

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines.

“ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL EN EL TRAMO DE CARRETERA KM 37 AL KM 47, TIPITAPA - MALACATOYA, 2023”

Trabajo del Taller Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Gerardo Javier
Downs Bustillo

Br. Sofía Hildamara
Rizo Alaniz

Br. Miurell Saraí
Velazquez V.

Tutor:

Ng. Beatriz De Los
Ángeles Torrez
Rodríguez.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profunda gratitud a mis padres, Gerardo Javier Downs Rocha y Dinnia María Bustillo Pérez, quienes han sido mi fuente inagotable de apoyo y amor incondicional a lo largo de toda mi vida, especialmente durante mis estudios. Su constante aliento y sacrificio han sido fundamentales para alcanzar mis metas académicas y personales.

A Miurell y Sofia, por su dedicación, esfuerzo y trabajo en equipo a lo largo de este proyecto. Su apoyo y colaboración han sido fundamentales para el desarrollo y la culminación de nuestra investigación. Gracias por compartir este viaje académico conmigo y por contribuir con sus valiosas ideas y conocimientos.

Además, quiero extender mi agradecimiento a nuestra tutora, MSc. Ing. Beatriz Torrez, por su guía, paciencia y valiosas recomendaciones a lo largo de este proceso. Su experiencia y sabiduría han sido esenciales para el éxito de este trabajo.

Br. Gerardo Javier Downs Bustillo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Margarita, una amiga invaluable que conocí desde el primer día de universidad. Su amistad sincera y su apoyo constante han iluminado mi camino durante estos años de estudio.

A Eleazar, amigo que siempre estuvo dispuesto a explicarme cualquier tema con paciencia y claridad, contribuyendo enormemente a mi formación académica.

A Jemser, cuyo apoyo incondicional y compañía fueron fundamentales, incluso en materias ajenas a mi carrera.

También dedico este trabajo a mis amigos Axel y Ninfa, cuya amistad y ánimo han enriquecido mi vida de formas invaluable, e hicieron todos estos años de universidad más tolerables.

Br. Gerardo Javier Downs Bustillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primer lugar por darme la oportunidad de seguir viviendo, A mis padres y abuelitos por su apoyo incondicional, agradezco a nuestra tutora Ing. Beatriz Torrez, por su sabiduría, paciencia y compromiso en guiarme en este camino, por último, quiero agradecer a mi alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería, por brindarme una formación académica integral y por instaurar en mis los valores de creatividad y perseverancia.

Br. Sofía Hildamara Rizo Alaníz

DEDICATORIA

Primeramente, a DIOS por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día.

A mi madre por su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A mis abuelitos, cuyo amor y sabiduría me han guiado a lo largo de mi vida, por enseñarme a trabajar y ser perseverante en mis proyectos.

A mi maestra por su gran apoyo para la culminación de nuestro estudio monográfico, por darnos los conocimientos obtenidos y haberme llevado paso a paso en el aprendizaje.

Br. Sofía Hildamara Rizo Alaníz

AGRADECIMIENTO

Gracias al *Eterno*, por ser tan bueno y maravilloso conmigo, porque me ha permitido una vez más culminar otra etapa importante en mi vida. Todo se lo debo a Él.

A mi padre, *Víctor Vicente Velásquez Camey*, por haberme apoyado y dado la ayuda necesaria para culminar con éxito toda mi vida estudiantil. Por ser un padre esforzado y dedicado, ejemplo que me llenó de inspiración y me permitió seguir adelante.

A mi madre, *Doris Rachel Velásquez Granados*, porque sin ella no hubiese sido la persona que hoy soy. Gracias por creer en mí y estar siempre a mi lado. Te amo, mamá.

A mi esposo, *Jefferson Alberto Castillo Tórrez*, por ser pieza clave para que mi estadía por la universidad fuera más llevadera. Gracias a su hombro incondicional. Te amo una miriada.

Le agradezco a toda mi familia hermosa, por estar ahí aconsejándome y motivándome a persistir en mi carrera. Gracias por creer en mí; los amo.

Una mención especial para mis compañeros de tesis: *Gerardo Downs* y *Sofía Rizo*, quienes estuvieron este tiempo conmigo y me permitieron ser parte de su equipo. Por su dedicación y esfuerzo.

A nuestra tutora, *Ingeniera Tórrez*, por su disposición, su tiempo y su apoyo invaluable en todo este proceso.

A todos los que en algún momento me brindaron su ayuda y conocimiento para poder seguir adelante en los estudios de mi carrera, en especial a Eleazar López Roiz.

