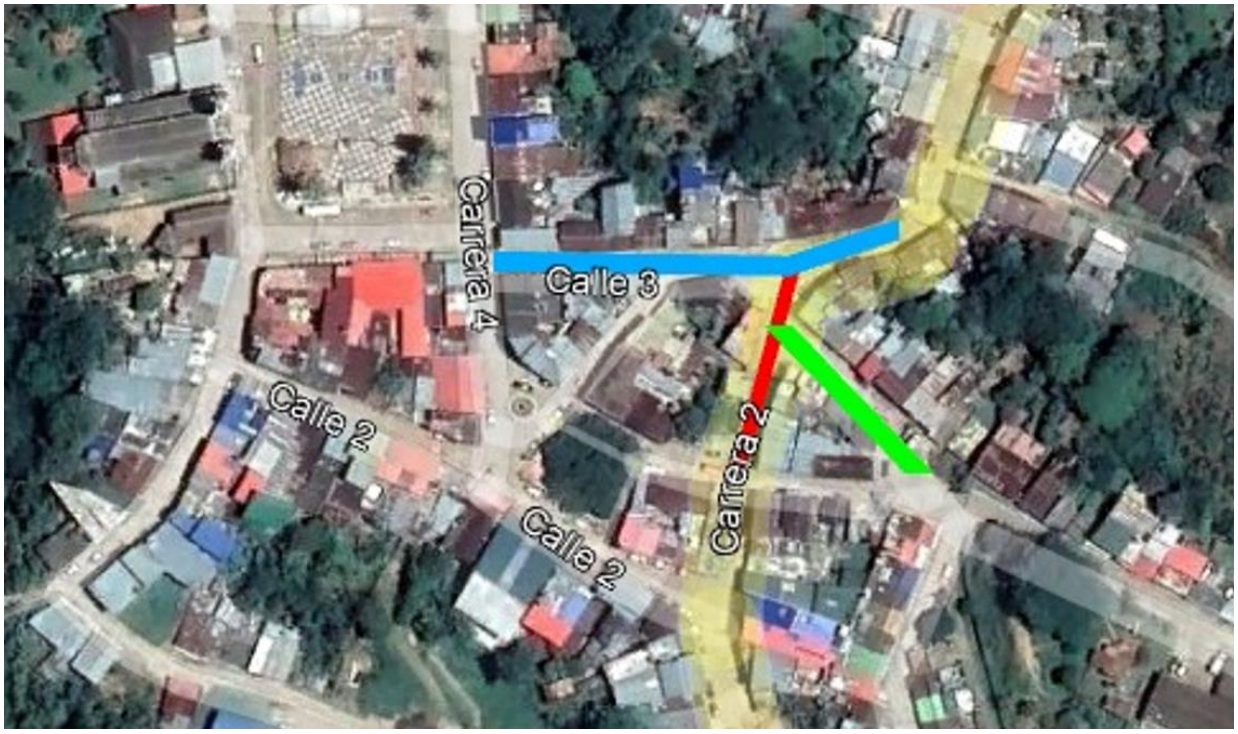


Ilustración 2 Localización de zona de intervención
Fuente Elaboración propia

5.2. Cronogramas de aforo y trabajos de campo.

Para el tramo del DEPARTAMENTO DE CHAGUANI a toma de información mediante la instalación del equipo de videocámaras en cada una de las estaciones de aforo, se realizaron durante 7 días, desde el día domingo 13 de julio hasta el día sábado 19 de julio del 2025 por un periodo de 24 horas por día.

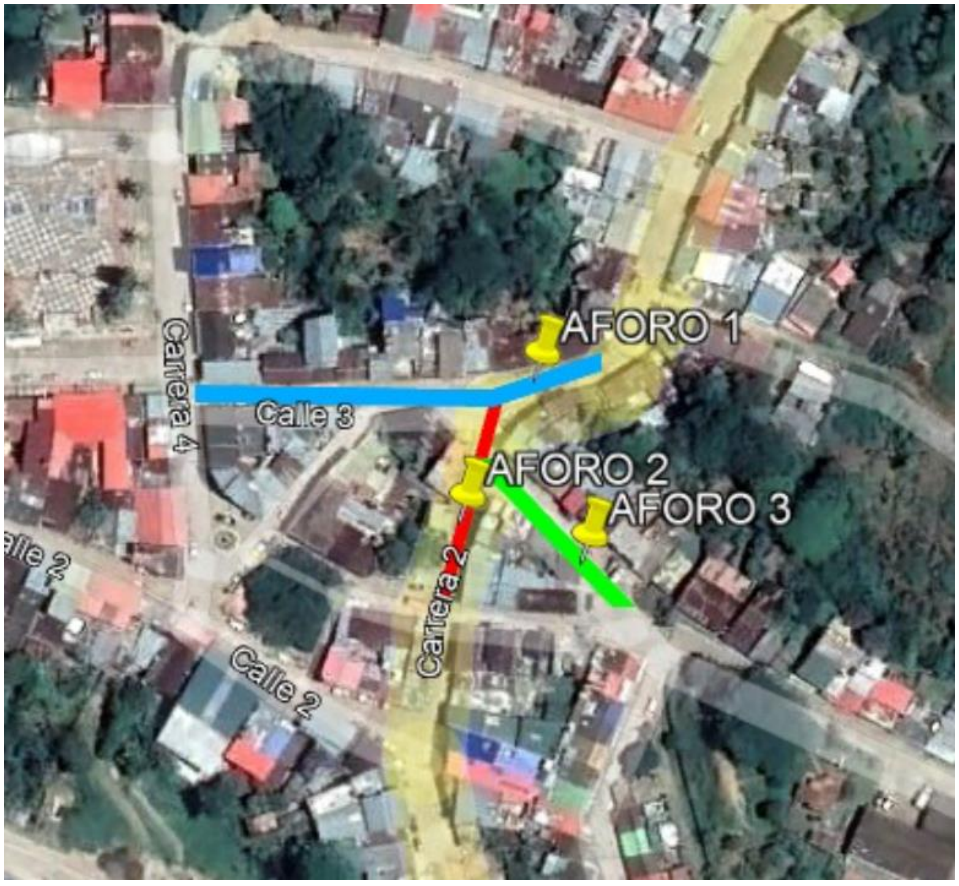


Ilustración 3 Ubicación de estaciones de aforo
Fuente Elaboración propia

.

5.3. Procesamiento de la información de Campo

Una vez terminado el trabajo de campo, el personal previamente capacitado para realizar los conteos vehiculares mediante la observación de las filmaciones realizadas, se encarga de la ejecución de esta actividad en oficina bajo supervisión del equipo de trabajo.

Se contabilizaron los volúmenes vehiculares según las categorías manejadas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS.

Tabla 2 Categorías vehiculares por el instituto nacional de vias

Tipo de Vehículo	Abreviatura
Motocicletas	Motos

Autos	Autos
Buseta	Buseta
Bus	Bus
Camión de dos ejes pequeño	C2P
Camión de dos ejes grande	C2G
Camión de tres y cuatro ejes	C3-C4
Camión de cinco ejes	C5
Camión de más de cinco ejes	> C5

Fuente: INVIAS

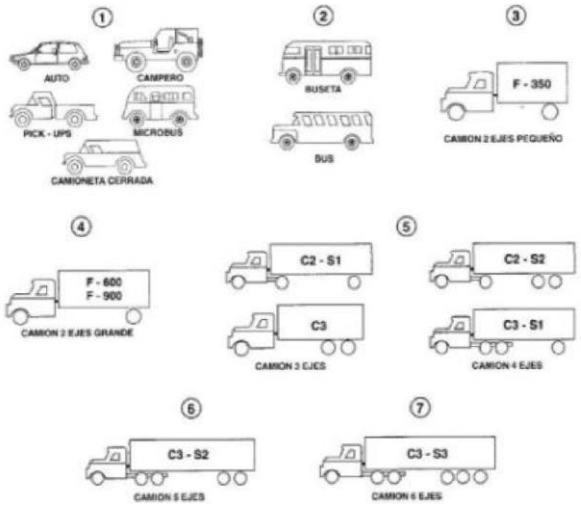


Ilustración 4 Clasificación vehicular especificada en Colombia según INVIAS.
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se presentan los resúmenes de los volúmenes vehiculares obtenidos en los conteos.

Tabla 3 Resumen de conteo vehicular registrado estación 1

DIA	SENTIDO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TOTAL SENTIDO	TOTAL DIA
DIA 1	DOBLE	185	2	5	60	2	1	0	0	0	0	255	255
DIA 2	DOBLE	216	1	6	80	5	2	3	0	0	0	313	313
DIA 3	DOBLE	196	2	5	90	2	5	2	1	0	0	303	303
DIA 4	DOBLE	205	1	6	10	4	6	1	0	0	0	233	233
DIA 5	DOBLE	275	2	5	150	8	4	2	1	0	0	447	447
DIA 6	DOBLE	240	1	7	200	7	2	5	0	0	0	462	462
DIA 7	DOBLE	203	1	8	200	9	3	0	1	0	0	425	425
PROMEDIO	DOBLE	217	1	6	113	11	3	2	0	0	0	348	348

Fuente Elaboración propia

Tabla 4 Resumen de conteo vehicular registrado estación 2

DIA	SENTIDO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TOTAL SENTIDO	TOTAL DIA
DIA 1	DOBLE	122	1	2	72	1	1	3	0	0	0	202	202
DIA 2	DOBLE	147	0	1	42	3	2	1	0	0	0	196	196
DIA 3	DOBLE	107	1	2	46	2	1	2	0	0	0	161	161
DIA 4	DOBLE	97	1	1	59	2	0	1	0	0	0	161	161
DIA 5	DOBLE	134	1	2	77	4	2	2	0	0	0	222	222
DIA 6	DOBLE	127	0	1	58	5	5	2	1	0	0	199	199
DIA 7	DOBLE	134	1	1	66	3	3	1	0	0	0	209	209
PROMEDIO	DOBLE	124	1	1	60	11	2	2	0	0	0	193	193

Fuente Elaboración propia

Tabla 5 Resumen de conteo vehicular registrado estación 3

DIA	SENTIDO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TOTAL SENTIDO	TOTAL DIA
DIA 1	DOBLE	147	2	3	62	1	2	5	1	0	0	223	223
DIA 2	DOBLE	175	1	2	88	3	3	1	1	0	0	274	274
DIA 3	DOBLE	163	2	3	81	2	2	0	0	0	0	253	253
DIA 4	DOBLE	109	1	1	64	2	1	1	0	0	0	179	179
DIA 5	DOBLE	133	1	3	73	4	3	2	1	0	0	220	220
DIA 6	DOBLE	128	2	2	67	5	2	1	0	0	0	207	207
DIA 7	DOBLE	141	1	2	71	3	4	2	0	0	0	224	224
PROMEDIO	DOBLE	142	1	2	72	11	2	2	0	0	0	226	226

Fuente Elaboración propia

5.4. Estudio y evaluación del tránsito actual.

El tránsito es una de las variables más importantes a tener en cuenta en los diseños de las vías, puesto que influye tanto en su diseño geométrico, como en el dimensionamiento de la estructura del pavimento. Este capítulo plasma la cuantificación del tránsito, tanto para el diseño estructural de los pavimentos como para la evaluación de Capacidad y Nivel de Servicio.

