INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO

Proyecto:	**MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**
Contiene:	**INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO PARA EL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**
Elaboró:	MARÍA FERNANDA COBA PALOMINO Ing. CIVIL – ESPECIALISTA EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS M.P. No. 091037-0625188 CND
V.3- noviembre de 2024	

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

CONTROL DE DOCUMENTOS	

OBJETO:	" MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".
CONTIENE:	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO.
FECHA:	NOVIEMBRE DE 2024

VERSIÓN	FECHA DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
V1	16 DE ABRIL DE 2024	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA
V2	25 DE OCTUBRE DE 2024	AJUSTES REALIZADOS A OBSERVACIONES EMITIDAS
V3	18 DE NOVIEMBRE DE 2024	AJUSTES REALIZADOS A OBSERVACIONES EMITIDAS

ELABORÓ:

INGENIERA CIVIL: MARÍA FERNANDA COBA PALOMINO
MP. No: 091037-0625188 CND

LISTA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. PROYECTO 7
   2.1. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO 7
   2.2. OBJETIVOS 8
      2.2.1. OBJETIVO GENERAL 8
      2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
3. GENERALIDADES DEL PROYECTO 8
   3.1. LOCALIZACIÓN 8
   3.2. ALCANCE 10
4. METODOLOGÍA 11
   4.1. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE INFLUENCIA 11
   4.2. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN 11
   4.3. CALCULO DE LA VARIABLE TRÁNSITO PAVIMENTO FLEXIBLE 15
      4.3.1. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO 16
      4.3.2. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO 19
   4.1. CALCULO DE LA VARIABLE TRÁNSITO PAVIMENTO RIGIDO – INVIAS (2008) 26
   4.2. CALCULO DE LA VARIABLE TRÁNSITO PAVIMENTO RIGIDO – MÉTODO PCA 27
      4.2.1. ESTACIÓN DE AFORO 1 31
5. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO 33
   5.1. CAPACIDAD 33
   5.2. NIVELES DE SERVICIO 33
   5.3. DATOS DE ENTRADA 34
   5.4. CALCULO DE CAPACIDAD 35

5.4.1. FACTOR DE CORRECCIÓN A LA CAPACIDAD POR PENDIENTE (Fpe) 36

5.4.2. FACTOR DE CORRECCIÓN A LA CAPACIDAD POR DISTRIBUCIÓN POR SENTIDOS (Fd) 37

5.4.3. FACTOR DE CORRECCIÓN A LA CAPACIDAD POR EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y BERMA (Fcb) 38

5.4.4. FACTOR DE CORRECCIÓN A LA CAPACIDAD POR LA PRESENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS EN PENDIENTES ASCENDENTES 39

5.4.5. CAPACIDAD EN VEHÍCULOS MIXTOS POR HORA..... 41

5.4.6. CAPACIDAD EN VEHÍCULOS CON FACTOR DE PICO HORARIO (FPH) 41

5.5. CÁLCULO DE NIVELES DE SERVICIO 43

5.5.1. VELOCIDAD IDEAL DE AUTÓMOVILES A FLUJO LIBRE V1 43

5.5.2. FACTOR DE CORRECCIÓN POR EL EFECTO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN (Fu)..... 44

5.5.3. FACTOR DE CORRECCIÓN POR EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y BERMA (Fcb) 45

5.5.4. VELOCIDAD DE AUTOS V2..... 46

5.5.5. FACTOR DE CORRECCIÓN POR LA PRESENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS (Fp) 46

5.5.6. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TORTUOSIDAD (Ft) 48

5.5.7. VELOCIDAD DE TRAMO..... 48

5.5.8. NIVEL DE SERVICIO..... 48

6. CONCLUSIONES..... 49

7. RECOMENDACIONES..... 51

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52

9. ANEXOS..... 53

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 – Localización específica del proyecto 9
Ilustración 2 - Localización estación de aforo 13
Ilustración 3 - Estación de aforo 1 14
Ilustración 4 - Estación de aforo 1 14
Ilustración 5 - Estación de aforo 1 14
Ilustración 6 - Estación de aforo 1 14
Ilustración 7 - Niveles de servicio 34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentaje de TPD por categoría de vehículo – estación de aforo 1 18
Gráfico 2 - Porcentaje de vehículos comerciales – estación de aforo 1 19
Gráfico 3 - Espectros de cargas ejes simples 32
Gráfico 4 - Espectros de cargas ejes tándem 32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Coordenadas de la vía a intervenir 10
Tabla 2 - Coordenadas estación de aforo 14
Tabla 3 - Resumen de conteo vehicular – estación de aforo 1 16
Tabla 4 - Tránsito promedio diario – estación de aforo 1 17
Tabla 5 - Porcentaje de vehículos comerciales – estación de aforo 1 18
Tabla 6 - Factor carril 19
Tabla 7 - Tasas promedio de crecimiento del tránsito 20
Tabla 8 - Distribución de vehículos, ejes y factores daño de 8.2 ton. 21
Tabla 9 - Clasificación del área del proyecto 25
Tabla 10 - Clasificación del área del proyecto 25
Tabla 11 - Resumen del cálculo número de ejes equivalentes de 8.2 T 26
Tabla 12 - Ejes equivalentes de 8.2 toneladas para un periodo de diseño de 20 años 26
Tabla 13 - Factor carril 28
Tabla 14 - Ejes pesados con una carga y configuraciones específica 28
Tabla 15 - Estimación de k3 para la proyección de tráfico 30
Tabla 16 - Factor de seguridad 31

Tabla 17 - Distribución del número de ejes estación de aforo 1 31
Tabla 18 - Datos de entrada 34
Tabla 19 - Factor corrección a la capacidad por pendiente (Fpe) 37
Tabla 20 - Porcentaje de zonas de no rebase (%) 38
Tabla 21 - Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd) 38
Tabla 22 - Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho ce carril y berma (Fcb) 39
Tabla 23 - Equivalentes camión Ec 40
Tabla 24 - Factores de pico horario basados en períodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos (FPH) 42
Tabla 25 -Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V1) 44
Tabla 26 - Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad 45
Tabla 27 - Factores de corrección a Nivel de Servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb) 46
Tabla 28 - Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (fp) 47
Tabla 29 - Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (Ft) 48
Tabla 30 - Definición de Nivel de Servicio con base en la relación entre VM/Vi * 100 49

1. INTRODUCCIÓN

La planificación y diseño de infraestructuras viales constituyen elementos importantes para el desarrollo eficiente y sostenible de las comunidades. En este contexto, el presente estudio de tránsito es un componente esencial para la materialización del proyecto "**MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**".

El tránsito y el pavimento son dos elementos fundamentales para el desarrollo de la infraestructura vial de cualquier territorio. El tránsito se refiere al flujo de vehículos que circulan por una vía, y el pavimento es la capa superficial que soporta el peso y el desgaste de estos. El diseño adecuado de la estructura de pavimento depende en gran medida del estudio de tránsito, que permite estimar la carga y la frecuencia de los vehículos que transitan por una vía.

El objetivo de este estudio es obtener la variable tránsito para el diseño de la estructura de pavimento flexible o rígido del tramo de vía que da acceso a la vereda unión Alto de Satoca – Planta de Tratamiento de Agua Potable, en el municipio de Saravena, departamento de Arauca. Este proyecto es de gran importancia para mejorar la movilidad, la seguridad y la calidad de vida de los habitantes de estas veredas, que actualmente cuentan con una vía en mal estado. Además, este proyecto contribuye al desarrollo económico y social del municipio y del departamento, al facilitar el transporte de personas y mercancías, y al generar empleo y oportunidades para la población.

2. PROYECTO

2.1. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

El presente informe se realiza con el fin de determinar el tránsito para el diseño del pavimento para el proyecto de "MEJORAMIENTO DE LA VÍA

TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el cálculo de la variable tránsito (N) como parte integral del proceso de diseño de la estructura de pavimento.

2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Medir el volumen y la composición del tráfico vehicular en la vía de estudio, mediante estaciones de aforo.
- ✓ Estimar el tránsito promedio diario semanal para la vía en estudio.
- ✓ Calcular los ejes equivalentes de 8.2 toneladas que transitan por el carril de diseño en un periodo de 10 y 20 años.
- ✓ Determinar los espectros de carga, es decir, el número de ejes pesados con una carga y configuración específicas que circulan en el carril durante un periodo de diseño de 20 años.
- ✓ Realizar el correspondiente análisis de la información para la estimación y proyección del tránsito.