Br. Miurell Saraí Velásquez Velásquez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo monográfico al creador de los cielos y de la tierra, *Elohim*; quien ha sido mi luz y mi guía, por ser quien me dio la fuerza para avanzar y no desfallecer a lo largo de este duro camino. Quien me ha dado los tres pilares fundamentales para coronar esta carrera: Salud, Sabiduría y Perseverancia.

Con todo mi amor se lo dedico a mi madre, *Doris Rachel Velásquez Granados*, quien ha sido la pieza fundamental en esta y todas las etapas de mi vida. Quien ha estado conmigo en las buenas y malas, por amarme y apoyarme incondicionalmente.

Dedicado de todo corazón este esfuerzo, hasta el cielo, a mi papito, *José Francisco Velásquez Rocha*, quien fue mi padre hasta el último día de su vida y mi mayor fuente inspiración.

A mi mamita, *Flor de María Granados Ruiz*, por cuidar de mí desde que nací; por acompañarme y apoyarme a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi tío, *Hermón Josué Velásquez Granados*, porque su presencia en mi vida ha sido una bendición y por cuidar de mí como a una hija.

Finalmente, a mi esposo, *Jefferson Alberto Castillo Tórrez*, por ser parte de este proceso; de quien he recibido amor, comprensión y ayuda. Quien me ha alentado a seguir adelante en esta y otras etapas de mi vida. Te amo una miríada.

Br. Miurell Saraí Velásquez Velásquez

RESUMEN

El siguiente documento tiene como objetivo mostrar todos los estudios técnicos pertinentes para la realización del trabajo monográfico titulado “ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL EN EL TRAMO DE CARRETERA KM 37 AL KM 47, TIPITAPA - MALACATOYA, 2023”. El ensayo está dividido en tres importantes secciones llamadas “capítulos” que abordan distintos aspectos como la visión general, un marco teórico y los resultados de los estudios llevados a cabo.

El capítulo 1 presenta las generalidades del trabajo monográfico, la introducción, macro y micro localización del lugar del estudio, antecedentes, justificación y objetivos.

El capítulo 2 aborda la teoría de los estudios que se realizan para el proyecto.

El capítulo 3 muestra el procedimiento, análisis y resultados de los estudios realizados, los cuales son:

- Estudio de accidentalidad: Un análisis de los datos de accidentes de los últimos cinco años en el tramo de estudio, brindados por el departamento de Ingeniería de Tránsito de la Policía Nacional.
- Inventario vial: Una inspección de campo, por lo tanto, realizada en la carretera de estudio, en la que se enlistaron las condiciones de la vía, comprendiendo un levantamiento de drenajes, señalización vertical y señalización horizontal.
- Estudio de tránsito: Es el resultado del aforo hecho por 3 días en dos puntos del tramo, realizando clasificación vehicular y calculando el TPDA y demás factores de manda de la vía; y también se implementó la metodología del Manual de Capacidad de carreteras para calcular en qué nivel de servicio está la vía del estudio.
- Estudio de velocidad: Analiza el comportamiento de los conductores en la carretera con los datos de velocidad obtenidos en 2 puntos de control.
- Propuestas: Soluciones ingenieriles a los problemas que presenta la vía.

Por último, en las conclusiones se simplifican los resultados obtenidos de los estudios realizando un análisis de la situación de la vía y se proporcionan recomendaciones para mejorar el nivel de seguridad vial del tramo de estudio.

En los anexos muestra información complementaria muy importante para el desarrollo del trabajo, como formatos de obtención de datos de campo, imágenes y un juego de planos que ayuda a mostrar de manera ilustrativa la carretera de estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: GENERALIDADES	0
1.1. Introducción.....	1
1.1.1. Macro localización	2
1.1.2. Micro localización	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación.....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Estudio de accidentalidad.....	5
2.1.1. Clasificación de accidentes	5
2.1.1.1. Accidentes por severidad	5
2.1.1.2. Accidentes por causa	5
2.1.1.3. Accidentes por tipo.....	7
2.1.1.4. Accidentes por ocurrencia.....	7
2.1.1.5. Accidentes por puntos críticos.....	7
2.1.2. Magnitud del problema	7
2.2. Inventario vial	9
2.2.1. Clasificación funcional	9
2.2.2. Carpeta de rodamiento.....	10
2.2.3. Sección transversal	11
2.2.4. Señalización vial.....	12
2.2.4.1. Señalización vertical.....	13
2.2.4.1.1. Clasificación de las señales verticales	13
2.2.4.1.2. Características de la señalización vertical.....	14
2.2.4.1.3. Código de color en señales verticales.....	14
2.2.4.1.4. Tipos de señales verticales	15
2.2.4.1.5. Claro vertical o altura libre.....	17