5.4.1. Transito actual

Se realizó la revisión de información secundaria correspondiente al Plan Vial Municipal del municipio de Chaguani; sin embargo, no se dispone de los registros detallados de aforos ni de la metodología empleada para la estimación de los valores de tránsito reportados por tramo, lo cual limita la comparabilidad directa con los resultados obtenidos en el presente estudio.

En este sentido, los valores de Tránsito Promedio Diario (TPD) adoptados corresponden a información primaria levantada mediante aforos vehiculares continuos durante 7 días (24 horas), lo cual se ajusta a las recomendaciones del Instituto Nacional de Vías – INVIAS para estudios de tránsito en vías de bajo volumen.

Adicionalmente, en vías terciarias rurales, el tránsito presenta alta variabilidad asociada a factores productivos, estacionales y condiciones locales, por lo que los valores obtenidos en campo se consideran más representativos de la condición actual del corredor.

$$TPDS = \frac{TPD_{24\ h\ x\ 7\ dias}}{7}$$

5.4.2. Conversión de TPDS a TPDA.

Para el cálculo del número de ejes equivalentes es necesario obtener el valor del tránsito promedio diario anual, sin embargo, la toma de información durante todos los días de un año corresponde a una actividad laboriosa y no practica en la realidad, por esta razón, la toma de información se realiza durante una semana típica del año, y a partir de esta información se infiere el valor del TPDA mediante la aplicación de las siguientes expresiones.

$$\mathrm{TPDA} = \mathrm{TPDS} \pm \mathrm{K}^{*}\sigma$$

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} * \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}\right)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(TD_i - TPDS)^2}{n-1}}$$

Donde:

TPDA: Transito promedio diario anual
TPDS: Transito promedio diario semanal
K: número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado σ: = estimador de la desviación estándar poblacional
S: = desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario n:= tamaño de la muestra en número de días de aforo N: = tamaño de la población en número de días del año
TDi: = volumen de tránsito del día "i"
En la siguiente tabla se presenta los valores de K a distintos niveles de confiabilidad.

Tabla 6 Valores de K a distintos niveles de confiablidad.

Nivel de Confiabilidad (%)	K
90	1.645
95	1.96
99	2.575

Fuente: INVIAS

Para este informe se asume un nivel de confiabilidad del 90%, con un valor de K igual a 1.645.

A continuación, en la siguiente tabla se presenta el valor de los TPDA, una vez ajustados de acuerdo a las fórmulas anteriores, los cálculos correspondientes se pueden ver en el anexo 4 del documento.

Tabla 7 Transito promedio diario anual calculado para la estación 1

DIA	SENTIDO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TOTAL SENTIDO
TOTAL	DOBLE	276	60	64	171	69	62	0	0	0	0	702

Fuente Elaboración propia

Tabla 8 Transito promedio diario anual calculado para la estación 2

DIA	SENTIDO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TOTAL SENTIDO
TOTAL	DOBLE	138	15	16	74	25	16	0	0	0	0	286

Fuente Elaboración propia

Tabla 9 Transito promedio diario anual calculado para la estación 3

DIA	SENTIDO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TOTAL SENTIDO
TOTAL	DOBLE	161	20	21	91	30	21	0	0	0	0	345

Fuente Elaboración propia

5.4.3. Composición vehicular.

La composición vehicular de los corredores es un factor muy importante a tener en cuenta, ya que determina el comportamiento del tránsito vehicular en la vía, sobre todo en el diseño de pavimentos, a continuación, se presenta la composición vehicular para cada sentido de movimiento en el corredor objeto de estudio.

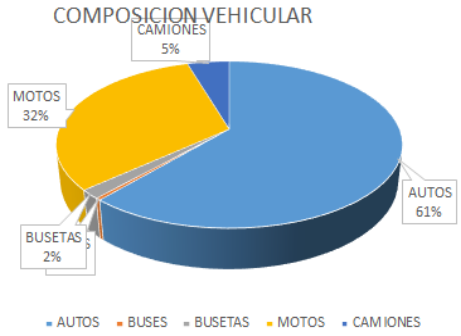


Ilustración 5 Composición vehicular general en la estación 1.
Fuente Elaboración propia

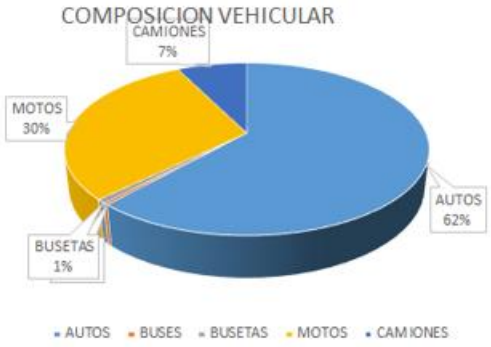


Ilustración 6 Composición vehicular general en la estación 2.
Fuente Elaboración propia

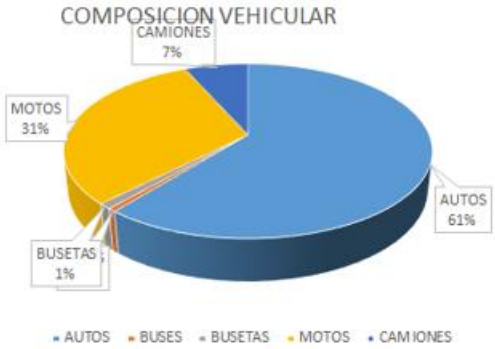


Ilustración 7 Composición vehicular general en el Estación 3
Fuente Elaboración propia

Tal como se puede observar, la composición vehicular está dominado principalmente por AUTOS y las MOTOS ocupan el segundo lugar, los camiones con un porcentaje reducido ocupan el tercer lugar y finalmente los buses con un 1%.

5.4.4. Variación horaria de flujo vehicular



Ilustración 8 Valoración horaria de flujo de vehículos estación 1
Fuente Elaboración propia

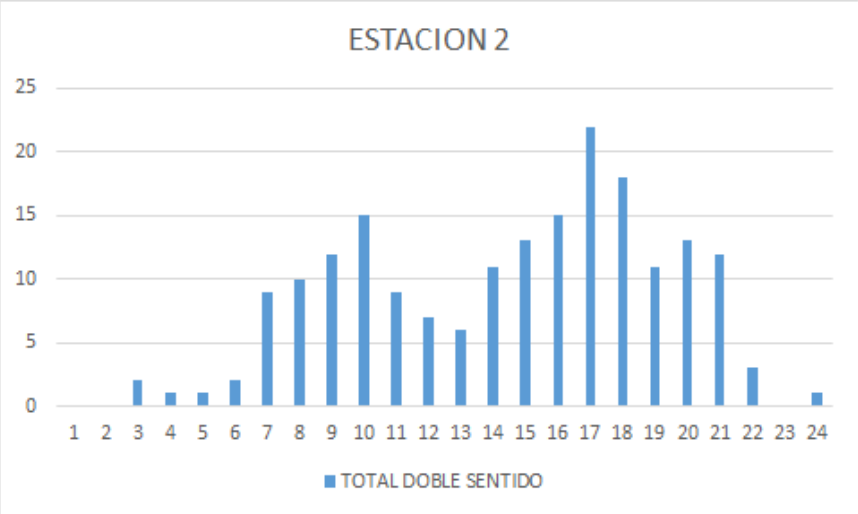


Ilustración 9 Valoración horaria de flujo de vehículos estación 2
Fuente Elaboración propia

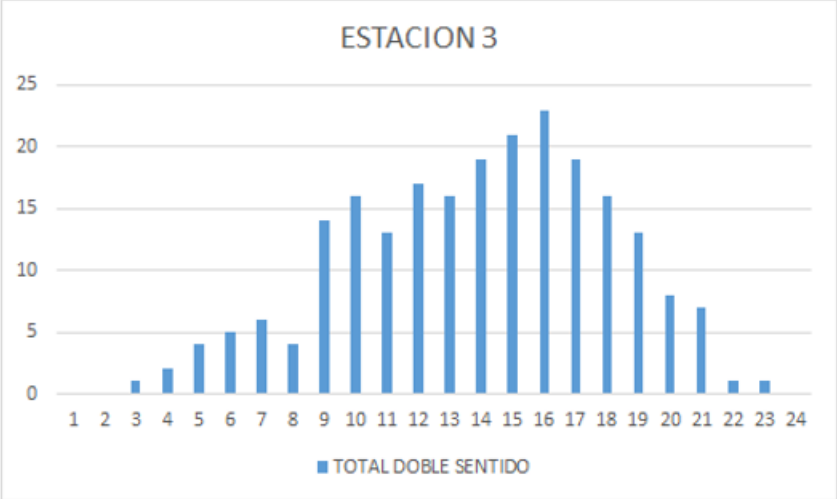


Ilustración 10 Valoración horaria de flujo de vehículos estación 3
Fuente Elaboración propia

Teniendo en cuentas las gráficas anteriores se observa que en la estación número 1, 2 y 3 el periodo de máxima demanda se presenta en las horas de la tarde, específicamente desde las 4:00pm a 5:00pm y 5:00pm a 6:00pm.

5.4.5. Cálculo del volumen horario máxima demanda.

Este factor es muy importante en el estudio de capacidad y nivel de servicio que se verá en el capítulo 4 de este Volumen, ya que define el parámetro que ofrecerá la condición más crítica a la que va a estar el corredor en su periodo de operación, de esta manera realizar una evaluación más acorde a las condiciones reales.

El volumen horario de máxima demanda se calcula a partir de los registros obtenidos en campo, para los dos movimientos, se obtiene un promedio de los siete días.

Tabla 10 Calco de volumen horario de máxima demanda.

HORA	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
	TOTAL DOBLE SENTIDO	TOTAL DOBLE SENTIDO	TOTAL DOBLE SENTIDO
12:00 a.m 1:00 a.m	0	0	0
1:00 a.m 2:00 a.m	0	0	0
2:00 a.m 3:00 a.m	0	2	1
3:00 a.m 4:00 a.m	1	1	2
4:00 a.m 5:00 a.m	2	1	4
5:00 a.m 6:00 a.m	1	2	5
6:00 a.m 7:00 a.m	15	9	6
7:00 a.m 8:00 a.m	21	10	4
8:00 a.m 9:00 a.m	23	12	14
9:00 a.m 10:00 a.m	25	15	16
10:00 a.m 11:00 a.m	29	9	13
11:00 a.m 12:00 p.m	19	7	17
12:00 p.m 1:00 p.m	21	6	16
1:00 p.m 2:00 p.m	22	11	19
2:00 p.m 3:00 p.m	18	13	21
3:00 p.m 4:00 p.m	24	15	23
4:00 p.m 5:00 p.m	32	22	19
5:00 p.m 6:00 p.m	35	18	16
6:00 p.m 7:00 p.m	20	11	13
7:00 p.m 8:00 p.m	17	13	8
8:00 p.m 9:00 p.m	11	12	7
9:00 p.m 10:00 p.m	9	3	1
10:00 p.m 11:00 p.m	3	0	1
11:00 p.m 12:00 p.m	0	1	0

Fuente Elaboración propia

Tabla 11 Composición vehicular estación aforo

Tipo de vehiculo	Composicion	F. Equivalencia	ADES
A	62%	1	62.34619
B	0%	2	0.820345
C	5%	3	14.274
M	32%	0.75	24.30271
		TOTAL ADES	**101.7432**

Fuente Elaboración propia

De acuerdo a la anterior tabla se observa que el volumen horario de máxima demanda se presenta desde las 5:00 pm hasta las 6:00 pm, con un total de 35 vehículos mixtos, lo que traduce a 41 vehículos equivalentes.