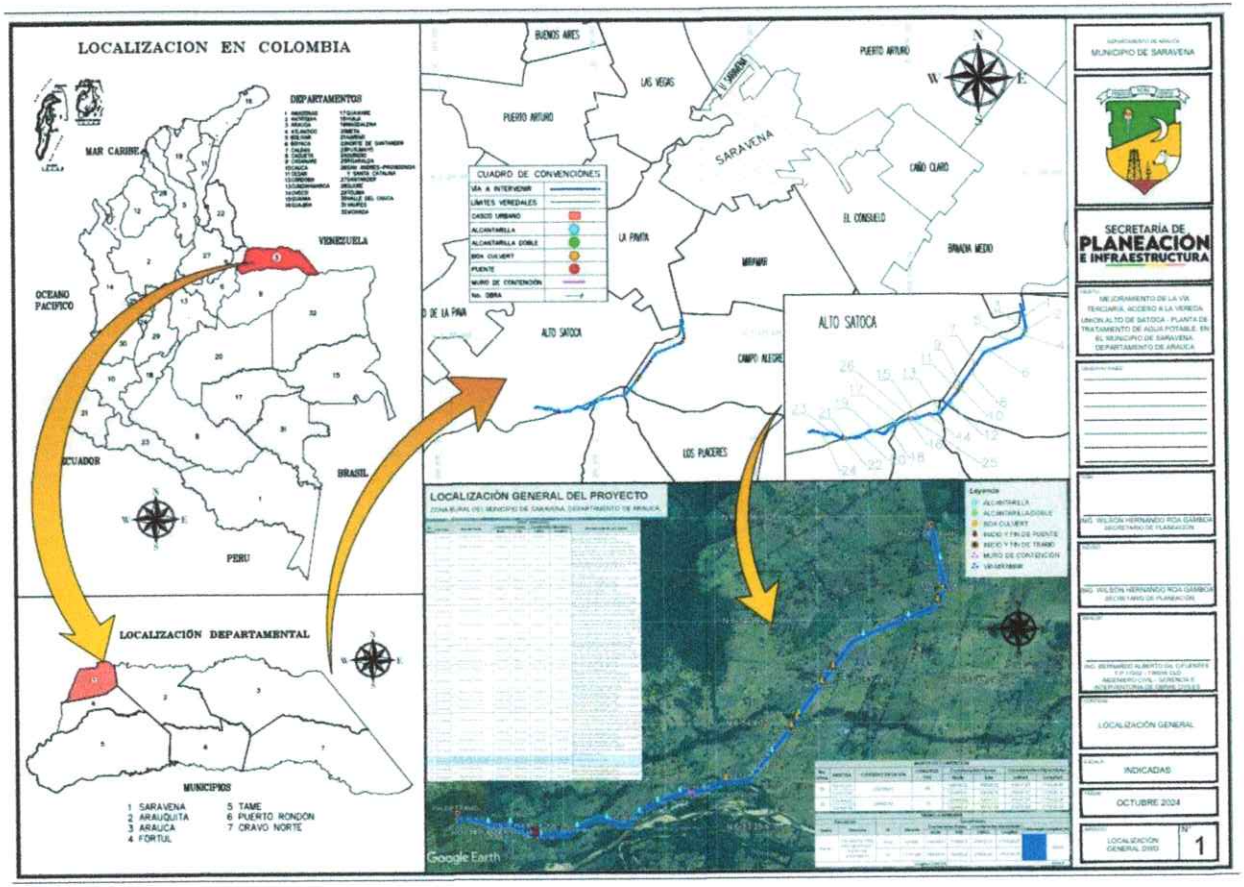
3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

3.1. LOCALIZACIÓN

La ejecución del proyecto se llevará a cabo en la vía que conecta las veredas Miramar y Unión Alto Satoca, acceso a la planta de tratamiento de agua potable, situados en la zona rural del municipio de Saravena en el departamento de Arauca, Colombia.

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

Ilustración 1 – Localización específica del proyecto



Fuente: Elaboración propia

La vía se ubica de acuerdo con las coordenadas proporcionadas en la Tabla 1.

Tabla 1 - Coordenadas de la vía a intervenir

TRAMO A INTERVENIR									
Descripción		Coordenadas							
Tramo	Dirección	ID	Abscisa	Coordenadas Planas		Coordenadas elipsoidales		Simbología	Longitud (m)
				Norte	Este	Latitud	Longitud		
Tramo 1	Vía vereda Unión Alto de Satoca – Planta de tratamiento	Inicio	K2+850	1256443.41	910083.73	6°54'52.14"	71°53'28.20"		5063.8
		Fin	K7+913.80	1254239.91	906383.63	6°53'40.40"	71°55'28.72"		
Longitud Total (m)									5063.8

Fuente: Elaboración propia

3.2. ALCANCE

El alcance del proyecto "MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA MEDIANTE PAVIMENTO FLEXIBLE Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS DE LAS VEREDAS MIRAMAR Y UNION ALTO SATOCA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA" comprende la construcción de 5063.8 metros de pavimento flexible, incluye la planificación y construcción de obras hidráulicas como alcantarillas, box culvert, un puente y un muro de estabilización necesarios para la infraestructura de la vía terciaría entre las veredas Miramar y Unión Alto Satoca, acceso a la planta de tratamiento de agua potable, mejorando las condiciones de transitabilidad de los habitantes de la zona.

Para llevar a cabo este proyecto, se realizarán estudios preliminares que comprenden análisis topográficos, de suelos, geológicos, geotécnicos, de tránsito, hidrológicos, ambientales y de plan de manejo de tránsito. Estos estudios tienen como objetivo obtener un conocimiento integral de las condiciones actuales del área y los factores que pueden influir en el diseño y la ejecución del proyecto. Se llevarán a cabo análisis detallados y evaluaciones exhaustivas en cada uno de estos aspectos.

Posteriormente, se entrará en la etapa de diseño, que incluirá la planificación detallada de la estructura del pavimento flexible, estudios hidráulicos, diseño geométrico, consideración de estructuras especiales

como el puente vehicular y el muro de estabilización, diseño del plan de manejo ambiental y elaboración de la señalización horizontal y vertical.

Finalmente, se elaborará un documento de especificaciones técnicas y proceso constructivo que servirá como guía para la ejecución del proyecto. Este documento asegurará el cumplimiento de los estándares técnicos y normativas aplicables, así como la calidad, seguridad y sostenibilidad de la infraestructura construida. Su desarrollo será esencial para garantizar una ejecución eficiente y efectiva del proyecto, satisfaciendo las necesidades de los habitantes de las veredas Miramar y Unión Alto Satoca.

4. METODOLOGÍA

La metodología del estudio de tránsito se estructura a continuación:

4.1. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE INFLUENCIA

En esta etapa, se llevó a cabo una inspección visual y reconocimiento del tramo vial destinado a intervenir, revelando que la estructura actual de la vía consiste en una capa de material granular en condiciones no favorables. La pavimentación de este tramo se plantea como una medida estratégica con el propósito de mejorar el acceso para diversos usuarios de la zona. Se anticipa que esta intervención contribuirá a la reducción de los tiempos de viaje, facilitará el intercambio social y mejorará la movilidad de los habitantes locales.

Además, se busca proporcionar un entorno vial más seguro para los usuarios más vulnerables, promoviendo de esta manera un ambiente de movilidad más sostenible y seguro en la región.

4.2. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Durante la recopilación de información en campo, se llevaron a cabo actividades logísticas y de planificación, que incluyeron la visita a la vía bajo

estudio, la elaboración de formatos de campo, la identificación de la estación de aforo y sus intervalos, así como la capacitación del personal y la realización de pruebas piloto. Después de completar las pruebas piloto, se inició la ejecución del aforo en el lugar, horas y periodos predefinidos.

Dado que no se disponía de información caracterizadora del tránsito en la vía objeto del diseño, y siguiendo la metodología establecida en el "Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos Para Bajos Volúmenes de Tránsito" del INVIAS, se procedió a realizar conteos vehiculares.

El mencionado manual especifica que los conteos deben realizarse por sentido de circulación, hora del día y tipo de vehículo, durante un período diario no inferior a las 18 horas. Con base en estas directrices, para este estudio, los conteos se llevaron a cabo los siete días de la semana en una estación de aforo (Ver ilustración 2 y tabla 2), durante un periodo continuo de 12 horas (de 06:00 am a 06:00 pm).

Los conteos vehiculares se efectuaron entre el 12 y el 18 de marzo de 2024, y los resultados detallados se encuentran consignados en los anexos adjuntos a este documento.

Ilustración 2 - Localización estación de aforo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 - Coordenadas estación de aforo

Estación de aforo	Coordenadas geográficas	
	Norte	Este
No. 1	6°54'51.41"	71°53'27.62"

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3 - Estación de aforo 1

Fuente: Propia

Ilustración 4 - Estación de aforo 1

Fuente: Propia

Ilustración 5 - Estación de aforo 1

Fuente: Propia

Ilustración 6 - Estación de aforo 1

Fuente: Propia

4.3. CALCULO DE LA VARIABLE TRÁNSITO PAVIMENTO FLEXIBLE

Con base en la información recopilada en campo y considerando las particularidades de la vía, se avanza en la determinación de la variable tránsito mediante la proyección del flujo vehicular de ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

Para el cálculo de esta variable se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 1 - Ejes equivalentes de 8.2 toneladas

$$N = TPD * \frac{k1}{100} * \frac{k2}{100} * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} * FC$$

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Rondón y Reyes (Pavimentos, materiales, construcción y diseño)

Donde:

- ✓ **N:** Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas
- ✓ **k1:** Es el porcentaje de vehículos pesados (buses y camiones) o vehículos comerciales (B+C).
- ✓ **k2:** Es el factor carril y tiene en cuenta el porcentaje de vehículos que circularán por el carril de diseño de la vía.
- ✓ **r:** Es la tasa de crecimiento anual del tránsito.
- ✓ **n:** Es el período de diseño en años, y es el lapso que transcurre desde que un pavimento entra en servicio hasta que alcanza su índice de servicio terminal o final.
- ✓ **FC:** Factor camión. Es un parámetro que tiene como función inicialmente pasar el número de vehículos a número de ejes con su respectiva masa para luego convertir el daño que genera cada eje en comparación con el de referencia de 8.2 toneladas.

Adicionalmente a lo mencionado previamente, es importante considerar el tránsito atraído, generado y desarrollado al calcular la variable de tránsito.

4.3.1. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO

El Tránsito Promedio Diario (TPD) se define como la cantidad de vehículos (incluyendo automóviles - A, buses - B y camiones - C) que transitan por una vía en el transcurso de un día. Este valor se obtiene mediante la división del número total de vehículos (A + B + C) que atraviesan la vía entre el número de días de conteo.

Ecuación 2 - Tránsito promedio diario

$$TPD\ (\frac{veh}{d}) = \frac{A + B + C}{\#días\ de\ conteo}$$

Fuente: Elaboración propia

En el cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD), se consideran los volúmenes de tránsito registrados en la estación de aforo. En este caso, se estableció una estación de aforo para recopilar los datos, según se detalla en la Tabla 2. En los anexos de este documento, se adjuntan los formatos correspondientes al aforo vehicular.