2.2.4.1.6.	Claro lateral.....	18
2.2.4.2.	Señalización horizontal	19
2.2.4.2.1.	Líneas longitudinales.....	20
2.2.5.	Bahías de buses.....	20
2.2.6.	Drenajes	21
2.2.6.1.	Drenaje transversal	21
2.2.6.2.	Drenaje longitudinal.....	21
2.3.	Estudio de tránsito.....	22
2.3.1.	Aforo vehicular.....	22
2.3.2.	Clasificación vehicular	23
2.3.3.	Tránsito promedio diario anual	24
2.3.4.	Capacidad y niveles de servicio	25
2.4.	Estudio de velocidad	27
CAPITULO III: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		28
3.1.	Estudio de accidentalidad.....	28
3.1.1.	Clasificación de accidentes	28
3.1.1.1.	Accidentes por severidad	29
3.1.1.2.	Accidentes por causa	30
3.1.1.3.	Accidentes por tipo.....	31
3.1.1.4.	Accidentes por ocurrencia.....	33
3.1.1.5.	Accidentes por puntos críticos.....	38
3.1.2.	Magnitud del problema	39
3.1.2.1.	Índices con respecto a la población	39
3.1.2.2.	Índices con respecto a la longitud del tramo de estudio.....	41
3.1.2.3.	Índices con respecto al parque automotor	43
3.2.	Inventario vial	45
3.2.1.	Introducción	45
3.2.2.	Identificación del tramo en estudio	46
3.2.3.	Clasificación funcional	46
3.2.4.	Topografía del terreno.....	48

3.2.5.	Uso del suelo.....	51
3.2.6.	Estado de la carpeta de rodamiento.....	52
3.2.6.1.	Condiciones actuales del pavimento.....	52
3.2.7.	Sección transversal.....	55
3.2.7.1.	Derecho de vía en el tramo.....	57
3.2.8.	Señalización vertical.....	61
3.2.8.1.	Postes kilométricos.....	70
3.2.8.2.	Postes guías.....	74
3.2.9.	Señalización horizontal.....	76
3.2.10.	Bahías de buses.....	83
3.2.10.1.	Descripción de levantamientos.....	83
3.2.11.	Drenaje.....	85
3.2.11.1.	Drenaje transversal.....	85
3.2.11.2.	Drenaje longitudinal.....	89
3.3.	Estudio de tránsito.....	90
3.3.1.	Aforo vehicular.....	90
3.3.1.1.	Volúmenes de tránsito.....	90
3.3.1.2.	Clasificación vehicular.....	91
3.3.2.	Tránsito promedio diario anual.....	93
3.3.3.	Volumen de hora de máxima demanda y factor de hora de máxima demanda.	95
3.3.4.	Capacidad y niveles de servicio.....	98
3.4.	Estudio de velocidad.....	113
3.5.	Propuestas.....	118
	CONCLUSIONES.....	121
	Conclusiones.....	121
	RECOMENDACIONES.....	123
	Recomendaciones.....	123
	BIBLIOGRAFÍA.....	124
	ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Accidentes del tramo en estudio de 2019 al 2023	28
Tabla 2. Accidentes por severidad.....	29
Tabla 3. Accidentes por causa.....	30
Tabla 4. Accidentes por tipo.....	32
Tabla 5. Accidentes por mes.....	33
Tabla 6. Accidentes por día	34
Tabla 7. Accidentes por hora	36
Tabla 8. Puntos críticos	38
Tabla 9. Población de la zona de estudio	39
Tabla 10. Índices con respecto a la población	41
Tabla 11. Índices con respecto a la longitud	43
Tabla 12. Índices respecto al parque automotor.....	44
Tabla 13. Clasificación Funcional de las Carreteras	47
Tabla 14. Rango de Pendiente por Tipo de Terreno.....	48
Tabla 15. Pendientes del tramo	50
Tabla 16. Uso de suelo en el tramo.	51
Tabla 17. Criterio para evaluar la superficie de rodamiento.....	53
Tabla 18. Estado de la carpeta de rodamiento del tramo	54
Tabla 19. Secciones transversales en el tramo	56