5.4.6. Resumen del tránsito promedio diario

TPDS	348
VHMD	35
A%	62%
B%	0%
C%	5%
M%	32%

5.5. Proyecciones de transito

Debido a las inversiones tan importantes que se hacen en este tipo de obras, y teniendo en cuenta que estos proyectos deben tener un periodo de vida útil que satisfagan las necesidades de los usuarios, es necesario proyectar el número de vehículos que transitará sobre el corredor en un periodo determinado, esto con el fin de evaluar tanto la capacidad, nivel de servicio y a su vez, realizar el cálculo de ejes equivalentes o espectros de carga.

5.5.1. Transito atraído.

El tránsito atraído es el tráfico que hoy hace uso de otra infraestructura vial y que utilizará el proyecto por las ventajas o beneficios que se ofrece tales como mejoras en las condiciones de circulación, disminución en los costos globales de operación y en los tiempos de viaje. La cuantificación del tránsito atraído se puede hacer con base en estudios de origen y destino o por medio de un estudio de utilización del proyecto por usuarios potenciales.

De acuerdo con las recomendaciones dadas en el Manual de Diseño de Pavimentos con Bajos Volúmenes de Tránsito, del Instituto Nacional de Vías, al no contar con información detallada se puede utilizar el criterio del Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, que señala que el tránsito atraído puede ser cuantificado tomando un porcentaje entre el 5% y 25% del tránsito normal, con un período de aparición de uno o dos años

después que la carretera ha sido abierta al servicio, de acuerdo al criterio del consultor se toma como transito atraído un valor del 15%, considerando el promedio de un escenario optimista (25%) y pesimista (5%).

5.5.2. Transito generado.

El tránsito generado es aquel que se origina por el proyecto mismo, debido a mejores condiciones de oferta. Es decir, es el crecimiento generado por la construcción de una vía nueva o por el mejoramiento de una existente, en referencia a la producción agropecuaria, comercial, turística, minera o industrial.

Para cuantificar el tránsito generado, se debe organizar una detallada apreciación de la producción, desarrollo de recursos, uso de suelos y necesidad de transporte que se requiere en el área de influencia del proyecto, así como el incremento que se presenta debido al mejoramiento en la calidad de vida de sus habitantes, labor que queda por fuera del alcance de este estudio.

En caso de no disponer de esta clase de información, el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) propone el empleo de factores derivados del seguimiento continuo de proyectos de pavimentación ejecutados en diferentes regiones del país. Estos factores varían en función de las condiciones socioeconómicas del área de influencia del proyecto y de la cantidad de población beneficiada.

5.5.3. Transito Normal

El transito normal hace referencia al volumen vehicular que servirá como base para el cálculo del tráfico proyectado a los diferentes periodos de operación, para ello se toma el volumen del tráfico actual y se le suma el tráfico atraído y el generado, de acuerdo a los porcentajes sugeridos por el manual de INVIAS.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los cálculos del tránsito normal, por cada una de las estaciones de conteo.

Tabla 12: Resumen del cálculo del tránsito normal- estación 1

TRANSITO ATRAIDO												
DIA	%	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	15	33	0	1	17	2	0	0	0	0	0	53
TRANSITO GENERADO												
DIA	%	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	5.5	11	0	0	6	1	0	0	0	0	0	18
TRANSITO NORMAL												
DIA		AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	DOBLE	261	2	7	135	13	4	2	1	0	0	425

Fuente Elaboración propia

Tabla 13 Resumen del cálculo del tránsito normal- estación 2

TRANSITO ATRAIDO												
DIA	%	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	15	19	0	0	9	2	0	0	0	0	0	30
TRANSITO GENERADO												
DIA	%	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	5.5	6	0	0	3	1	0	0	0	0	0	10
TRANSITO NORMAL												
DIA		AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	DOBLE	149	1	2	72	13	2	2	0	0	0	241

Fuente Elaboración propia

Tabla 14 Resumen del cálculo del tránsito normal- estación 3

TRANSITO ATRAIDO												
DIA	%	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	15	21	0	0	11	2	0	0	0	0	0	35
TRANSITO GENERADO												
DIA	%	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	5.5	7	0	0	4	1	0	0	0	0	0	12
TRANSITO NORMAL												
DIA		AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C4	>C5	TPDS/SENTIDO
TOTAL	DOBLE	171	2	3	87	13	3	2	1	0	0	281

Fuente Elaboración propia

5.5.4. Cálculo de la proyección del transito

De acuerdo a la tasa de crecimiento calculada y al resultado del tránsito base obtenido, se proyecta los volúmenes vehiculares para los diferentes años de operación del corredor, usando un factor de crecimiento poblacional del 2% teniendo en cuenta lo siguiente:

Clasificación y jerarquía vial: Se trata de una vía terciaria de carácter rural, cuyo tráfico se compone principalmente de vehículos livianos y carga menor. Este tipo de vías, según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS y guías de proyección de tránsito, presenta crecimientos moderados debido a la baja densidad poblacional y a la ausencia de corredores industriales o logísticos de gran escala.

Condiciones socioeconómicas locales: I presenta un crecimiento poblacional y económico estable, sin evidencia de desarrollos urbanísticos o industriales de gran impacto. producción se centra en agricultura, ganadería y minería a pequeña escala, actividades que históricamente generan incrementos moderados.

Criterios técnicos y referencias normativas: El uso de una tasa de crecimiento del 2.5% está dentro de los rangos recomendados por el INVÍAS (2%–3% para vías terciarias en zonas rurales), así como en estudios de factibilidad de proyectos viales de características similares. Este valor refleja un escenario realista y prudente para dimensionar la infraestructura, evitando sobreestimar las cargas de diseño.

Sostenibilidad de la proyección: La adopción de un crecimiento moderado garantiza que las estimaciones de Tránsito Promedio Diario (TPD) y ejes equivalentes para el horizonte de diseño sean representativas de la realidad local, permitiendo optimizar recursos y prolongar la vida útil de la estructura de pavimento.

Tabla 15 Transito proyectado a 20 años para la estación 1

AÑOS PERIODO DE DISEÑO	AÑO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	TPD TOTAL	TASA DE CRECIMIENTO %
0	2025	261	2	7	135	13	4	2	1	0	0	425	2.5%
1	2026	266	2	7	139	14	4	2	1	0	0	433	2.5%
2	2027	271	2	8	142	14	4	2	1	0	0	441	2.5%
3	2028	277	2	8	146	14	4	2	1	0	0	449	2.5%
4	2029	282	2	8	149	15	4	2	1	0	0	457	2.5%
5	2030	288	2	8	153	15	4	3	1	0	0	466	2.5%
6	2031	293	2	8	157	15	5	3	1	0	0	475	2.5%
7	2032	299	2	9	161	16	5	3	1	0	0	484	2.5%
8	2033	305	2	9	165	16	5	3	1	0	0	493	2.5%
9	2034	311	2	9	169	16	5	3	1	0	0	502	2.5%
10	2035	318	2	9	173	17	5	3	1	0	0	512	2.5%
11	2036	324	2	9	178	17	5	3	1	0	0	522	2.5%
12	2037	330	2	10	182	18	5	3	1	0	0	532	2.5%
13	2038	337	2	10	187	18	5	3	1	0	0	542	2.5%
14	2039	344	2	10	191	19	6	3	1	0	0	552	2.5%
15	2040	351	2	10	196	19	6	3	1	0	0	563	2.5%
16	2041	358	3	11	201	20	6	3	1	0	0	574	2.5%
17	2042	365	3	11	206	20	6	3	1	0	0	585	2.5%
18	2043	372	3	11	211	21	6	3	1	0	0	596	2.5%
19	2044	380	3	12	217	21	6	4	1	0	0	607	2.5%
20	2044	387	3	12	222	22	6	4	1	0	0	619	2.5%

Fuente Elaboración propia

Tabla 16 Transito proyectado a 20 años para la estación 2

AÑOS PERIODO DE DISEÑO	AÑO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	TPD TOTAL	TASA DE CRECIMIENTO %
0	2025	149	1	2	72	13	2	2	0	0	0	241	2.5%
1	2026	152	1	2	74	14	2	2	0	0	0	246	2.5%
2	2027	155	1	2	76	14	3	2	0	0	0	250	2.5%
3	2028	158	1	2	78	14	3	2	0	0	0	255	2.5%
4	2029	161	1	2	79	15	3	2	0	0	0	260	2.5%
5	2030	164	1	2	81	15	3	2	0	0	0	265	2.5%
6	2031	168	1	2	83	15	3	2	0	0	0	270	2.5%
7	2032	171	1	2	86	16	3	2	0	0	0	275	2.5%
8	2033	174	1	2	88	16	3	3	0	0	0	280	2.5%
9	2034	178	1	2	90	16	3	3	0	0	0	285	2.5%
10	2035	181	1	2	92	17	3	3	0	0	0	290	2.5%
11	2036	185	1	2	94	17	3	3	0	0	0	295	2.5%
12	2037	189	1	2	97	18	3	3	0	0	0	300	2.5%
13	2038	192	1	2	99	18	3	3	0	0	0	306	2.5%
14	2039	196	1	2	102	19	3	3	0	0	0	312	2.5%
15	2040	200	1	2	104	19	3	3	0	0	0	318	2.5%
16	2041	204	1	3	107	20	4	3	0	0	0	324	2.5%
17	2042	208	1	3	110	20	4	3	0	0	0	330	2.5%
18	2043	213	1	3	112	21	4	3	0	0	0	336	2.5%
19	2044	217	1	3	115	21	4	3	0	0	0	342	2.5%
20	2044	221	1	3	118	22	4	3	0	0	0	348	2.5%

Fuente Elaboración propia

Tabla 17 Transito proyectado a 20 años para la estación 3

AÑOS PERIODO DE DISEÑO	AÑO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	TPD TOTAL	TASA DE CRECIMIENTO %
0	2025	171	2	3	87	13	3	2	1	0	0	281	2.5%
1	2026	174	2	3	89	14	3	2	1	0	0	286	2.5%
2	2027	178	2	3	91	14	3	2	1	0	0	291	2.5%
3	2028	181	2	3	93	14	3	2	1	0	0	296	2.5%
4	2029	185	2	3	96	15	3	2	1	0	0	301	2.5%
5	2030	189	2	3	98	15	3	2	1	0	0	307	2.5%
6	2031	192	2	3	101	15	3	2	1	0	0	313	2.5%
7	2032	196	2	3	103	16	3	2	1	0	0	319	2.5%
8	2033	200	2	3	106	16	4	3	1	0	0	325	2.5%
9	2034	204	2	3	108	16	4	3	1	0	0	331	2.5%
10	2035	208	2	4	111	17	4	3	1	0	0	337	2.5%
11	2036	212	2	4	114	17	4	3	1	0	0	343	2.5%
12	2037	217	2	4	117	18	4	3	1	0	0	349	2.5%
13	2038	221	2	4	120	18	4	3	1	0	0	355	2.5%
14	2039	225	2	4	123	19	4	3	1	0	0	362	2.5%
15	2040	230	2	4	126	19	4	3	1	0	0	369	2.5%
16	2041	234	3	4	129	20	4	3	1	0	0	376	2.5%
17	2042	239	3	4	132	20	4	3	1	0	0	383	2.5%
18	2043	244	3	4	135	21	5	3	1	0	0	390	2.5%
19	2044	249	3	4	139	21	5	3	1	0	0	397	2.5%
20	2044	254	3	4	142	22	5	3	1	0	0	404	2.5%

Fuente Elaboración propia

5.6. Cuantificación del tránsito en ejes equivalentes

5.6.1. Determinación del factor de daños para vehículos comerciales

Los factores de daño para los vehículos comerciales se tomaron a partir del Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, en su segunda versión 2018, estos factores se presentan a continuación.