4.3.1.1. ESTACIÓN DE AFORO 1

Tabla 3 - Resumen de conteo vehicular – estación de aforo 1

VOLUMENES DIARIOS					
	A	B	C		
Días de conteo	Automóvil	Buseta	Camión C2-P	Camión C2-G	Camión C3-S2
Lunes	6	10	18	10	0
Martes	8	8	20	8	2
Miércoles	10	9	11	12	0
Jueves	7	11	6	9	0
Viernes	22	9	10	9	0
Sábado	10	8	13	8	0
Domingo	6	11	11	12	0
Totales	**69**	**66**	**89**	**68**	**2**

Fuente: Elaboración propia

Utilizando los registros anteriores, se realiza el cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD) por tipo de vehículo, acompañado del porcentaje que cada categoría representa en el total aforado en el lugar de la estación de aforo. La información resultante se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4 - Tránsito promedio diario – estación de aforo 1

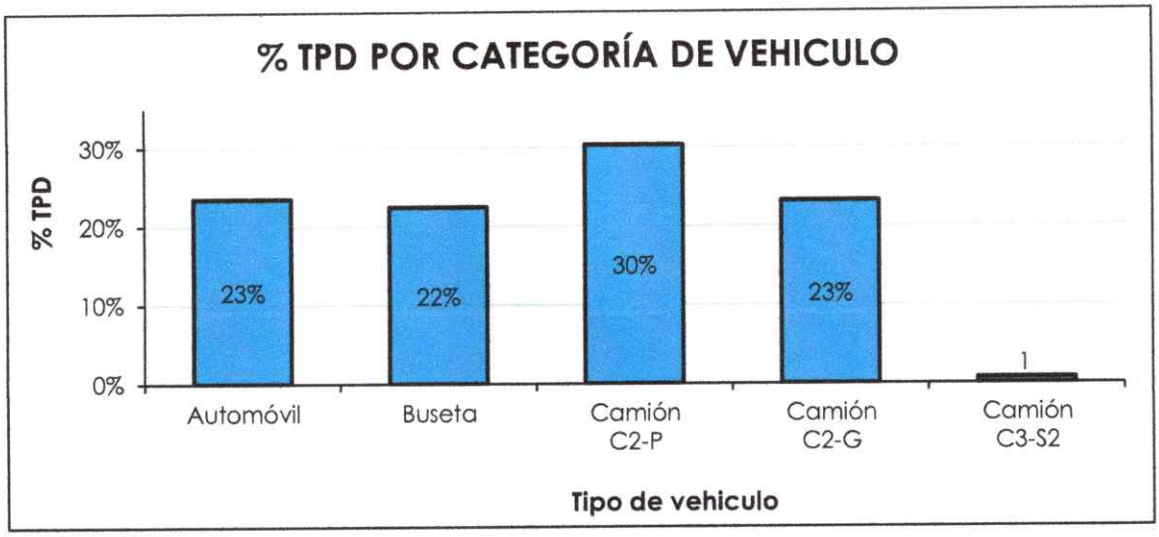
TPD						
Variable	**Automóvil**	**Buseta**	**Camión C2-P**	**Camión C2-G**	**Camión C3-S2**	**TOTAL**
Vol. Día	69	66	89	68	2	294
TPD	**10**	**9**	**13**	**10**	**0**	**42**
%TPD	23	22	30	23	1	100

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1.1. ANÁLISIS DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ESTACIÓN DE AFORO 1

El Tránsito Promedio Diario consta de un total de 42 vehículos, distribuidos de la siguiente manera: un 23% son automóviles, un 22% corresponden a busetas, mientras que los camiones C2-P y C2-G representan el 30% y el 23% respectivamente. Finalmente, tan solo el 1% corresponde a camiones del tipo C3-S2.

Gráfico 1 - Porcentaje de TPD por categoría de vehículo – estación de aforo 1



Fuente: Elaboración propia

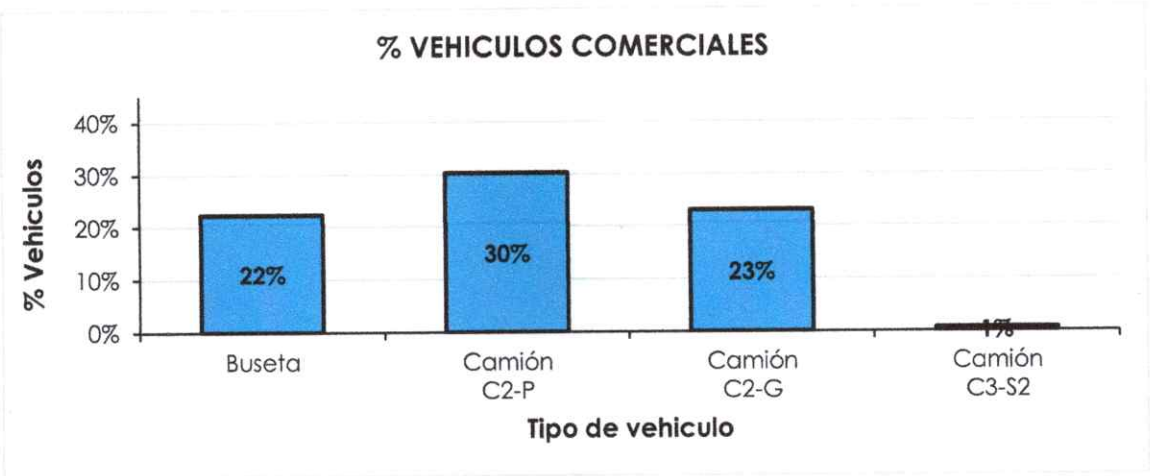
El porcentaje de vehículos comerciales diarios que circulan por la vía son:

Tabla 5 - Porcentaje de vehículos comerciales – estación de aforo 1

%VEHICULOS COMERCIALES			
Buseta	**Camión C2-P**	**Camión C2-G**	**Camión C3-S2**
22%	30%	23%	1%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2 - Porcentaje de vehículos comerciales – estación de aforo 1



Fuente: Elaboración propia

Según lo indicado en el Gráfico 2, el 77% del tráfico registrado en la vía a intervenir está compuesto por vehículos comerciales.

4.3.2. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

Ahora bien, teniendo en cuenta los anteriores capítulos y lo que se establece en la ecuación 1, se presentan las siguientes variables para la vía a intervenir:

- ✓ **Factor carril (k2):** Dado que la vía a intervenir consta de dos carriles en dos direcciones, con un ancho de carril de 3.25 metros, se establece que el valor de k2 es del 75%

Tabla 6 - Factor carril

Factor carril	Descripción	k2 (%)
50% ←	Dos carriles en dos direcciones, a 2.5m < a ≤3m	75
50% →		

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Rondón y Reyes (Pavimentos, materiales, construcción y diseño)

- ✓ **r:** Representa la tasa de crecimiento. Dado que no se cuenta con una serie histórica para realizar el pronóstico del tránsito futuro en el sector del proyecto, se ha tomado en consideración los parámetros de desarrollo de la región afectada por las vías a intervenir, así como el "Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito" del Instituto Nacional de Vías. En ausencia de datos históricos, se considera prudente aplicar una tasa de crecimiento del 3.0%, conforme al mencionado manual.

Tabla 7 - Tasas promedio de crecimiento del tránsito

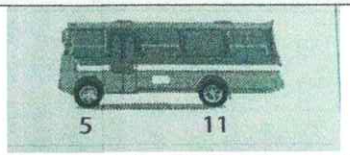
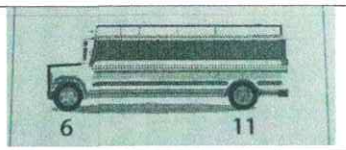
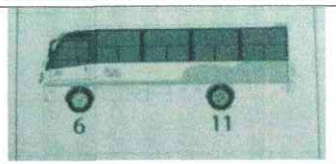
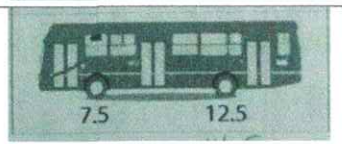
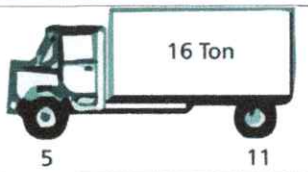
Nivel de tránsito	Tasa de crecimiento
T1	2.0
T2	3.0

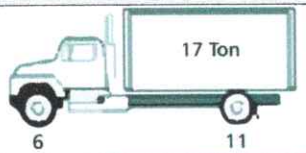
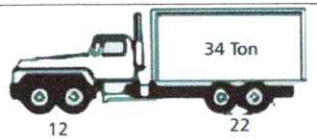
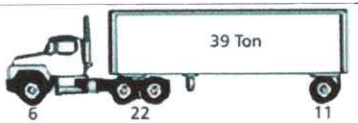
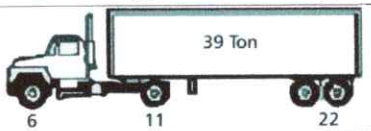
Fuente: Elaboración propia y adaptado del INVIAS

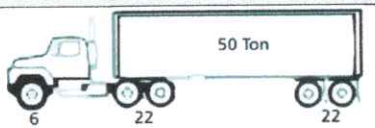
- ✓ **n:** El período de diseño, expresado en años, se determina considerando el alcance de la intervención. Se ha establecido un período de diseño de 10 años.

- ✓ **FC:** Es el factor camión. En consideración de que el estudio de tránsito se llevó a cabo mediante conteo y sin pesaje, la determinación del Factor Camión (FC) se basa en la identificación de los mayores factores de daño de los autores MURGUEITIO ET AL. (1997) e INVIAS (2008) presentes en la tabla 8 para cada tipo de vehículo que transita por la vía.

Tabla 8 - Distribución de vehículos, ejes y factores daño de 8.2 ton.