Tabla 18 Factores de daño vehículos comerciales

TIPO DE VEHICULO	FACTOR DAÑO AASHTO
AUT	0
OS	0.81
BUS	0.31
ES	4.03
C2P	5.22
C2G	5.22
C3	8.16
C	6.75
4	
C	
5	
>C5	

Fuente Manual de diseño de pavimentos asfalticos para vías con medios y alto volúmenes de tránsito.

El tránsito para el diseño de pavimentos se determina mediante la multiplicación del número de vehículos que se esperan transiten en el periodo de diseño por el factor daño de cada vehículo. A partir de los datos del tránsito promedio diario esperado para cada año del periodo de diseño, se calcula el número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas por tipo de vehículo pesado, utilizando la siguiente expresión:

Ni =365 *Ci * Fi * Fd*Fc

Dónde:
Ni = Numero de ejes equivalentes de 8.2
Toneladas en el Año i Ci= Cantidad de vehículos comerciales diarios (TPD) del tipo i
Fi = Factor daño de vehículo comercial Tipo i
Fd= Factor de Distribución
Direccional Fc = Factor de distribución por carril

Para el cálculo del tránsito equivalente por carril de diseño, se debe determinar la distribución porcentual de vehículos pesados de acuerdo con las características particulares de las condiciones de tránsito en la vía en estudio.

En las siguientes tablas se presentan los criterios adoptados para la elección del factor de distribución direccional y factor de distribución por carril.

Tabla 19 Factor de distribución direccional (Fd) según el ancho de la calzada.

ANCHO DE LA CALZADA	TRANSITO DE DISEÑO	Fd
Menos de 5 m	Total, en los dos sentidos	1
Igual o mayor de 5m y menor de 6m	3/4 de total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor de 6m	1/2 de total en los dos sentidos	0.50

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con medios y alto volúmenes de tránsito.

Tabla 20 Factor de distribución por carril (Fc) según número de carriles por sentido.

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 pavimentos asfálticos para vías con medios y alto volúmenes de tránsito.

Teniendo en cuenta que la vía en estudio cuenta con un solo carril por sentido, y que la distribución de los flujos por dirección es aproximadamente 50/50, se asume un factor de distribución por carril de 1 y un factor de distribución direccional de 0.5, teniendo en cuenta adicionalmente que el ancho de la calzada es igual a 6m.

El mayor valor del número de ejes equivalentes resulta de los volúmenes obtenidos en la estación 1, por lo tanto, a continuación, se presenta en la siguiente tabla los respectivos valores referidos a estos volúmenes, de la misma manera se presenta los valores obtenidos en la estación 2.

Tabla 21 Total número de ejes equivales calculado en la estación 1

AÑOS PERIODO DE DISEÑO	AÑO	BUSES	EJES BUSES	C2P	EJES CP2	C2G	EJE C2G	C3	EJES C3	C4	EJES C4	C5	EJES C5	EJES EQUIVALENTES NC50	EJES EQUIVALENTES 90%
	2025	2	253	13	747	4	2900	2	2123	0	0	0	0	5197	6023
1	2026	2	260	14	99	4	2972	2	2176	0	0	0	0	4752	5508
2	2027	2	266	14	102	4	3047	2	2231	0	0	0	0	4871	5645
3	2028	2	273	14	104	4	3123	2	2286	0	0	0	0	4992	5786
4	2029	2	280	15	107	4	3201	2	2343	0	0	0	0	5117	5931
5	2030	2	287	15	110	4	3281	3	2402	0	0	0	0	5245	6079
6	2031	2	294	15	112	5	3363	3	2462	0	0	0	0	5376	6231
7	2032	2	301	16	115	5	3447	3	2524	0	0	0	0	5511	6387
8	2033	2	309	16	118	5	3533	3	2587	0	0	0	0	5649	6547
9	2034	2	316	16	121	5	3622	3	2651	0	0	0	0	5790	6711
10	2035	2	324	17	124	5	3712	3	2718	0	0	0	0	5934	6878
11	2036	2	333	17	127	5	3805	3	2786	0	0	0	0	6083	7050
12	2037	2	341	18	130	5	3900	3	2855	0	0	0	0	6235	7227
13	2038	2	349	18	134	5	3998	3	2927	0	0	0	0	6391	7407
14	2039	2	358	19	137	6	4097	3	3000	0	0	0	0	6551	7592
15	2040	2	367	19	140	6	4200	3	3075	0	0	0	0	6714	7782
16	2041	3	376	20	144	6	4305	3	3152	0	0	0	0	6882	7977
17	2042	3	386	20	148	6	4412	3	3230	0	0	0	0	7054	8176
18	2043	3	395	21	151	6	4523	3	3311	0	0	0	0	7231	8381
19	2044	3	405	21	155	6	4636	4	3394	0	0	0	0	7411	8590
20	2045	3	415	22	159	6	4752	4	3479	0	0	0	0	7597	8805
							TONELADAS EN EL CARRL DE DISEÑO (PERIODO 20 AÑOS)							121386	1.41E+05

Fuente Elaboración propia

Tabla 22 Total número de ejes equivales calculado en la estación 2

AÑOS PERIODO DE DISEÑO	AÑO	BUSES	EJES BUSES	C2P	EJES CP2	C2G	EJE C2G	C3	EJES C3	C4	EJES C4	C5	EJES C5	EJES EQUIVALENTES NC50	EJES EQUIVALENTES 90%
	2025	1	127	13	747	2	1765	2	1960	0	0	0	0	3967	4598
1	2026	1	130	14	50	2	1809	2	2009	0	0	0	0	3449	3998
2	2027	1	133	14	51	3	1855	2	2059	0	0	0	0	3535	4098
3	2028	1	136	14	52	3	1901	2	2110	0	0	0	0	3624	4200
4	2029	1	140	15	54	3	1948	2	2163	0	0	0	0	3714	4305
5	2030	1	143	15	55	3	1997	2	2217	0	0	0	0	3807	4413
6	2031	1	147	15	56	3	2047	2	2273	0	0	0	0	3902	4523
7	2032	1	151	16	58	3	2098	2	2330	0	0	0	0	4000	4636
8	2033	1	154	16	59	3	2151	3	2388	0	0	0	0	4100	4752
9	2034	1	158	16	61	3	2204	3	2447	0	0	0	0	4202	4871
10	2035	1	162	17	62	3	2260	3	2509	0	0	0	0	4307	4992
11	2036	1	166	17	64	3	2316	3	2571	0	0	0	0	4415	5117
12	2037	1	170	18	65	3	2374	3	2636	0	0	0	0	4525	5245
13	2038	1	175	18	67	3	2433	3	2702	0	0	0	0	4639	5376
14	2039	1	179	19	69	3	2494	3	2769	0	0	0	0	4755	5511
15	2040	1	184	19	70	3	2556	3	2838	0	0	0	0	4873	5648
16	2041	1	188	20	72	4	2620	3	2909	0	0	0	0	4995	5790
17	2042	1	193	20	74	4	2686	3	2982	0	0	0	0	5120	5934
18	2043	1	198	21	76	4	2753	3	3057	0	0	0	0	5248	6083
19	2044	1	203	21	78	4	2822	3	3133	0	0	0	0	5379	6235
20	2045	1	208	22	79	4	2892	3	3211	0	0	0	0	5514	6391
							TONELADAS EN EL CARRL DE DISEÑO (PERIODO 20 AÑOS)							88104	1.02E+05

Fuente Elaboración propia

Tabla 23 Total número de ejes equivales calculado en la estación 3

AÑOS PERIODO DE DISEÑO	AÑO	BUSES	EJES BUSES	C2P	EJES CP2	C2G	EJE C2G	C3	EJES C3	C4	EJES C4	C5	EJES C5	EJES EQUIVALENTES NC50	EJES EQUIVALENTES 90%
	2025	2	253	13	747	3	2143	2	1960	0	0	0	0	4403	5103
1	2026	2	260	14	99	3	2197	2	2009	0	0	0	0	3938	4565
2	2027	2	266	14	102	3	2252	2	2059	0	0	0	0	4037	4679
3	2028	2	273	14	104	3	2308	2	2110	0	0	0	0	4138	4796
4	2029	2	280	15	107	3	2366	2	2163	0	0	0	0	4241	4916
5	2030	2	287	15	110	3	2425	2	2217	0	0	0	0	4347	5039
6	2031	2	294	15	112	3	2486	2	2273	0	0	0	0	4456	5165
7	2032	2	301	16	115	3	2548	2	2330	0	0	0	0	4567	5294
8	2033	2	309	16	118	4	2612	3	2388	0	0	0	0	4682	5426
9	2034	2	316	16	121	4	2677	3	2447	0	0	0	0	4799	5562
10	2035	2	324	17	124	4	2744	3	2509	0	0	0	0	4919	5701
11	2036	2	333	17	127	4	2812	3	2571	0	0	0	0	5042	5843
12	2037	2	341	18	130	4	2883	3	2636	0	0	0	0	5168	5989
13	2038	2	349	18	134	4	2955	3	2702	0	0	0	0	5297	6139
14	2039	2	358	19	137	4	3029	3	2769	0	0	0	0	5429	6293
15	2040	2	367	19	140	4	3104	3	2838	0	0	0	0	5565	6450
16	2041	3	376	20	144	4	3182	3	2909	0	0	0	0	5704	6611
17	2042	3	386	20	148	4	3261	3	2982	0	0	0	0	5847	6777
18	2043	3	395	21	151	5	3343	3	3057	0	0	0	0	5993	6946
19	2044	3	405	21	155	5	3427	3	3133	0	0	0	0	6143	7120
20	2045	3	415	22	159	5	3512	3	3211	0	0	0	0	6296	7298
							TONELADAS EN EL CARRL DE DISEÑO (PERIODO 20 AÑOS)							100607	1.17E+05

Fuente Elaboración propia

5.6.2. Determinación del espectro de cargas para el diseño de pavimentos rígidos.

Para el proyecto de diseño de pavimentos rígidos mediante el método del PCA, se realiza la separación por cada tipo de ejes, tomando como criterio la configuración de los vehículos y sus respectivos pesos máximos por eje definidos por el ministerio del transporte.

En la determinación de la cantidad de ejes se toman las mismas consideraciones de funcionamiento del sistema y la distribución en las diferentes calzadas y carriles. Los datos se distribuyen por tipo de eje y por peso.

Teniendo en cuenta los siguientes procedimientos para su obtención:

5.6.3. Clasificación de ejes y pesos: Para obtener el espectro de cargas, se identifican y clasifican los vehículos que circulan en la vía, separándolos por tipo de eje: ejes sencillos, tándem y trídem. Estos se corresponden con los tipos de configuraciones de vehículos más comunes que se encuentran en las estaciones de aforo. Para cada tipo de eje, se consideran los pesos máximos permitidos, como se especifica en la normativa del Ministerio de Transporte.

5.6.4. Distribución de Cargas por Tipo de Eje: En función de los datos de tránsito obtenidos de las estaciones de conteo, se distribuyen las cargas según el número y tipo de ejes de los vehículos en circulación. Además, se realiza una segmentación de los pesos de los ejes, en este caso, utilizando los valores proporcionados en la tabla del informe, que incluyen los diferentes rangos de peso para cada tipo de eje (3 Ton, 3.5 Ton, 6 Ton, etc.).

5.6.5. Determinación de números de ejes equivalentes (NEE): Se calculó el Número de Ejes Equivalentes (NEE) para cada tipo de eje y se aplicó el factor de conversión correspondiente, de acuerdo con la norma para pavimentos rígidos. El valor de NEE de cada estación de aforo fue ajustado a un nivel de confianza del 90%, utilizando la fórmula para el tránsito de diseño:

$$N'_{\text{diseño}} = N \times 10^{(0.05 \times Z_r)}$$

Donde NNN es el número de ejes por tipo de vehículo, y ZrZ_rZr es el factorrelacionado con el nivel de confianza (en este caso, 90%).

5.6.6. Selección del Mayor NEE para el Diseño: Para garantizar la seguridad y durabilidad del pavimento, se seleccionó el NEE mayor entre las tres estaciones de aforo. Esto asegura que el pavimento diseñado resista la mayor carga posible y prevenga el deterioro prematuro, considerando las condiciones de tráfico más exigentes, como se relaciona a continuación:

Tabla 24 Resultados del Número de Ejes Equivalentes (NEE) por estación de aforo

Estación de aforo	NEE (ejes equivalentes)	Observación
Estación 1	1.20×10^5	Condición intermedia
Estación 2	**1.45×10^5**	**Valor crítico adoptado para diseño**
Estación 3	1.10×10^5	Menor solicitación

Fuente Elaboración propia

Para el diseño de la estructura de pavimento, se realizó el análisis del tránsito de manera independiente para cada uno de los tramos evaluados, considerando sus características particulares de volumen y composición vehicular. No obstante, se identificó una condición de homogeneidad funcional y operativa entre los segmentos del proyecto, razón por la cual se adopta como criterio de diseño el valor crítico

correspondiente al mayor Número de Ejes Equivalentes (NEE), en este caso 1.45×10^5. Este enfoque se fundamenta en un criterio conservador recomendado por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, con el fin de garantizar la durabilidad de la estructura y evitar subdimensionamientos en los sectores con mayor solicitación de carga.

6. ESTUDIO DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

6.1. Análisis de capacidad y nivel de servicio

El diagnóstico de la capacidad y nivel de servicio para la vía objeto del presente estudio, se basa en información existente y la recopilada en campo, utilizando el modelo propuesto por el Instituto Nacional de Vías Colombiano (INVIAS) en la tercera versión del Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles.

6.1.1. Cálculo de capacidad vial

Para determinar la capacidad de una vía, se parte de una capacidad ideal de la misma (3200 automóviles por hora en ambos sentidos), la cual se ve reducida al ser multiplicada por varios factores de corrección que representan la medida aproximada en que la vía real se aleja de las condiciones ideales. El producto de multiplicar la capacidad ideal de la vía por los diferentes factores de corrección representa la capacidad para las condiciones específicas de la vía en vehículos de todas las clases por hora.

C_i = 3200 automóviles/hora/ambos sentidos

$$C60 = 3200 * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p$$

F_{pe}: Factor de corrección a la capacidad por pendiente

F_d: Factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos

F_{cb}: Factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (Ver Tabla 30) **F_p**: Factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Ver Tabla 31), se calcula con la siguiente formula.

$$F_p = \frac{1}{1-P_c\,(E_{cb}-1)}$$

$$Pc = \%B+\%C$$

Debido a que las condiciones de demanda no son uniformes, sino que existen variaciones aleatorias que generan situaciones indeseables en el flujo vehicular, se ha optado por reducir la capacidad mediante un factor de hora pico (FHP) que considera dichas variaciones aleatorias en un periodo de cinco minutos, de modo que se tiene:

$$C5 = C60 \square FHP$$

Dónde:

C5: Capacidad en vehículos mixtos por hora considerando variables aleatorias. **FHP:** Factores de pico horario en periodos de cinco minutos. (Ver Tabla 32).

A continuación, se relacionan los cuadros correspondientes a los diferentes factores de corrección.

Tabla 25 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe)

	Longitud de la pendiente (km)											
Pendiente	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
3	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
4	0.98	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
5	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
6	0.97	0.95	0.92	0.91	0.91	0.9	0.9	0.9	0.89	0.89	0.89	0.89
7	0.96	0.93	0.91	0.89	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86
8	0.96	0.92	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
9	0.94	0.89	0.85	0.83	0.82	0.81	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
10	0.92	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74
11	0.9	0.81	0.76	0.73	0.72	0.71	0.7	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68
12	0.87	0.76	0.71	0.68	0.67	0.64	0.64	0.63	0.63	0.61	0.61	0.61

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles — INVIAS - 2020

Tabla 26 Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd)

	% de zonas de no rebase					
Distribución por sentidos (% en ascenso)	0	20	40	60	80	100
50	1	1	1	1	1	1
60	0.9	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83
70	0.82	0.8	0.78	0.76	0.74	0.71
80	0.75	0.72	0.7	0.67	0.65	0.63
90	0.69	0.66	0.64	0.61	0.58	0.56
100	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53	0.5

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles — INVIAS - 2020

En caso de que no se disponga de la información relacionada del % de zonas de rebase, se puede utilizar la siguiente tabla sugerida por el manual.

Tabla 27 Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos — Cuando no se dispone del % de zona de rebase. (Fd)

Tipo de terreno	Porcentaje de zonas de no rebase %
Plano	0-20
Ondulado	20-40
Montañoso y Escarpado	40-100

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles — INVIAS – 2020

Tabla 28 Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del carril y ancho de la berma (Fcb)

Ancho de carril (m)				
Berna	**3.65**	**3.5**	**3.3**	**3**
1.8	1	0.99	0.98	0.96
1.5	0.99	0.99	0.98	0.95
1.2	0.99	0.98	0.97	0.95
1	0.99	0.98	0.97	0.94
0.5	0.98	0.97	0.96	0.93
0	0.97	0.96	0.95	0.92

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles — INVIAS – 2020

Tabla 29 Factores de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendente

(Fp)

Equivalentes camión factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Ec)							
Pendiente ascendente %	Longitud de la pendiente (km)	Porcentaje de vehiculos pesados (buses más camiones)					
		10	20	30	40	50	60
0	0.5	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	1	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	1.5	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	2	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	3	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	4	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	5	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
1	0.5	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
1	1	1.64	1.62	1.54	1.51	1.5	1.5
1	1.5	1.75	1.68	1.59	1.55	1.5	1.5
1	2	1.87	1.75	1.59	1.55	1.53	1.53
1	3	1.99	1.75	1.63	1.55	1.53	1.53
1	4	1.99	1.75	1.63	1.59	1.56	1.56
1	5	2.11	1.75	1.68	1.59	1.56	1.56
2	0.5	1.64	1.56	1.59	1.51	1.5	1.5
2	1	1.75	1.68	1.59	1.55	1.53	1.53
2	1.5	1.87	1.68	1.63	1.59	1.53	1.53
2	2	2.11	1.81	1.68	1.63	1.56	1.56
2	3	2.36	1.88	1.73	1.66	1.63	1.62
2	4	2.49	1.95	1.78	1.71	1.67	1.65
2	5	2.63	2.02	1.83	1.75	1.7	1.65
3	0.5	1.64	1.62	1.63	1.59	1.56	1.56
3	1	1.87	1.75	1.68	1.63	1.6	1.56
3	1.5	2.24	1.88	1.78	1.71	1.67	1.62
3	2	2.49	2.02	1.83	1.75	1.7	1.68
3	3	2.63	2.1	1.89	1.79	1.74	1.71
3	4	2.76	2.17	1.94	1.83	1.78	1.71
3	5	2.9	2.25	1.94	1.83	1.78	1.75
4	0.5	1.75	1.68	1.68	1.63	1.63	1.59
4	1	2.24	2.02	1.83	1.75	1.7	1.68

Pendiente ascendente %	Longitud de la pendiente (km)	Porcentaje de vehiculos pesados (Buses mas camiones)					
		10	20	30	40	50	60
4	1.5	2.9	2.17	2	1.88	1.78	1.75
4	2	3.05	2.33	2.05	1.92	1.86	1.78
4	3	3.2	2.41	2.11	2.02	1.94	1.86
4	4	3.35	2.49	2.17	2.02	1.94	1.9
4	5	3.5	2.49	2.23	2.07	1.99	1.94
5	0.5	1.87	1.81	1.73	1.71	1.67	1.62
5	1	2.76	2.25	2	1.88	1.82	1.75
5	1.5	3.2	2.41	2.11	2.02	1.9	1.9
5	2	3.5	2.49	2.23	2.07	1.99	1.98
5	3	3.66	2.67	2.3	2.12	2.03	1.98
5	4	3.82	2.76	2.36	2.18	2.08	2.02
5	5	3.99	2.76	2.43	2.23	2.13	2.02
6	0.5	2.11	1.95	1.89	1.79	1.74	1.71
6	1	3.35	2.49	2.23	2.07	1.99	1.9
6	1.5	3.66	2.67	2.36	2.18	2.08	1.98
6	2	3.99	2.76	2.43	2.23	2.13	2.02
6	3	4.16	2.94	2.5	2.29	2.17	2.07
6	4	4.33	2.94	2.57	2.35	2.17	2.11
6	5	4.33	3.04	2.64	2.41	2.23	2.16
7	0.5	2.24	2.1	1.94	1.88	1.82	1.78
7	1	3.82	2.76	2.36	2.23	2.13	2.07
7	1.5	4.16	2.94	2.57	2.35	2.23	2.16
7	2	4.51	3.14	2.64	2.47	2.33	2.26
7	3	4.89	3.35	2.64	2.6	2.45	2.31
7	4	5.08	3.46	2.88	2.67	2.51	2.36
7	5	5.08	3.46	2.96	2.67	2.51	2.42
8	0.5	2.49	2.17	2.05	1.92	1.86	1.82
8	1	4.16	2.94	2.57	2.35	2.23	2.16
8	1.5	4.7	3.25	2.79	2.53	2.39	2.31
8	2	5.08	3.46	2.96	2.67	2.51	2.48
8	3	5.49	3.69	3.13	2.81	2.64	2.48
8	4	5.71	3.81	3.22	2.89	2.7	2.54
8	5	5.93	3.94	3.22	2.96	2.77	2.6
9	0.5	2.63	2.33	2.17	2.02	1.94	1.9