TIPO DE VEHICULO	ILUSTRACIÓN	FACTOR DAÑO			CONFIGURACIÓN EN EJES
		MURGUEITIO ET AL. (1997)	INVIAS (2008)	PESOS MÁXIMOS PERMITIDOS	
Buseta		0.05	0.05	3.59	2S
Bus		0.40	0.40	3.96	2S
Bus metropolitano		1.00	1.00	3.96	2S
Bus padrón		-	2.51	7.17	2S
C2-P		1.14	1.14	3.59	2S

TIPO DE VEHICULO	ILUSTRACIÓN	FACTOR DAÑO			CONFIGURACIÓN EN EJES
		MURGUEITIO ET AL. (1997)	INVIAS (2008)	PESOS MÁXIMOS PERMITIDOS	
C2-G		3.44	2.15	3.96	2S
C3		3.76	3.15	5.35	1S+1T
C2-S1		3.37	3.13	6.83	3S
C4		6.73	6.73	6.73	2T
C3-S1		2.22	2.33	8.59	2S+1T
C2-S2		3.42	2.27	8.59	2S+1T

TIPO DE VEHICULO	ILUSTRACIÓN	FACTOR DAÑO			CONFIGURACIÓN EN EJES
		MURGUEITIO ET AL. (1997)	INVIAS (2008)	PESOS MÁXIMOS PERMITIDOS	
C3-S2		4.40	4.21	9.98	1S+2T
C3-S3		4.72	5.31	6.54	1S+1T+1Tr

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Rondón y Reyes (Pavimentos, materiales, construcción y diseño)

4.3.2.1. ESTACIÓN DE AFORO 1

Ahora bien, teniendo en cuenta lo anterior, se procede a realizar el cálculo de los ejes equivalentes de la estación de aforo 1 se presenta a continuación.

Ecuación 3 - Cálculo de factor camión

$$FC = \frac{22\%(0.05) + 30\%(1.14) + 23\%(3.44) + 1\%(4.40)}{77\%} = 1.54$$

Fuente: Elaboración propia

La variable tránsito N (ecuación 1), tomando como eje de referencia 8.2 toneladas, es igual a:

Ecuación 4 - Ejes equivalentes de 8.2 toneladas

$$N = 42 * \frac{77}{100} * \frac{75}{100} * 365 * \frac{(1+0.03)^{10} - 1}{\ln(1+0.03)} * 1.54 = 158.107\ ejes\ equiv.de\ 8.2T$$

Fuente: Elaboración propia

No obstante, es importante considerar que una vez que la vía esté pavimentada y entre en funcionamiento, se generará un tránsito adicional. Este factor debe ser tenido en cuenta para garantizar que la estructura del pavimento pueda soportar las cargas asociadas. En este sentido, se contempla el siguiente tránsito:

Tránsito atraído: Es el volumen de tránsito que, sin cambiar ni su origen ni su destino, puede ocupar la futura vía pavimentada como ruta alterna, afluyendo a ella, a través de otras vías ya existentes, para este caso se considera un tránsito atraído del 15% del tránsito base.

Tránsito generado: Consta de aquellos viajes vehiculares, distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva carretera. El porcentaje del tránsito generado depende de la clasificación del área del proyecto y de acuerdo la información del Instituto Nacional de Vías, en la siguiente tabla se evidencia la clasificación:

Tabla 9 - Clasificación del área del proyecto

Clasificación del área del proyecto	Población beneficiada, hab	Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal
Área con potencial minero alto	menos de 5000	3
	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: Elaboración propia adaptado de Manual Diseño Pav. Asfalticos BvT

Teniendo en cuenta que el área donde se ubica el proyecto cuenta con potencial agrícola y la población beneficiada es mayor a 5000 habitantes, se asumen un porcentaje de tránsito generado del 5.5%.

Tránsito desarrollado: Es el incremento del volumen de tránsito debido a las mejores en el suelo adyacente a la vía. A diferencia del tránsito generado, el tránsito desarrollado continúa actuando por muchos años después que la vía ha sido puesta al servicio. Para este caso y teniendo en cuenta el área de influencia del proyecto se asume un tránsito desarrollado del 3%.

En tal sentido, queda:

Tabla 10 - Clasificación del área del proyecto

CLASIFICACION DEL AREA DEL PROYECTO-HABIT	
AREA CON POTENCIAL AGRICOLA- Hab>=5000	
TRÁNSITO ATRAIDO (TAt)	15,0%
TRÁNSITO GENERADO (TG)	5,5%
TRÁNSITO DESARROLLADO (TD)	3,0%

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Tránsito atraído (TAt) = 158.107*15% = 23.716
- ✓ Tránsito generado (TG) = 158.107*5.5% = 4.743
- ✓ Tránsito desarrollado (TD) = 158.107*3.0% = 8.696

Finalmente, la variable tránsito es:

N: 158.107+23.716+4.743+8.696 = **195.263** Ejes equivalentes de 8.2 T

Tabla 11 - Resumen del cálculo número de ejes equivalentes de 8.2 T

N*	158107
Porcentaje de tránsito atraído (%)	15
Porcentaje de tránsito desarrollado (%)	3
Porcentaje de tránsito generado (%)	5.5
Tránsito atraído	23716
Tránsito desarrollado	4743
Tránsito generado	8696
Ejes equivalentes de 8.2 T (N)	195263
Ejes equivalentes de 8.2 T (N)	1.95E+05

Fuente: Elaboración propia

4.1. CALCULO DE LA VARIABLE TRÁNSITO PAVIMENTO RIGIDO – INVIAS (2008)

Para determinar la variable de tránsito, se utilizó el valor de los ejes equivalentes de 8.2 toneladas, considerando un periodo de diseño de 20 años. En este caso, el cálculo de los ejes equivalentes para el mencionado periodo de diseño corresponde a un total de 457.679 NEE.

Tabla 12 - Ejes equivalentes de 8.2 toneladas para un periodo de diseño de 20 años

N*	370590
Porcentaje de tránsito atraído (%)	15
Porcentaje de tránsito desarrollado (%)	3

Porcentaje de tránsito generado (%)	5.5
Tránsito atraído	55589
Tránsito desarrollado	11118
Tránsito generado	20382
Ejes equivalentes de 8.2 T (N)	457679
Ejes equivalentes de 8.2 T (N)	4.58E+05

Fuente: Propia

4.2. CALCULO DE LA VARIABLE TRÁNSITO PAVIMENTO RIGIDO – MÉTODO PCA

Para caracterizar la variable de tránsito, se procede a determinar los espectros de carga, es decir, el número de ejes pesados con una carga y configuración específicas que circulan en el carril durante el periodo de diseño.

Ecuación 5 - Números de ejes

$$N_{ejes} = \frac{\#ejes}{día} * \frac{k2}{100} * 365 * k3 * n$$

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Rondón y Reyes (Pavimentos, materiales, construcción y diseño)

#ejes/día representa el número diario de ejes de vehículos pesados, incluyendo buses y camiones, con cargas y configuraciones específicas. El factor k2 se refiere al factor de carril, mientras que k3 constituye un parámetro que, al ser multiplicado por el periodo de diseño n en años, se convierte en el factor de proyección.

- ✓ **Factor carril (k2):** Dado que la vía a intervenir consta de dos carriles en dos direcciones, con un ancho de carril de 3.25 metros, se establece que el valor de k2 es del 75%

Tabla 13 - Factor carril

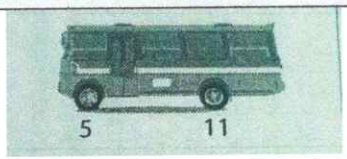
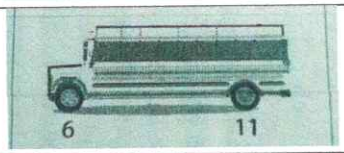
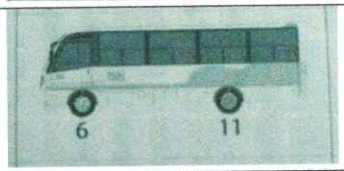
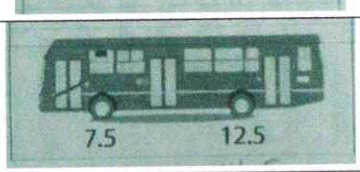
Factor carril	Descripción	k2 (%)
50.0% ←	Dos carriles en dos direcciones, a 2.5m < a ≤3m	75
50% →		

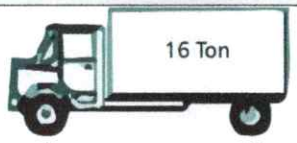
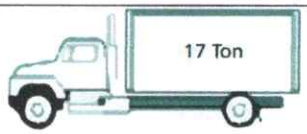
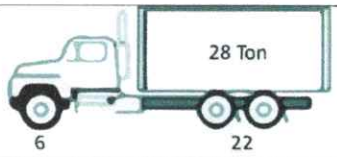
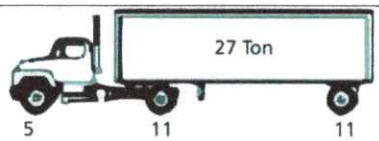
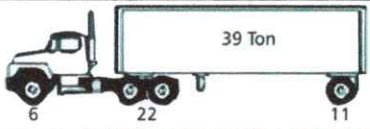
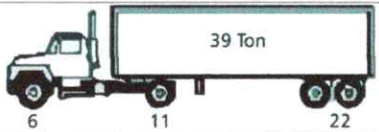
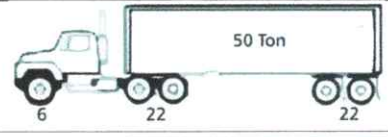
Fuente: Elaboración propia y adaptado de Rondón y Reyes (Pavimentos, materiales, construcción y diseño)

- ✓ **n:** El período de diseño, expresado en años, se determina considerando el alcance de la intervención. En este caso corresponde a un periodo de diseño de 20 años.

- ✓ **Ejes pesados con una carga y configuración específica**

Tabla 14 - Ejes pesados con una carga y configuraciones específica

TIPO DE VEHICULO	ILUSTRACIÓN	CONFIGURACIÓN EN EJES
Buseta		2S
Bus		2S
Bus metropolitano		2S
Bus padrón		2S

TIPO DE VEHICULO	ILUSTRACIÓN	CONFIGURACIÓN EN EJES
C2-P		2S
C2-G		2S
C3		1S+1T
C2-S1		3S
C4		2T
C3-S1		2S+1T
C2-S2		2S+1T
C3-S2		1S+2T
C3-S3		1S+1T+1Tr

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Rondón y Reyes (Pavimentos, materiales, construcción y diseño)

- ✓ **k3:** Para la proyección del tráfico

De acuerdo con la información proporcionada en la tabla 15 de este documento, se ha adoptado una tasa de crecimiento del 3.0%. En consecuencia, el valor de k3 se establece en 1.3 para un periodo de diseño de 20 años.

Tabla 15 - Estimación de k3 para la proyección de tráfico

Tasa de crecimiento anual de tránsito r (%)	Periodo de diseño, n=20 años
	k3
1.0	1.1
1.5	1.2
2.0	1.2
2.5	1.3
3.0	1.3
3.5	1.4
4.0	1.5
4.5	1.6
5.0	1.6
5.5	1.7
6.0	1.8

Fuente: Elaboración propia y adaptado de Rondón y Reyes (Pavimentos, materiales, construcción y diseño)

- ✓ **FS:** Factor de seguridad

Es importante aclarar que, en este estudio, se asumen los espectros de carga considerando los pesos máximos, y en este contexto, el factor de seguridad se establece en 1.

Tabla 16 - Factor de seguridad

Aumento factor de seguridad	
Ejes simples	**Carga mayorada (kN)**
50	50
60	60
110	110
Ejes tándem	
220	220

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. ESTACIÓN DE AFORO 1

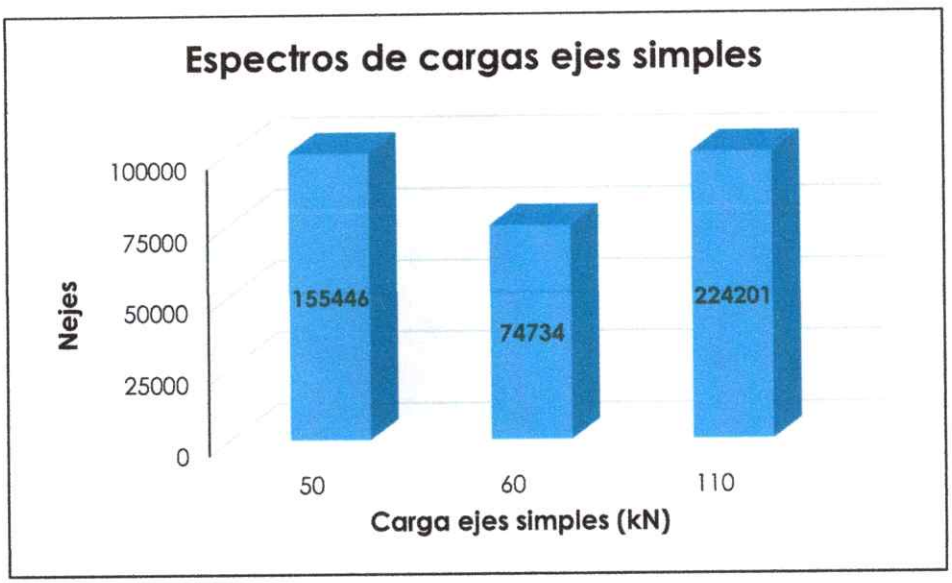
En concordancia con lo mencionado anteriormente, la tabla siguiente presenta la cantidad de ejes pesados con cargas y configuraciones específicas que transitan por el carril durante el periodo de diseño.

Tabla 17 - Distribución del número de ejes estación de aforo 1

CARGA (kN)	#ejes/d				Sumatoria #ejes/d	Nejes
Ejes simples	**Buseta**	**C2-P**	**C2-G**	**C3-S2**		
50	9	13			22	155446
60			10	1	11	74734
110	9	13	10		32	224201
Ejes tándem						
220				2	2	11957

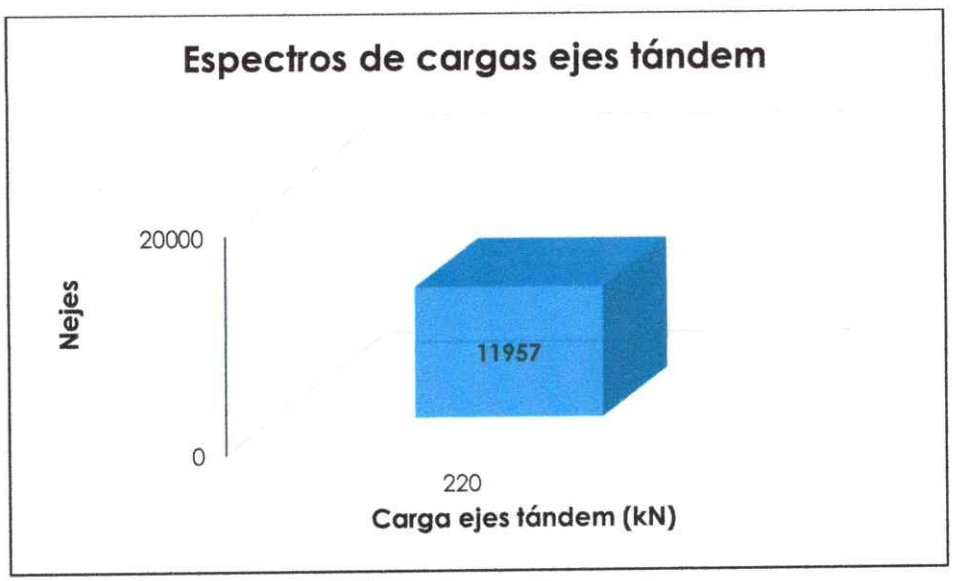
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3 - Espectros de cargas ejes simples



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4 - Espectros de cargas ejes tándem



Fuente: Elaboración propia

Según los datos proporcionados, se observa que la mayoría de los ejes en la vía son simples. La distribución de estos ejes simples se detalla de la siguiente

manera: para cargas de 50 kN, se contabilizan 155.446 ejes; para cargas de 60 kN, hay 74.734 ejes; y para cargas de 110 kN, se registran 224.201 ejes. En cuanto a los ejes tándem, se registra un total de 11.957 en los espectros de carga.

5. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Este capítulo presenta el cálculo de capacidad y niveles de servicio de la vía de intervención.

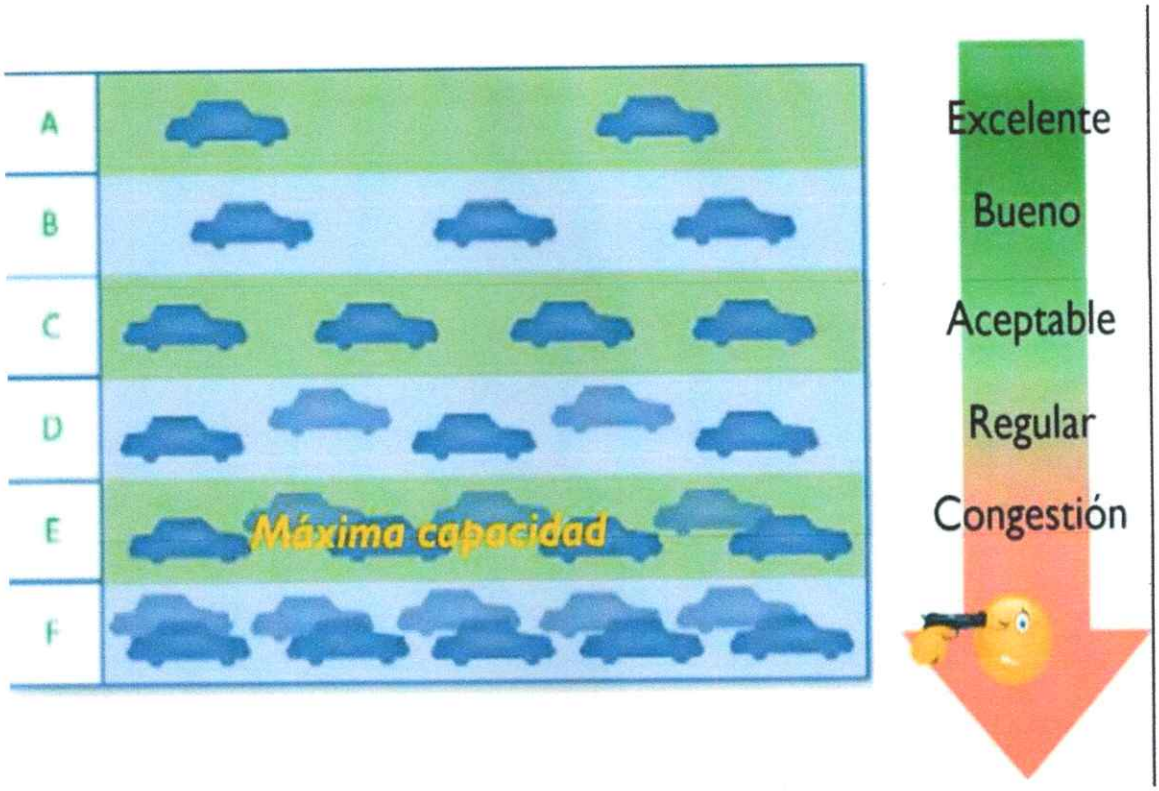
5.1. CAPACIDAD

La capacidad de una carretera de dos carriles se refiere al número máximo de vehículos que pueden circular por un punto o tramo uniforme de la vía, en ambos sentidos, durante un periodo de tiempo determinado y bajo las condiciones actuales de la vía y del tránsito.