Pendiente ascendente %	Longitud de la pendiente (km)	Porcentaje de vehiculos pesados (Buses mas camiones)					
		10	20	30	40	50	60
9	1	4.51	3.14	2.64	2.41	2.33	2.21
9	1.5	5.08	3.46	2.88	2.67	2.51	2.36
9	2	5.29	3.58	3.04	2.74	2.57	2.48
9	3	5.71	3.81	3.22	2.89	2.7	2.6
9	4	5.93	3.94	3.32	2.96	2.77	2.67
9	5	6.15	4.06	3.41	3.05	2.85	2.67
10	0.5	3.05	2.58	2.3	2.18	2.08	2.16
10	1	5.29	3.58	3.04	2.74	2.57	2.54
10	1.5	5.71	3.81	3.13	2.81	2.64	2.67
10	2	6.15	4.06	3.41	3.05	2.85	2.81
10	3	6.38	4.2	3.51	3.13	2.92	2.88
10	4	6.63	4.33	3.62	3.22	3	2.96
10	5	6.87	4.47	3.73	3.31	3.08	3.04
11	0.5	3.66	2.94	2.57	2.35	2.23	2.16
11	1	5.49	3.69	3.13	2.81	2.64	2.54
11	1.5	6.15	4.06	3.41	3.05	2.85	2.67
11	2	6.63	4.33	3.51	3.13	2.92	2.81
11	3	6.87	4.47	3.73	3.31	3.08	2.88
11	4	7.13	4.62	3.84	3.4	3.17	2.96
11	5	7.39	4.77	3.96	3.5	3.26	3.04
12	0.5	3.99	3.25	2.79	2.53	2.39	2.31
12	1	6.15	4.06	3.32	3.05	2.85	2.67
12	1.5	6.63	4.33	3.62	3.22	3	2.81
12	2	7.13	4.62	3.73	3.31	3.08	2.96
12	3	7.39	4.77	3.96	3.5	3.17	3.04
12	4	7.67	4.93	3.96	3.6	3.26	3.12
12	5	7.95	5.09	4.08	3.6	3.35	3.21

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles – INVIAS - 2020

Tabla 30 Factores de pico horario basado en periodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos

aleatorias (FPH)

Volumen horario total Veh/h (C60)	Factor de pico horario	Volumen horario total Veh/h (C60) 2	Factor de pico horario 2
100	0.68	1400	0.89
200	0.7	1600	0.9
300	0.72	1800	0.92
400	0.74	2000	0.93
600	0.78	2200	0.95
800	0.81	2400	0.95
1000	0.84	2600	0.96
1200	0.86	2800	0.97

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles – INVIAS - 2020

6.1.2. Nivel de servicio según INVIAS.

De acuerdo al Manual de capacidad y nivel de servicio del INVIAS 2020 se han definido seis niveles de servicio, los cuales se presentan a continuación.

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 ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia 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 o existir 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 estas se caracteriza por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.

Para determinar el Nivel de Servicio de una vía de dos carriles con dos sentidos de circulación, se ha seleccionado como indicador de efectividad la velocidad media de recorrido de los vehículos que integran la corriente vehicular, comprendiendo tanto vehículos ligeros como pesados, el cálculo del nivel de servicio comprende los siguientes pasos.

- Determinar la velocidad ideal de automóviles a flujo libre V1 de la Tabla 33 conociendo la inclinación de la pendiente ascendente en estudio y su longitud. Se obtiene la velocidad media de automóviles, en condiciones ideales.

- Determinar el factor de corrección por el efecto del factor de utilización (f_u) de la Tabla 34, conociendo la relación Volumen-Capacidad. Ambas variables son las correspondientes a sesenta minutos. Ese volumen se designa con el símbolo Q.

$$\text{Factor de utilización (v/c)} = Q / C_{60}$$

- Determinar el factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb) de la Tabla 35 conociendo el ancho utilizable de la berma y el del carril

- Calcular la velocidad $V2 = V1 \times f_u \times f_{cb}$.

- Calcular el valor inicial del factor de corrección por la presencia de vehículos pesados (fp) aplicando la Tabla 36, para determinar la equivalencia vehicular de los camiones de acuerdo con la pendiente y la longitud de la pendiente. Solo se considera el porcentaje de camiones, se aplica la siguiente formula.

$$f_p = 1/1 + \%C(Ec-1)$$

- Determinar el factor de corrección por tortuosidad del tramo en estudio.
- Calcular la velocidad del tramo en estudio que es igual a: $VM = V2 \times f_p \times f_t$

- Para determinar el N de S se calcula el porcentaje que se ha perdido con referencia a la velocidad Ideal que es 90 kph y con el tipo de terreno.

Tabla 31 Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (Vi)

	Longitud de la pendiente (km)											
PEND. ASC. %	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
1	88	86	86	86	85	85	85	85	85	85	85	85
2	86	82	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80
3	83	79	77	76	75	75	75	75	75	75	75	75
4	82	77	74	72	70	70	69	69	69	69	68	68
5	81	74	70	68	66	66	65	65	64	64	64	64
6	80	73	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60
7	78	69	63	60	59	56	55	55	54	54	54	54
8	76	66	60	55	54	52	51	51	50	50	49	49
9	70	59	52	49	48	46	44	44	43	43	43	43
10	66	52	46	42	41	40	39	38	38	37	37	37
11	61	46	39	38	35	34	33	31	31	30	30	30
12	55	39	34	30	29	27	27	26	26	25	25	25

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles – INVIAS - 2020

Tabla 32 Factores de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (Fu)

Relación Volumen-Capacidad Q/C60	Factor de corrección fu
0.1	0.99
0.2	0.98
0.3	0.96
0.4	0.92
0.5	0.87
0.6	0.82
0.7	0.75
0.8	0.68
0.9	0.59
1	0.5

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles – INVIAS - 2020

Tabla 33 Factores de corrección al nivel de servicio por efecto combinado de ancho del carril y berma (Fcb)

	Ancho de carril (m)				
Ancho de la berma (m)	3.65	3.5	3.3	3	2.7
1.8	1	0.97	0.93	0.85	0.73
1.5	0.98	0.95	0.91	0.83	0.71
1.2	0.96	0.93	0.89	0.81	0.7
1	0.95	0.92	0.88	0.8	0.69
0.5	0.91	0.88	0.84	0.76	0.66
0	0.88	0.85	0.81	0.73	0.63

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles – INVIAS – 2020

Tabla 34 Factores de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp)

			Porcentaje de vehículos pesados (Camiones)									
Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano (pendiente longitudinal <3 %)	0.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	50	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	60	1.01	1.16	1.18	1.20	1.21	1.21	1.20	1.19	1.19	1.18
	0.5	70	1.43	1.42	1.36	1.34	1.32	1.30	1.28	1.27	1.26	1.24
	0.5	80	1.86	1.65	1.52	1.46	1.42	1.38	1.36	1.33	1.31	1.30
	0.5	90	2.16	1.80	1.62	1.54	1.49	1.44	1.40	1.37	1.35	1.33
	1	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1	50	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1	60	1.09	1.21	1.22	1.23	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.20
	1	70	1.67	1.54	1.45	1.41	1.38	1.35	1.32	1.30	1.29	1.27
	1	80	2.26	1.85	1.66	1.57	1.51	1.46	1.42	1.39	1.36	1.34
	1	90	2.57	2.02	1.77	1.65	1.58	1.52	1.47	1.43	1.41	1.38
	1.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1.5	50	1.00	1.00	1.05	1.10	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
	1.5	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	1.5	70	1.79	1.61	1.49	1.44	1.41	1.37	1.34	1.32	1.30	1.29
	1.5	80	2.50	1.98	1.74	1.63	1.56	1.50	1.46	1.42	1.40	1.37
	1.5	90	2.93	2.20	1.89	1.75	1.66	1.59	1.53	1.48	1.45	1.42

			Porcentaje de vehículos pesados									
Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano (pendiente longitudinal <3 %)	2	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2	50	1.00	1.02	1.06	1.11	1.14	1.14	1.15	1.14	1.15	1.14
	2	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	2	70	1.84	1.63	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.31	1.29
	2	80	2.50	1.98	1.74	1.63	1.56	1.50	1.46	1.42	1.40	1.37
	2	90	2.99	2.23	1.91	1.77	1.67	1.60	1.54	1.49	1.46	1.43
	2.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2.5	50	1.00	1.02	1.06	1.11	1.14	1.14	1.15	1.14	1.15	1.14
	2.5	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	2.5	70	1.84	1.63	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.31	1.29
	2.5	80	2.60	2.03	1.78	1.66	1.58	1.52	1.48	1.43	1.41	1.38
	2.5	90	3.04	2.26	1.93	1.78	1.68	1.61	1.55	1.50	1.47	1.44
	3	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3	50	1.00	1.02	1.06	1.11	1.14	1.14	1.15	1.14	1.15	1.14
	3	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	3	70	1.84	1.63	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.31	1.29
	3	80	2.65	2.06	1.79	1.67	1.60	1.53	1.48	1.44	1.42	1.39
	3	90	3.09	2.28	1.95	1.79	1.69	1.62	1.56	1.51	1.47	1.44
	3.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3.5	50	1.00	1.02	1.06	1.11	1.14	1.14	1.15	1.14	1.15	1.14
	3.5	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	3.5	70	1.84	1.63	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	1.31	1.29
	3.5	80	2.65	2.06	1.79	1.67	1.60	1.53	1.48	1.44	1.42	1.39
	3.5	90	3.09	2.28	1.95	1.79	1.69	1.62	1.56	1.51	1.47	1.44
ONDULADO (3 % <= pendiente longitudinal < 6 %)	0.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	50	1.01	1.12	1.16	1.19	1.20	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18
	0.5	60	1.51	1.46	1.39	1.36	1.34	1.32	1.30	1.28	1.27	1.25
	0.5	70	2.03	1.74	1.58	1.51	1.46	1.42	1.38	1.35	1.34	1.32
	0.5	80	2.57	2.01	1.77	1.65	1.58	1.52	1.47	1.43	1.41	1.38
	1	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14

	1	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1	40	1.00	1.00	1.05	1.10	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
	1	50	1.24	1.29	1.27	1.27	1.27	1.26	1.24	1.23	1.22	1.21
	1	60	2.14	1.79	1.61	1.53	1.48	1.44	1.40	1.37	1.35	1.33
	1	70	2.88	2.17	1.87	1.74	1.65	1.58	1.52	1.48	1.45	1.42
	1	80	3.68	2.59	2.16	1.95	1.83	1.73	1.65	1.59	1.55	1.51
	1.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1.5	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1.5	40	1.00	1.03	1.08	1.12	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
	1.5	50	1.44	1.43	1.37	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.26	1.25
	1.5	60	2.45	1.95	1.72	1.62	1.55	1.50	1.45	1.41	1.39	1.37
	1.5	70	3.44	2.47	2.07	1.89	1.77	1.68	1.61	1.56	1.52	1.48
	1.5	80	4.31	2.92	2.38	2.13	1.97	1.85	1.76	1.68	1.63	1.59
	2	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2	40	1.00	1.03	1.08	1.12	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
	2	50	1.48	1.45	1.38	1.36	1.34	1.31	1.29	1.27	1.26	1.25
	2	60	2.54	2.00	1.76	1.65	1.57	1.51	1.47	1.43	1.40	1.38
	2	70	3.50	2.50	2.10	1.91	1.79	1.69	1.62	1.57	1.53	1.49
	2	80	4.44	2.98	2.43	2.16	1.99	1.87	1.78	1.70	1.65	1.60
	2.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2.5	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2.5	40	1.00	1.05	1.09	1.13	1.15	1.16	1.16	1.15	1.15	1.15
	2.5	50	1.52	1.47	1.39	1.37	1.35	1.32	1.30	1.28	1.27	1.26
	2.5	60	2.60	2.03	1.78	1.66	1.58	1.52	1.48	1.43	1.41	1.38
	2.5	70	3.67	2.58	2.15	1.95	1.82	1.73	1.65	1.59	1.55	1.51
	2.5	80	4.63	3.08	2.50	2.21	2.04	1.91	1.81	1.73	1.68	1.63
	3	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3	40	1.00	1.05	1.09	1.13	1.15	1.16	1.16	1.15	1.15	1.15
	3	50	1.57	1.49	1.41	1.38	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.26
	3	60	2.69	2.07	1.81	1.68	1.60	1.54	1.49	1.45	1.42	1.39
	3	70	3.72	2.61	2.17	1.97	1.84	1.74	1.66	1.60	1.56	1.52
	3	80	4.63	3.08	2.50	2.21	2.04	1.91	1.81	1.73	1.68	1.63