5.2. NIVELES DE SERVICIO

Se define el Nivel de Servicio de un sector de una carretera de dos carriles como la calidad del servicio que ofrece esta vía a sus usuarios, que se refleja en grado de satisfacción o contrariedad que experimentan al usar la vía.

Ilustración 7 - Niveles de servicio



Fuente: Tomado de Google Sites

5.3. DATOS DE ENTRADA

A continuación, se presentan los datos de entrada tomados del diseño geométrico, el manual del INVIAS y del presente estudio:

Tabla 18 - Datos de entrada

Características de la vía	
Ancho de carril (m)	3.25
Ancho de berma (m)	0.5
Pendiente promedio (%) y tipo de terreno	2.0
Tipo de terreno	Plano
Longitud del sector (m)	5063.803
Radio de curvatura (m)	41.0

Características del tránsito	
Distribución por sentido	50/50
Porcentajes de zonas de no rebase (%)	20
Composición vehicular	
Automóviles (%)	23
Buses (%)	22
Camiones (%)	55
Volumen horario total ambos sentidos (Veh/h)	4

Fuente: Elaboración propia

5.4. CALCULO DE CAPACIDAD

A continuación, se presenta el cálculo de la capacidad según el "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de Dos Carriles" de INVIAS (2022). Este manual establece que la capacidad ideal de una carretera de dos carriles en Colombia, bajo condiciones óptimas, es de 3,200 automóviles por hora en ambos sentidos. Sin embargo, esta capacidad ideal, representada como c_i, se ajusta mediante varios factores de corrección que reflejan el grado en que las condiciones reales se desvían de las estipuladas en el manual. Estos factores transforman la capacidad ideal en la capacidad real para las condiciones específicas analizadas. Por lo tanto, la capacidad en vehículos mixtos por hora (c_{60}) se calcula utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 6 - Capacidad en vehículos mixtos por hora

$$C_{60} = C_i * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p$$

Fuente: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

Donde:

- ✓ **C_{60}**: Capacidad en vehículos mixtos por hora.

- ✓ **C_i**: Capacidad de una carretera de dos carriles en Colombia, en condiciones ideales, es de 3200 automóviles por hora en ambos sentidos.
- ✓ **F_{pe}**: Factor de corrección a la capacidad por pendiente.
- ✓ **F_d**: Factor de corrección a la capacidad por distribución del tránsito por sentidos.
- ✓ **F_{cb}**: Factor de corrección por anchos de carril y berma utilizable.
- ✓ **F_p**: Factor de corrección por presencia de vehículos pesados.

5.4.1. FACTOR DE CORRECCIÓN A LA CAPACIDAD POR PENDIENTE (Fpe)

Las pendientes disminuyen la velocidad de los vehículos en comparación con la velocidad que pueden alcanzar en una superficie horizontal. Esta reducción provoca un aumento en los intervalos entre los vehículos que forman parte de un pelotón, lo que a su vez conlleva una disminución de la capacidad vial. Este efecto se refleja en el factor de corrección (F_{pe}), según la tabla 19. Considerando las condiciones de la pendiente y la longitud del tramo, el factor de corrección correspondiente es 0.97.

Tabla 19 - Factor corrección a la capacidad por pendiente (F_{pe})

	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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

5.4.2. FACTOR DE CORRECCIÓN A LA CAPACIDAD POR DISTRIBUCIÓN POR SENTIDOS (F_d)

Una carretera de dos carriles puede saturarse si uno de los carriles alcanza su capacidad máxima, aunque el volumen de tránsito en el otro carril sea muy bajo. Además, es importante considerar las oportunidades reales de adelantamiento que ofrece el tramo analizado, lo cual se mide por el porcentaje de zonas de no rebase. El efecto de estas dos variables se refleja en el factor de corrección según la tabla correspondiente. Para este proyecto, considerando que el porcentaje de ascenso es del 50% y el de zonas de no rebase es del 20%, el factor de corrección es 1.

(*) Es importante aclarar que el Manual sugiere ciertas indicaciones según el tipo de terreno. Dado que el terreno es plano, se asume un porcentaje de rebase del 20%, tal como se mencionó anteriormente.

Tabla 20 - Porcentaje de zonas de no rebase (%)

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

Fuente: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

Tabla 21 - Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (F_d)

Distribución por sentidos (% en ascenso)	% de zonas de no rebase					
	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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

5.4.3. FACTOR DE CORRECCIÓN A LA CAPACIDAD POR EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y BERMA (F_{cb})

Los carriles y bermas estrechos, así como la ausencia o malas condiciones de estas, reducen la confianza de los conductores, lo que provoca una disminución de la velocidad, un aumento en los intervalos entre vehículos y, en consecuencia, una reducción de la capacidad de la vía. El factor que cuantifica este efecto se determina en la siguiente tabla. Para este

proyecto, considerando que la berma es de 0.5 metros y el ancho del carril es de 3.25 metros, el factor de corrección es 0.96.

Tabla 22 - Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho ce carril y berma (F_{cb})

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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

5.4.4. FACTOR DE CORRECCIÓN A LA CAPACIDAD POR LA PRESENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS EN PENDIENTES ASCENDENTES

La Capacidad se define como el número máximo de intervalos entre vehículos que pueden pasar por un punto de una vía en una hora. Los vehículos pesados reducen este número de intervalos por varias razones: primero, su paso demora más debido a su mayor longitud y menor velocidad; segundo, retardan el avance de vehículos más rápidos al obligarlos a disminuir su velocidad; y tercero, el paso de un vehículo pesado incrementa el intervalo entre vehículos. El efecto de la reducción en Capacidad causada por los vehículos pesados se cuantifica mediante un factor presente en la siguiente tabla. Considerando las condiciones de la zona, como la pendiente ascendente del proyecto, la longitud del tramo y el porcentaje de vehículos pesados, el equivalente camión es 1.65.

Tabla 23 - Equivalentes camión E_c

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

Fuente: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

En tal sentido, el factor de corrección a la capacidad debido a la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes es:

Ecuación 7 - Factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados

$$F_p = \frac{1}{1+P_c*(E_c-1)} = \frac{1}{1+77\%*(1.65-1)} = 0.87$$

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- ✓ **Pc**: %B + %C
- ✓ **Ec**: Equivalente camión

5.4.5. CAPACIDAD EN VEHÍCULOS MIXTOS POR HORA

Finalmente, según la ecuación 8 y considerando los factores de corrección, la capacidad en vehículos mixtos por hora es:

Ecuación 8 - Capacidad en vehículos mixtos por hora

$$C_{60} = 3200 * 0.97 * 1 * 0.96 * 0.87 = \mathbf{2592.46}\frac{\boldsymbol{veh}}{\boldsymbol{h}}$$

Fuente: Elaboración propia

5.4.6. CAPACIDAD EN VEHÍCULOS CON FACTOR DE PICO HORARIO (FPH)

La fracción de hora elegida es de cinco minutos, y para ajustar la Capacidad, se multiplica la capacidad horaria por un factor menor que uno, el cual reduce la capacidad en una magnitud igual al aumento aleatorio normal del volumen durante el período de cinco minutos de mayor demanda. Este factor es conocido como el factor de pico horario (FPH), y se debe estimar utilizando el valor correspondiente de la Tabla 24. Multiplicando la capacidad C_{60} por el FPH, se obtiene la capacidad C_5 en vehículos mixtos (livianos y pesados) por hora, ajustada para las condiciones estudiadas y compensando las variaciones aleatorias normales que ocurren durante períodos de cinco minutos.

Ecuación 9 – Capacidad en vehículos con factor de pico horario

$$C_5 = C_{60} * FPH$$

Fuente: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

Donde:

- ✓ **C_5:** Capacidad del sector en vehículos mixtos por hora en ambos sentidos, teniendo en cuenta las variaciones del volumen durante el periodo de cinco minutos de la hora pico. (Veh/h)
- ✓ **C_{60}:** Capacidad en vehículos mixtos por hora
- ✓ **FPH:** Factor pico horario

Tabla 24 - Factores de pico horario basados en períodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos (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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

Como se mencionó anteriormente, la tabla 24 presenta los factores pico y, según el cálculo, C_{60} es igual a 2592.46 $\frac{veh}{h}$ y el factor pico es 0.96. Por lo tanto, la capacidad del sector en vehículos mixtos por hora en ambos sentidos, considerando las variaciones del volumen durante el período de cinco minutos de la hora pico, es:

Ecuación 10 – Capacidad en vehículos con factor de pico horario (FPH)

$$C_5 = 2973.32 * 0.96 = \mathbf{2488.76}\frac{veh}{h}$$

Fuente: Elaboración propia

5.5. CÁLCULO DE NIVELES DE SERVICIO

A continuación, se presenta el cálculo de capacidad, teniendo en cuenta el "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022). Como el indicador principal para determinar el Nivel de Servicio es la velocidad media de recorrido de la corriente vehicular mixta (vehículos livianos y pesados), el procedimiento consiste en determinar esa velocidad. Dado que la vía se encuentra en circulación normal, es decir, en estado óptimo de la superficie de rodadura, se deben seguir los siguientes pasos:

5.5.1. VELOCIDAD IDEAL DE AUTÓMOVILES A FLUJO LIBRE V1

Se debe determinar la velocidad ideal de automóviles a flujo libre, considerando la inclinación de la pendiente ascendente en estudio, la longitud de la vía y la tabla 25. En este caso, la velocidad media ideal es de 80 km/h.

Tabla 25 -Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V1)

	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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

5.5.2. FACTOR DE CORRECCIÓN POR EL EFECTO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN (F_U)

A continuación, se debe determinar el factor de corrección por el efecto del factor de utilización, teniendo en cuenta la relación entre Volumen y Capacidad según la tabla 26. Ambas variables deben corresponder a un período de sesenta minutos.