			Porcentaje de vehículos pesados									
Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	3.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3.5	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3.5	40	1.01	1.07	1.10	1.14	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
	3.5	50	1.57	1.49	1.41	1.38	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.26
	3.5	60	2.74	2.10	1.83	1.70	1.62	1.55	1.50	1.46	1.43	1.40
	3.5	70	3.84	2.68	2.22	2.00	1.86	1.76	1.68	1.62	1.57	1.53
	3.5	80	4.69	3.12	2.52	2.23	2.05	1.92	1.82	1.74	1.68	1.63
Montañoso (6 % <= pendiente longitudinal < 9 %)	0.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	30	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	40	1.24	1.27	1.26	1.26	1.26	1.25	1.24	1.22	1.22	1.21
	0.5	50	2.09	1.76	1.60	1.52	1.47	1.43	1.39	1.36	1.34	1.32
	0.5	60	2.82	2.14	1.86	1.72	1.63	1.57	1.51	1.47	1.44	1.41
	0.5	70	3.60	2.55	2.13	1.93	1.81	1.71	1.64	1.58	1.54	1.50
	0.5	80	4.31	2.92	2.38	2.13	1.97	1.85	1.76	1.68	1.63	1.59
	1	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1	30	1.01	1.07	1.10	1.14	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
	1	40	2.07	1.75	1.59	1.52	1.47	1.42	1.39	1.36	1.34	1.32
	1	50	3.46	2.48	2.08	1.89	1.78	1.69	1.62	1.56	1.52	1.49
	1	60	4.65	3.10	2.50	2.22	2.04	1.91	1.81	1.73	1.68	1.63
	1	70	5.69	3.64	2.87	2.50	2.27	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75
	1	80	6.64	4.13	3.21	2.76	2.49	2.29	2.14	2.02	1.94	1.87
	1.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1.5	30	1.12	1.13	1.15	1.18	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.17
	1.5	40	2.33	1.89	1.68	1.59	1.53	1.47	1.43	1.40	1.37	1.35
	1.5	50	3.74	2.62	2.18	1.97	1.84	1.74	1.66	1.60	1.56	1.52
	1.5	60	4.91	3.23	2.60	2.29	2.10	1.96	1.86	1.77	1.71	1.66
	1.5	70	6.07	3.83	3.01	2.61	2.36	2.18	2.05	1.94	1.86	1.80
	1.5	80	6.90	4.26	3.30	2.83	2.54	2.34	2.18	2.06	1.97	1.90
	2	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2	30	1.16	1.16	1.18	1.20	1.21	1.20	1.20	1.19	1.19	1.18
	2	40	2.43	1.94	1.72	1.61	1.55	1.49	1.45	1.41	1.39	1.36
	2	50	3.86	2.68	2.22	2.00	1.87	1.76	1.68	1.62	1.57	1.53
	2	60	5.12	3.34	2.67	2.35	2.15	2.00	1.89	1.80	1.74	1.68

			Porcentaje de vehículos pesados									
Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	2	70	6.16	3.88	3.04	2.63	2.38	2.20	2.06	1.95	1.88	1.81
	2	80	7.17	4.41	3.40	2.91	2.60	2.39	2.23	2.10	2.01	1.93
	2.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2.5	30	1.19	1.20	1.20	1.22	1.22	1.22	1.21	1.20	1.20	1.19
	2.5	40	2.53	1.99	1.75	1.64	1.57	1.51	1.46	1.43	1.40	1.38
	2.5	50	4.04	2.78	2.29	2.05	1.91	1.80	1.71	1.64	1.60	1.56
	2.5	60	5.25	3.41	2.72	2.38	2.18	2.02	1.91	1.82	1.76	1.70
	2.5	70	6.31	3.96	3.09	2.67	2.41	2.22	2.09	1.97	1.90	1.83
	2.5	80	7.17	4.41	3.40	2.91	2.60	2.39	2.23	2.10	2.01	1.93
	3	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3	30	1.23	1.22	1.22	1.23	1.23	1.22	1.22	1.21	1.20	1.19
	3	40	2.53	1.99	1.75	1.64	1.57	1.51	1.46	1.43	1.40	1.38
	3	50	4.04	2.78	2.29	2.05	1.91	1.80	1.71	1.64	1.60	1.56
	3	60	5.33	3.45	2.74	2.40	2.19	2.04	1.92	1.83	1.77	1.71
	3	70	6.31	3.96	3.09	2.67	2.41	2.22	2.09	1.97	1.90	1.83
	3	80	7.17	4.41	3.40	2.91	2.60	2.39	2.23	2.10	2.01	1.93
	3.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3.5	30	1.23	1.22	1.22	1.23	1.23	1.22	1.22	1.21	1.20	1.19
	3.5	40	2.62	2.04	1.79	1.67	1.59	1.53	1.48	1.44	1.41	1.39
	3.5	50	4.09	2.80	2.30	2.07	1.92	1.80	1.72	1.65	1.60	1.56
	3.5	60	5.33	3.45	2.74	2.40	2.19	2.04	1.92	1.83	1.77	1.71
	3.5	70	6.40	4.01	3.12	2.70	2.43	2.24	2.10	1.99	1.91	1.84
	3.5	80	7.25	4.45	3.43	2.93	2.62	2.40	2.24	2.11	2.02	1.94
	4	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	4	30	1.23	1.24	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	4	40	2.67	2.07	1.80	1.68	1.60	1.54	1.49	1.45	1.42	1.39
	4	50	4.16	2.84	2.33	2.09	1.93	1.82	1.73	1.66	1.61	1.57
	4	60	5.40	3.49	2.77	2.42	2.21	2.05	1.94	1.84	1.78	1.72
	4	70	6.49	4.05	3.15	2.72	2.45	2.26	2.12	2.00	1.92	1.85
	4	80	7.35	4.50	3.46	2.95	2.64	2.42	2.26	2.13	2.03	1.95
	4.5	20	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	4.5	30	1.23	1.24	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20

			Porcentaje de vehículos pesados									
Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	4.5	40	2.67	2.07	1.80	1.68	1.60	1.54	1.49	1.45	1.42	1.39
	4.5	50	4.16	2.84	2.33	2.09	1.93	1.82	1.73	1.66	1.61	1.57
	4.5	60	5.40	3.49	2.77	2.42	2.21	2.05	1.94	1.84	1.78	1.72
	4.5	70	6.49	4.05	3.15	2.72	2.45	2.26	2.12	2.00	1.92	1.85
	4.5	80	7.45	4.55	3.50	2.98	2.67	2.44	2.27	2.14	2.05	1.96
ESCARPADO (pendiente longitudinal >= 9 %)	0.5	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	20	1.03	1.07	1.10	1.14	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.15
	0.5	30	2.10	1.77	1.60	1.52	1.47	1.43	1.39	1.36	1.34	1.32
	0.5	40	3.81	2.66	2.20	1.99	1.85	1.75	1.67	1.61	1.57	1.53
	0.5	50	5.23	3.40	2.71	2.38	2.17	2.02	1.91	1.82	1.75	1.70
	0.5	60	6.36	3.99	3.11	2.69	2.42	2.23	2.09	1.98	1.90	1.83
	0.5	70	6.86	4.25	3.29	2.82	2.54	2.33	2.18	2.05	1.97	1.89
	1	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1	20	1.43	1.32	1.28	1.28	1.27	1.26	1.25	1.23	1.22	1.22
	1	30	3.52	2.51	2.10	1.91	1.79	1.70	1.63	1.57	1.53	1.49
	1	40	5.36	3.46	2.75	2.41	2.20	2.04	1.93	1.84	1.77	1.71
	1	50	6.89	4.26	3.30	2.83	2.54	2.33	2.18	2.06	1.97	1.90
	1	60	8.01	4.84	3.69	3.13	2.79	2.54	2.36	2.22	2.12	2.03
	1	70	8.50	5.10	3.87	3.27	2.90	2.64	2.45	2.29	2.18	2.09
	1.5	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1.5	20	1.72	1.50	1.41	1.38	1.35	1.33	1.30	1.28	1.27	1.26
	1.5	30	3.98	2.75	2.26	2.04	1.89	1.78	1.70	1.64	1.59	1.55
	1.5	40	5.81	3.70	2.91	2.53	2.30	2.13	2.00	1.90	1.83	1.77
	1.5	50	7.29	4.47	3.44	2.94	2.63	2.41	2.25	2.12	2.02	1.94
	1.5	60	8.47	5.08	3.86	3.26	2.89	2.63	2.44	2.29	2.18	2.08
	1.5	70	9.00	5.36	4.04	3.40	3.01	2.73	2.53	2.37	2.25	2.15
	2	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2	20	1.83	1.58	1.46	1.42	1.39	1.36	1.33	1.31	1.29	1.28
	2	30	4.27	2.90	2.37	2.11	1.96	1.84	1.75	1.68	1.63	1.58
	2	40	6.10	3.85	3.02	2.61	2.36	2.18	2.05	1.94	1.87	1.80
	2	50	7.65	4.65	3.56	3.04	2.71	2.48	2.31	2.17	2.07	1.99
	2	60	8.80	5.25	3.97	3.35	2.97	2.70	2.50	2.34	2.22	2.12
	2	70	9.27	5.50	4.14	3.48	3.07	2.78	2.57	2.40	2.28	2.18

			Porcentaje de vehículos pesados									
Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	2.5	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	2.5	20	1.93	1.63	1.50	1.44	1.41	1.37	1.35	1.32	1.31	1.29
	2.5	30	4.39	2.96	2.41	2.15	1.99	1.86	1.77	1.70	1.64	1.60
	2.5	40	6.28	3.94	3.08	2.66	2.41	2.22	2.08	1.97	1.89	1.82
	2.5	50	7.72	4.69	3.59	3.06	2.73	2.49	2.32	2.18	2.08	2.00
	2.5	60	8.87	5.29	4.00	3.37	2.98	2.71	2.51	2.35	2.23	2.13
	2.5	70	9.35	5.54	4.17	3.50	3.09	2.80	2.58	2.42	2.29	2.19
	3	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3	20	2.07	1.70	1.55	1.48	1.44	1.40	1.37	1.34	1.32	1.31
	3	30	4.50	3.02	2.45	2.18	2.01	1.88	1.79	1.71	1.66	1.61
	3	40	6.34	3.97	3.10	2.68	2.42	2.23	2.09	1.98	1.90	1.83
	3	50	7.87	4.77	3.65	3.10	2.76	2.52	2.34	2.20	2.10	2.01
	3	60	8.96	5.34	4.03	3.39	3.00	2.73	2.52	2.36	2.24	2.14
	3	70	9.44	5.58	4.20	3.52	3.11	2.81	2.60	2.43	2.31	2.20
	3.5	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	3.5	20	2.07	1.70	1.55	1.48	1.44	1.40	1.37	1.34	1.32	1.31
	3.5	30	4.55	3.04	2.47	2.19	2.02	1.89	1.80	1.72	1.67	1.62
	3.5	40	6.54	4.08	3.17	2.73	2.46	2.27	2.12	2.01	1.93	1.85
	3.5	50	7.94	4.81	3.67	3.12	2.78	2.53	2.35	2.21	2.11	2.02
	3.5	60	9.06	5.39	4.07	3.42	3.03	2.74	2.54	2.37	2.26	2.16
	3.5	70	9.54	5.64	4.23	3.55	3.13	2.83	2.62	2.44	2.32	2.21
	4	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	4	20	2.13	1.74	1.57	1.50	1.45	1.41	1.38	1.35	1.33	1.31
	4	30	4.63	3.09	2.50	2.21	2.04	1.91	1.81	1.73	1.68	1.63
	4	40	6.59	4.11	3.19	2.75	2.48	2.28	2.13	2.02	1.93	1.86
	4	50	8.02	4.85	3.70	3.14	2.79	2.55	2.37	2.22	2.12	2.03
	4	60	9.22	5.47	4.12	3.46	3.06	2.77	2.56	2.40	2.28	2.17
	4	70	9.63	5.68	4.27	3.58	3.15	2.85	2.63	2.46	2.33	2.22
	4.5	10	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	4.5	20	2.17	1.76	1.58	1.51	1.46	1.42	1.39	1.36	1.34	1.32
	4.5	30	4.69	3.12	2.52	2.23	2.05	1.92	1.82	1.74	1.68	1.63
	4.5	40	6.59	4.11	3.19	2.75	2.48	2.28	2.13	2.02	1.93	1.86
	4.5	50	8.02	4.85	3.70	3.14	2.79	2.55	2.37	2.22	2.12	2.03
	4.5	60	9.22	5.47	4.12	3.46	3.06	2.77	2.56	2.40	2.28	2.17

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles INVIAS-2020

Tabla 35 Factor de corrección al nivel de servicio por efecto de la tortuosidad (Ft)

Pendiente (%)	Tortuosidad (°/km)	ft
0	<=40	1.00
<2.5	<110	0.99
<4	<200	0.99
<6	<400	0.98
<8	<800	0.97

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles – INVIAS – 2020

*Tabla 36 Definición de nivel de servicio con base en la relación VM / Vi *100*

Tipo de terreno	Nivel de Servicio					
	A	B	C	D	E	F
Plano	>92 %	92 %-80 %	80 %-69 %	69 %-58 %	58 %-47 %	<47 %
Ondulado	>76 %	76 %-66 %	66 %-57 %	57 %-48 %	48 %-38 %	<38 %
Montañoso	>58 %	58 %-50 %	50 %-43 %	43 %-37 %	37 %-29 %	<29 %
Escarpado	>40 %	40 %-34 %	34 %-30 %	30 %-26 %	26 %-20 %	<20 %

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles – INVIAS – 2020

A continuación, se presenta los resultados del diagnóstico de la capacidad y nivel de servicio para la vía en estado actual año 2025 y en condición futura para los años futuros hasta 2045.

Su estimación depende de variables geométricas, de tránsito y topográficas como el ancho de carril, pendiente, porcentaje de vehículos pesados y velocidad de diseño. Este análisis se realiza para una vía bidireccional de un carril por sentido, con pendientes de hasta 11%, velocidades de diseño de 30 km/h y un 5% de vehículos pesados, para el año 2045.

Proyección de la demanda horaria Partiendo de una demanda horaria base en 2025 de 35 vehículos/hora y una tasa de crecimiento del 2.5% anual, se proyecta la demanda horaria para los años de estudio:

El presente análisis evalúa el nivel de servicio (LOS) de una vía terciaria de 5,5 m de ancho, sin pavimentar, con pendientes del 11 % y un tránsito promedio diario (TPD) actual de 348 vehículos/día, de los cuales un 5% corresponde a vehículos pesados.

Se aplicaron los parámetros del HCM (Highway Capacity Manual) para vías de dos carriles, considerando factores de ajuste por pendiente, superficie y presencia de vehículos

pesados. Posteriormente se proyectó la demanda a 20 años con una tasa de crecimiento anual del 2.5 %, y se evaluó el efecto de las mejoras propuestas: pavimentación y ensanche a 6,0 m.

Tabla 37 DHV calculadas a diferentes años proyección (60% y 80% carril de ascenso)

Escenario	AADT (veh/día)	Q_equiv (veh-eq/h/sentido)	Capacidad (vph/sentido)	V/C	LOS	Observación
Actual (2025, sin pavimento, 5.5 m)	1.522	95.1	364	0.261	A	Limitaciones por superficie y pendiente, operación libre.
Mejorada (2025, pavimentada, 6.0 m)	1.522	93.5	960	0.097	A	Amplia holgura operativa tras la pavimentación y ensanche.
Proyección año 20 (2045, pavimentada, 6.0 m)	2.262	138.9	960	0.145	A	Aun en horizonte de diseño, capacidad suficiente.

Fuente: Elaboración propia

- Condiciones actuales: La vía presenta un nivel de servicio A, con flujo libre, aunque la capacidad efectiva se ve reducida por la pendiente (5 %) y la falta de pavimento.

- Escenario con mejoras: El pavimento y el aumento de ancho incrementan la capacidad efectiva casi al triple, lo que reduce significativamente la relación V/C y mejora la seguridad y comodidad.

- Proyección a 20 años: Con un crecimiento del 2.5 % anual, el tránsito alcanza 2.262 veh/día; aun así, la vía sigue en LOS A, evidenciando un diseño robusto a largo plazo.

- La vía funciona actualmente en LOS A, aunque con restricciones en comodidad y seguridad debido al ancho reducido y a la superficie sin pavimentar.

- Las mejoras propuestas (pavimento y ensanche a 6,0 m) aumentan significativamente la capacidad y reducen la relación V/C, consolidando la operación en condiciones óptimas.

- En el horizonte de 20 años (2045), incluso con el crecimiento del tránsito proyectado, la vía mantiene un nivel de servicio A, lo que garantiza viabilidad operacional y eficiencia en la inversión.

- A pesar de los resultados positivos en capacidad, se recomienda implementar medidas adicionales de seguridad vial en pendientes fuertes (señalización, sobreanchos en curvas, zonas de escape, drenaje).

- La obra no solo asegura el nivel de servicio, sino que también genera beneficios en reducción de costos de operación vehicular, tiempos de viaje y mayor seguridad para los usuarios.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Este proyecto pretende fundamentalmente mejorar las condiciones de comodidad y seguridad en el tramo de vía terciara municipio de Chaguaní DEPARTAMENTO DEL Cundinamarca a través del mejoramiento en el alineamiento de la vía y la adecuación de la estructura de pavimento.

- Los conteos vehiculares se realizaron mediante el uso de las tecnologías de videocámaras, durante 7 días, en 24 horas, desde el 13 al 19 de julio de 2025.

- De acuerdo a los resultados obtenidos, la composición vehicular del tramo está dominado principalmente por autos con un 62%, las motocicletas ocupan el segundo lugar con un 32%, los camiones con un 5% y finalmente los buses con un 1%.

- Se observa que en la estación número 1, 2 y 3 el periodo de máxima demanda se presenta en las horas de la tarde, específicamente desde las 4:00pm a 5:00pm y 5:00pm a 6:00pm.

- El transito atraído se calcula teniendo en cuenta las recomendaciones del INVIAS en el manual de diseño de pavimentos para vías con bajos volúmenes de tránsito, el cual a su vez toma el criterio del Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, que señala que el tránsito atraído puede ser cuantificado tomando un porcentaje entre el 5% y 25%del tránsito normal, en este caso se toma un valor de 15%.

- Para el cálculo del tránsito generado se sigue la recomendación del manual del INVIAS, con un potencial agrícola y la población beneficiada mayor de 5500 personas, el porcentaje determinado para este caso resultó ser igual a 5.5%.

- Para el diseño de la estructura de pavimento, se realizó el análisis del tránsito de manera independiente para cada uno de los tramos evaluados, considerando sus características particulares de volumen y composición vehicular. No obstante, se identificó una condición de homogeneidad funcional y operativa entre los segmentos del proyecto, razón por la cual se adopta como criterio de diseño el valor crítico correspondiente al mayor Número de Ejes Equivalentes (NEE), en este caso 1.45×10^5. Este enfoque se fundamenta en un criterio conservador recomendado por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, con el fin de garantizar la durabilidad de la estructura y evitar subdimensionamientos en los sectores con mayor solicitación de carga.

- El análisis de niveles de servicio evidencia que, en las condiciones actuales, la vía terciaria de 5,5 m sin pavimentar opera en LOS A, aunque con limitaciones

de seguridad y comodidad derivadas de la superficie no pavimentada y de las pendientes pronunciadas. Con la ejecución del proyecto, que contempla la pavimentación y el ensanche a 6,0 m, la capacidad de la vía se incrementa de manera significativa, manteniendo el nivel de servicio en LOS A, pero con mayor holgura y mejor calidad en la operación. Finalmente, en el horizonte de diseño a 20 años, considerando un crecimiento del tránsito del 2.5 % anual, la vía alcanza un volumen cercano a 619 vehículos/día, manteniendo igualmente un LOS A, lo cual confirma que la inversión propuesta garantiza una operación eficiente, segura y sostenible en el tiempo, asegurando condiciones óptimas de movilidad tanto en el presente como en el futuro.

- Se evaluó la Capacidad y Nivel de Servicio para las condiciones mínimas de Ancho de Carril, cualquier aumento en el ancho de estos elementos significará un aumento en la Capacidad y Nivel de servicio del Tramo vial.

- En conclusión, los datos utilizados para el desarrollo de este proyecto de estudio de tránsito fueron tomados del estudio previo realizado, ya que se consideraron como base confiable para el análisis inicial. A fin de asegurar la exactitud y consistencia de la información, se procedió a realizar una validación exhaustiva y un recálculo de los mismos, con el objetivo de verificar que los valores y parámetros obtenidos se correspondan adecuadamente con las condiciones reales del tránsito en el área de estudio. Tras este proceso de verificación, se corroboró que los datos eran correctos y se ajustaban a los estándares requeridos, por lo que se decidieron mantener las mismas fichas sin necesidad de modificaciones. De esta manera, se garantiza que la información utilizada es confiable y válida para la toma de decisiones en el proyecto de estudio de tránsito.

8. FUENTES DE INFORMACION Y BIBLIOGRAFIAS

- Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Manual de Diseño de Pavimentos (2018) INVIAS. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio (2020)

- DANE. Proyecciones de población con base en Censo 2018 Información primaria – Aforos vehiculares (2025)