Ecuación 11 - Factor de corrección por el efecto del factor de utilización (F_U)

$$Fu = \frac{Q}{C_{60}}$$

Fuente: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

Donde:

- ✓ **F_U:** Factor de utilización
- ✓ **Q:** Volumen
- ✓ **C_{60}:** Capacidad en vehículos mixtos por hora

Si bien se debe considerar la tabla 26 y la relación volumen/capacidad, que en este caso es igual a 0.001, se asume un factor de corrección igual a 1.

Tabla 26 - Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad

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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

5.5.3. FACTOR DE CORRECCIÓN POR EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y BERMA (F_{cb})

A continuación, se presenta el valor del factor de corrección por el efecto combinado del ancho de carril y berma (f_{cb}) de acuerdo con la tabla 27, considerando el ancho de berma y el ancho del carril. Según lo anterior, el factor de corrección es igual a 0.84.

Tabla 27 - Factores de corrección a Nivel de Servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (f_{cb})

Ancho de la berma (m)	Ancho de carril (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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

5.5.4. VELOCIDAD DE AUTOS V2

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se procede a calcular la velocidad V2, que es igual a:

Ecuación 12 - Velocidad de autos V2

$$V2 = V1 * fu * fcb = 80\frac{km}{h} * 1 * 0.84 = 67.2\frac{km}{h}$$

Fuente: Tomado del Manual y adaptado a elaboración propia

5.5.5. FACTOR DE CORRECCIÓN POR LA PRESENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS (F_P)

Se calcula el valor inicial del factor de corrección por la presencia de vehículos pesados (f_P) aplicando la tabla 28 para determinar la equivalencia vehicular de los camiones, teniendo en cuenta la pendiente y la longitud de la pendiente. Solo se considera el porcentaje de camiones.

Ecuación 13 - Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados (F_P)

$$f_p = \frac{1}{1} + (\%C) * (E_c - 1)$$

Fuente: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

Donde:

- ✓ **F_P:** Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados.
- ✓ **%C:** Porcentaje de camiones.
- ✓ **E_C:** Equivalencia vehicular de los camiones.

Tabla 28 - Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (f_P)

			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

Fuente: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

De acuerdo con lo anterior, el equivalente de camión es igual a 1.38. En tal sentido, el factor de corrección por la presencia de vehículos pesados es igual a:

Ecuación 14 - Factor por corrección por la presencia de vehículos pesados

$$f_p = \frac{1}{1} + (55\%) * (1.38 - 1) = 1.209$$

Fuente: Elaboración propia

5.5.6. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TORTUOSIDAD (F_t)

Según la tabla 29, se determina el factor de corrección por tortuosidad del tramo en estudio. Para este caso, el factor de corrección es igual a 0.99, considerando que la pendiente es del 2.0%.

Tabla 29 - Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (F_t)

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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

5.5.7. VELOCIDAD DE TRAMO

Ahora, teniendo en cuenta lo anterior se procede a calcular la velocidad del tramo que es igual a:

Ecuación 15 - Velocidad de tramo

$$V_M = V2 * fp * ft = 67.2\frac{km}{h} * 1.209 * 0.99 = 80.43\frac{km}{h}$$

Fuente: Tomado del Manual y adaptado a elaboración propia

5.5.8. NIVEL DE SERVICIO

De acuerdo con el procedimiento realizado anteriormente y teniendo en cuenta la siguiente tabla junto con la velocidad ideal recomendada por el manual del INVIAS, que es de 90 $\frac{km}{h}$, además de la velocidad del tramo que es igual a 80.43 $\frac{km}{h}$ y considerando el tipo de terreno plano, se determina que

el nivel de servicio, basado en la relación entre $\frac{VM}{Vi} * 100$, es B, ya que dicha relación es igual a 89.37%.

Tabla 30 - Definición de Nivel de Servicio con base en la relación entre 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: Tomado del "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" INVIAS (2022)

El nivel de servicio B indica que, 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.

6. CONCLUSIONES

- ✓ El estudio de tránsito realizado proporciona información importante para el diseño de la estructura de pavimento de la vía que conecta las veredas Miramar y Unión Alto Satoca, así como el acceso a la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Saravena.

- ✓ De acuerdo con los resultados obtenidos y en conformidad con los criterios establecidos por el Instituto Nacional de Vías, se clasifica el tránsito como nivel NT1.

Tabla 100 – 1. Niveles de Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

- ✓ Utilizando la estación de aforo designada para este estudio, se recopiló la información necesaria para proyectar los ejes equivalentes de 8.2 toneladas, con el objetivo de diseñar la estructura de pavimento flexible y rígido (INVIAS 2008). Además, se obtuvo la proyección de espectros de cargas para el diseño de pavimento rígido (PCA).

- ✓ La proyección del tránsito para el pavimento flexible se realizó considerando un periodo de diseño de 10 años, mientras que para el pavimento rígido se proyectó para un periodo de diseño de 20 años.

- ✓ El tránsito promedio diario semanal consta de 42 vehículos, distribuidos de la siguiente manera: un 23% son automóviles, un 22% corresponden a busetas, mientras que los camiones C2-P y C2-G representan el 30% y el 23% respectivamente. Finalmente, tan solo el 1% corresponde a camiones del tipo C3-S2.

- ✓ Los ejes equivalentes de 8.2 toneladas se calculan en 195.263 para un periodo de diseño de 10 años, y en 457.679 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para un periodo de diseño de 20 años.

- ✓ En relación con los espectros de cargas, se observa que la mayoría de los ejes en la vía son simples. La distribución de estos ejes simples se detalla de la siguiente manera: para cargas de 50 kN, se contabilizan 155.446 ejes; para cargas de 60 kN, hay 74.734 ejes; y para cargas de 110 kN, se registran 224.201 ejes. En cuanto a los ejes tándem, se registra un total de 11.957 en los espectros de carga.

- ✓ Tras aplicar los diversos factores de corrección y ajustes según el "Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles" del INVIAS, se determinó que la capacidad del sector en vehículos mixtos por hora, considerando el período de cinco minutos de la hora pico, es de aproximadamente 2488.76 vehículos y 2592.46 veh/h sin factor de pico horario.

- ✓ Finalmente, tomando en cuenta la velocidad ideal recomendada de 90 km/h y la velocidad del tramo de 80.43 km/h, y calculando la relación entre la velocidad media y la velocidad ideal, el nivel de servicio se clasifica como B. El Nivel de Servicio B indica que, aunque aún es posible mantener un flujo de tráfico relativamente fluido, comienzan a aparecer ciertas restricciones que pueden reducir ligeramente la velocidad debido a las especificaciones geométricas de la vía o a ligeras interferencias con otros vehículos. La libertad para conducir a la velocidad deseada y maniobrar dentro del tráfico se ve algo limitada, lo que puede requerir adelantar a otros vehículos con mayor frecuencia. A pesar de estas restricciones, el nivel general de libertad y comodidad para el conductor sigue siendo bueno.

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Dado que el número de ejes equivalentes es inferior a 500,000, la categoría de tránsito según el INVIAS se clasifica como NT1. En consecuencia, se recomienda que los materiales utilizados en la estructura del pavimento cumplan con los lineamientos establecidos para la categoría NT1.

- ✓ Para la construcción de la vía del proyecto mediante una estructura de pavimento flexible, se recomienda emplear un tránsito de diseño de 195.263 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño, para un periodo de diseño de 10 años.

- ✓ En caso de optar por una estructura de pavimento rígido para la construcción de la vía del proyecto, es fundamental considerar los

espectros de carga calculados en este informe para un periodo de diseño de 20 años utilizando el método de la PCA. En el caso del método INVIAS (2008), se recomienda emplear los ejes equivalentes de 8.2 toneladas proyectados a 20 años, que corresponden a 457.679 NEE.

- ✓ Si durante la construcción de la vía ocurren circunstancias no previstas en este informe, se sugiere notificar al Ingeniero Consultor. De esta manera, se podrán buscar las soluciones y recomendaciones más apropiadas para abordar la situación de manera efectiva.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hugo Alexander Rondón Quintana, F. A. R. L. (2022). Pavimentos Materiales, construcción y diseño (E. Edciones, Ed.).

Ministerio de Transporte INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. (2022a). *Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022*. https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/14480-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-2022-1/file

Ministerio de Transporte INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. (2022b). *Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles Tercera versión*. https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-

documentos/documentos-tecnicos/12869-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-tercera-version-2022/file

MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO. (2007). *MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO*.

9. ANEXOS

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 12/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Saravia
Coordinador:
Proyecto: Pavimento Miramar - PTAP.
Estacion de aforo: Entrada Vereda U Alto Satoca
Hoja: 1 de 2
Hora de inicio: 6:00 am Hora final: 6:00 pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
6:00am-6:59am	14	1	0	1	0	0	0	0
7:00am-7:59am	11	0	0	5	0		0	0
8:00am-8:59am	18	1	0	1	0	0	0	0
9:00am-9:59am	16	0	0	0	1	0	0	0
10:00am-10:59am	9	0	0	0	0	0	0	0
11:00am-11:59am	13	0	0	0	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 12/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Saravia
Coordinador:
Proyecto: Pavimento Miramar - PTAP.
Estacion de aforo: Entrada Vereda Union Alto Satoca.
Hoja: 2 de 2
Hora de inicio: 6:00am Hora final: 6:00 pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
12:00am-12:59am	15	0	0	0	0	0	0	0
1:00pm-1:59pm	19	4	2	0	1	0	0	0
2:00pm-2:59pm	3	0	0	0	1	0	0	0
3:00pm-3:59pm	8	0	0	1	0	0	0	0
4:00pm-4:59pm	14	2	0	3	0	0	0	0
5:00pm-6:00pm	12	1	0	1	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 13/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Somoza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Miramar - PTAP.
Estacion de aforo: Entrada Vereda Union Alto Satoca.
Hoja: 1 de 2
Hora de inicio: 6:00 am Hora final: 6:00 Pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
6:00am-6:59am	11	0	0	2	0	0	0	0
7:00am-7:59am	20	1	0	1	0	0	0	0
8:00am-8:59am	9	0	0	1	0	0	0	0
9:00am-9:59am	4	0	0	2	1	0	0	0
10:00am-10:59am	9	0	0	2	0	0	0	0
11:00am-11:59am	11	0	0	0	1	0	0	0

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 13/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Somoza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Miramar - PTAP.
Estacion de aforo: Entrada Vereda Union Alto Satoca
Hoja: 2 de 2
Hora de inicio: 6:00am Hora final: 6:00 Pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
12:00am-12:59am	18	1	0	0	0	0	0	0
1:00pm-1:59pm	15	1	2	0	1	0	0	0
2:00pm-2:59pm	12	0	0	1	0	0	0	0
3:00pm-3:59pm	10	2	0	3	0	0	0	0
4:00pm-4:59pm	12	0	0	2	0	0	0	0
5:00pm-6:00pm	22	1	0	4	1	0	0	0

OBSERVACIONES:

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	**Fecha:** Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**Informe De Estudio de Tránsito**

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 14/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Somoza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Miramar - PTAP
Estacion de aforo: Entrada vereda Union Alto Satoca
Hoja: 1 de 2
Hora de inicio: 6 am Hora final: 6 pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P 2 EJES-PEQUEÑO	C2-G 2 EJES-GRANDES	C3-C4 3-4 EJES	C5 5 EJES	> C5 >5 EJES
6:00am-6:59am	12	1	0	1	0	0	0	0
7:00am-7:59am	22	0	0	0	0	0	0	0
8:00am-8:59am	10	2	0	0	0	0	0	0
9:00am-9:59am	7	0	0	0	0	0	0	0
10:00am-10:59am	12	2	0	0	0	0	0	0
11:00am-11:59am	10	0	0	0	1	0	0	0

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 14/03/2024
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Somoza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Miramar - PTAP
Estacion de aforo: Entrada vereda union Alto Satoca
Hoja: 2 de 2
Hora de inicio: 6 am Hora final: 6 pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P 2 EJES-PEQUEÑO	C2-G 2 EJES-GRANDES	C3-C4 3-4 EJES	C5 5 EJES	> C5 >5 EJES
12:00am-12:59am	11	2	0	0	0	0	0	0
1:00pm-1:59pm	18	1	1	0	1	0	0	0
2:00pm-2:59pm	11	0	0	0	0	0	0	0
3:00pm-3:59pm	9	0	0		1	0	0	0
4:00pm-4:59pm	11	1	0	1	0	0	0	0
5:00pm-6:00pm	18	1	0	1	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 15-03-24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Sameza.
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Murmar – PTAP.
Estacion de aforo: Entrada vereda Union Alto Satoca.
Hoja: 1 de 2
Hora de inicio: 6:00 am Hora final: 6:00 pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
6:00am-6:59am	16	0	0	0	0	0	0	0
7:00am-7:59am	15	1	1	1	0	0	0	0
8:00am-8:59am	16	0	1	0	0	0	0	0
9:00am-9:59am	17	0	0	3	0	0	0	0
10:00am-10:59am	8	0	0	0	0	0	0	0
11:00am-11:59am	10	0	0	0	1	0	0	0

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 15/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Sameza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Murmar – PTAP.
Estacion de aforo: Vereda Union Alto satoca
Hoja: 2 de 2
Hora de inicio: 6:00 am Hora final: 6:00 pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
12:00am-12:59am	12	0	0	0	0	0	0	0
1:00pm-1:59pm	20	0	1	1	0	0	0	0
2:00pm-2:59pm	5	2	0	0	1	0	0	0
3:00pm-3:59pm	8	0	0	0	0	0	0	0
4:00pm-4:59pm	10	0	1	0	0	0	0	0
5:00pm-6:00pm	7	0	0	1	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 16/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Somoza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Miramar - PTAP.
Estacion de aforo: Entrada Vereda Union Alto Satoca.
Hoja: 1 de 2
Hora de inicio: 6:00 am Hora final: 6:00 pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
6:00am-6:59am	10	0	0	0	0	0	0	0
7:00am-7:59am	21	1	0	1	0	0	0	0
8:00am-8:59am	14	2	0	1	0	0	0	0
9:00am-9:59am	22	1	0	0	1	0	0	0
10:00am-10:59am	13	1	0	0	0	0	0	0
11:00am-11:59am	10	0	0	0	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 16/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Somoza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Miramar - PTAP.
Estacion de aforo: Entrada Vereda Union Alto Satoca
Hoja: 2 de 2
Hora de inicio: 6 am Hora final: 6 pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
12:00am-12:59am	14	0	0	0	0	0	0	0
1:00pm-1:59pm	23	3	0	0	0	0	0	0
2:00pm-2:59pm	8	4	0	0	0	0	0	0
3:00pm-3:59pm	13	3	0	1	0	0	0	0
4:00pm-4:59pm	12	5	0	0	0	0	0	0
5:00pm-6:00pm	10	2	0	1	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 17/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Semeza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Murama - PTAP.
Estacion de aforo: Vereda Union Alto Satoca.
Hoja: 1 de 2
Hora de inicio: 6.am Hora final: 6.pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
6:00am-6:59am	10			1				
7:00am-7:59am	12	1						
8:00am-8:59am	8			1				
9:00am-9:59am	16	2			1			
10:00am-10:59am	10	1						
11:00am-11:59am	12							

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 17/03/24
Condicion climatica: Seco
Aforador: Cristian Semeza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Murama - PTAP.
Estacion de aforo: Entrada vereda Union Alto Satoca
Hoja: 2 de 2
Hora de inicio: 6 am Hora final: 6. pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (>5 EJES)
12:00am-12:59am	12	0	0	0	0	0	0	0
1:00pm-1:59pm	15	0	0	0	0	0	0	0
2:00pm-2:59pm	10	3	0	0	0	0	0	0
3:00pm-3:59pm	8	2	1	0	0	0	0	0
4:00pm-4:59pm	10	1	0	0	0	0	0	0
5:00pm-6:00pm	3	0	0	0	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 18-03-24
Condicion climatica: Lluvia en horas de la Mañana
Aforador: Cristian Somosa
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Miramar – PTAP
Estacion de aforo: Entrada Vereda Alto Satoca
Hoja: 1 de 2
Hora de inicio: 6:00 am Hora final: 6:00 Pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (+5 EJES)
8:00am-8:59am	12	0	0	2	1	0	0	0
7:00am-7:59am	15	1	0	2	0	0	0	0
8:00am-8:59am	10	1	0	1	1	0	1	0
9:00am-9:59am	18	0	0	0	0	0	0	0
10:00am-10:59am	12	0	0	0	0	0	0	0
11:00am-11:59am	10	1	0	1	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA AFORO VEHICULAR

Fecha: 18-03-24
Condicion climatica: Lluvia (Mañana) Tarde (Seca)
Aforador: Cristian Someza
Coordinador:

Proyecto: Pavimento Miramar – PTAP
Estacion de aforo: Entrada Vereda U.Alto Satoca
Hoja: 2 de 2
Hora de inicio: 6:00 am Hora final: 6:00 Pm

PERIODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2-P (2 EJES-PEQUEÑO)	C2-G (2 EJES-GRANDES)	C3-C4 (3-4 EJES)	C5 (5 EJES)	> C5 (+5 EJES)
12:00am-12:59am	13	0	0	0	0	0	0	0
1:00pm-1:59pm	14	0	2	0	0	0	0	0
2:00pm-2:59pm	8	1	0	0	0	0	0	0
3:00pm-3:59pm	7	0	0	2	1	0	0	0
4:00pm-4:59pm	9	0	0	1	0	0	0	0
5:00pm-6:00pm	10	2	0	2	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

18 de noviembre de 2024

Señores:
MUNICIPIO DE SARAVENA

Asunto: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo MARÍA FERNANDA COBA PALOMINO, identificada con cédula de ciudadanía No. 1007380983 de Bogotá, en mi condición de INGENIERA CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 091037-0625188 CND, declaro que realicé el estudio de tránsito del proyecto cuyo objeto es "**MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**", así mismo declaro que asumo la responsabilidad del perjuicio que por causa de él pueda deducirse.

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

MARÍA FERNANDA COBA PALOMINO
CC. 1007380983 de Bogotá D.C,
Ingeniera Civil – Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos
M.P No. 091037-0625188 CND

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-3155860

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL ENCARGADO

CERTIFICA:

1. Que MARIA FERNANDA COBA PALOMINO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1007380983, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 091037-0625188 CND desde el 08 de Julio de 2022, otorgado(a) mediante Resolución Nacional R2022024610.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los dieciocho (18) días del mes de Noviembre del año dos mil veinticuatro (2024).

Angela Patricia Alvarez Ledesma

Firma del titular (*)

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

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA – COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

	INFORME DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	Fecha: Marzo de 2024
	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO DE SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Informe De Estudio de Tránsito

REPÚBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACIÓN PERSONAL
CÉDULA DE CIUDADANÍA

NÚMERO 1.007.380.983
COBA PALOMINO
APELLIDOS
MARIA FERNANDA
NOMBRES

FIRMA

FECHA DE NACIMIENTO 15-JUL-2000
BOGOTA D.C
(CUNDINAMARCA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.58 ESTATURA | O+ G.S. RH | F SEXO

17-JUL-2018 BOGOTA D.C.
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICIÓN

REGISTRADOR NACIONAL
JUAN CARLOS GALINDO VACHA

INDICE DERECHO

P-1500150-01092616-F-1007380983-20190812 0067252802A 1 9909570942