Tabla 20. Derecho de vía de la estación 37+500.....	58
Tabla 21. Derecho de vía de la estación 44+250.....	59
Tabla 22. Derecho de vía de la estación 45+250.....	60
Tabla 23. Características del Estado de las Señales Verticales	61
Tabla 24. Estado de las señales de tránsito verticales existentes en el tramo	61
Tabla 25. Dispositivos de control de tránsito en el tramo.....	63
Tabla 26. Continuación de los dispositivos de control de tránsito en el tramo	64
Tabla 27. Señales verticales en el tramo	66
Tabla 28. Señales verticales encontradas en el tramo	67
Tabla 29. Delineadores de dirección tipo “Chevron” en el tramo en estudio..	68
Tabla 30. Levantamiento de señales de peligro en el tramo.....	69
Tabla 31. Datos levantados de postes kilométricos	70
Tabla 32. Continuación de los datos levantados de los postes kilométricos...	71
Tabla 33. Continuación de los datos levantados de los postes kilométricos...	72
Tabla 34. Continuación de los datos levantados de los postes kilométricos...	73
Tabla 35. Postes guías en el tramo	74
Tabla 36. Datos levantados de postes guías	75
Tabla 37. Datos levantados de línea central amarilla	77
Tabla 38. Datos de levantamiento de línea blanca en la banda derecha.....	78
Tabla 39. Datos de levantamiento de línea blanca en la banda izquierda	79

Tabla 40. Señalización horizontal de líneas en el tramo de estudio	80
Tabla 41. Líneas transversales de paso peatonal.....	81
Tabla 42. Levantamiento de las señales horizontales	82
Tabla 43. Descripción y localización de caseta de parada de bus en el tramo 83	
Tabla 44. Dimensión de la bahía de buses en el tramo	83
Tabla 45. Parada informal en el tramo	84
Tabla 46. Dimensiones de alcantarillas en el tramo.....	85
Tabla 47. Dimensiones de alcantarillas en el tramo.....	86
Tabla 48. Drenajes encontrados en el tramo	87
Tabla 49. Dimensiones de canales en el tramo	89
Tabla 50. Drenajes encontrados en el tramo	89
Tabla 51. Aforo vehicular por día	90
Tabla 52. Distribución direccional Estación 37+960	91
Tabla 53. Distribución direccional Estación 41+600	91
Tabla 54. Clasificación vehicular total.....	92
Tabla 55. Estación de mayor cobertura del tramo	93
Tabla 56. Factores para el cálculo de TPDA.....	94
Tabla 57. TPDA	94
Tabla 58. VHMD	95

Tabla 59. Resultados VHMD y FHMD	96
Tabla 60. Resumen Aforo vehicular	97
Tabla 61. Datos de la estación 37+960.....	99
Tabla 62. Datos de la estación 41+600.....	99
Tabla 63. Factor de ajuste por ancho de carril y hombro.....	101
Tabla 64. Factor de ajuste por densidad de puntos de acceso.....	101
Tabla 65. Factor de grano de ajuste	102
Tabla 66. Equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados	103
Tabla 67. Factor de ajuste de porcentaje de zona de no rebase	105
Tabla 68. Factor de ajuste por pendiente	106
Tabla 69. Equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados PTSF 107	
Tabla 70. Porcentaje de demora básica	108
Tabla 71. Porcentaje zona de no rebase	109
Tabla 72. Niveles de servicio para clasificación de carreteras.....	110
Tabla 73. Capacidad y niveles de servicio de la estación 37+960.....	112
Tabla 74. Capacidad y niveles de servicio de la estación 41+600.....	112
Tabla 75. Cantidad de vehículos analizados en el estudio de velocidad	115
Tabla 76. Velocidad permitida 60 kph.....	116
Tabla 77. Velocidad permitida 80 kph.....	117

Tabla 78. Resumen del estudio de velocidad	117
Tabla 79. Formato para Inventario Vial.....	II
Tabla 80. Formato Sección Transversal, Estación 37+000.....	III
Tabla 81. Formato Sección Transversal, Estación 38+000.....	IV
Tabla 82. Formato Sección Transversal, Estación 39+000.....	V
Tabla 83. Formato Sección Transversal, Estación 40+000.....	VI
Tabla 84. Formato Sección Transversal, Estación 41+000.....	VII
Tabla 85. Formato Sección Transversal, Estación 42+000.....	VIII
Tabla 86. Formato Sección Transversal, Estación 43+000.....	IX
Tabla 87. Formato Sección Transversal, Estación 44+000.....	X
Tabla 88. Formato Sección Transversal, Estación 45+000.....	XI
Tabla 89. Formato Sección Transversal, Estación 46+000.....	XII
Tabla 90. Formato Sección Transversal, Estación 47+000.....	XIII
Tabla 91. Formato para el levantamiento de señales verticales	XIV
Tabla 92. Formato para el levantamiento de las señales horizontales	XV
Tabla 93. Formato utilizado para el levantamiento de los drenajes	XVI
Tabla 94. Formato Utilizado para el Levantamiento de Postes Kilométrico y Defensas Metálicas.....	XVII
Tabla 95. Formato Utilizado para el Levantamiento de las Bahías	XVIII
Tabla 96. Formato de Observaciones.....	XIX

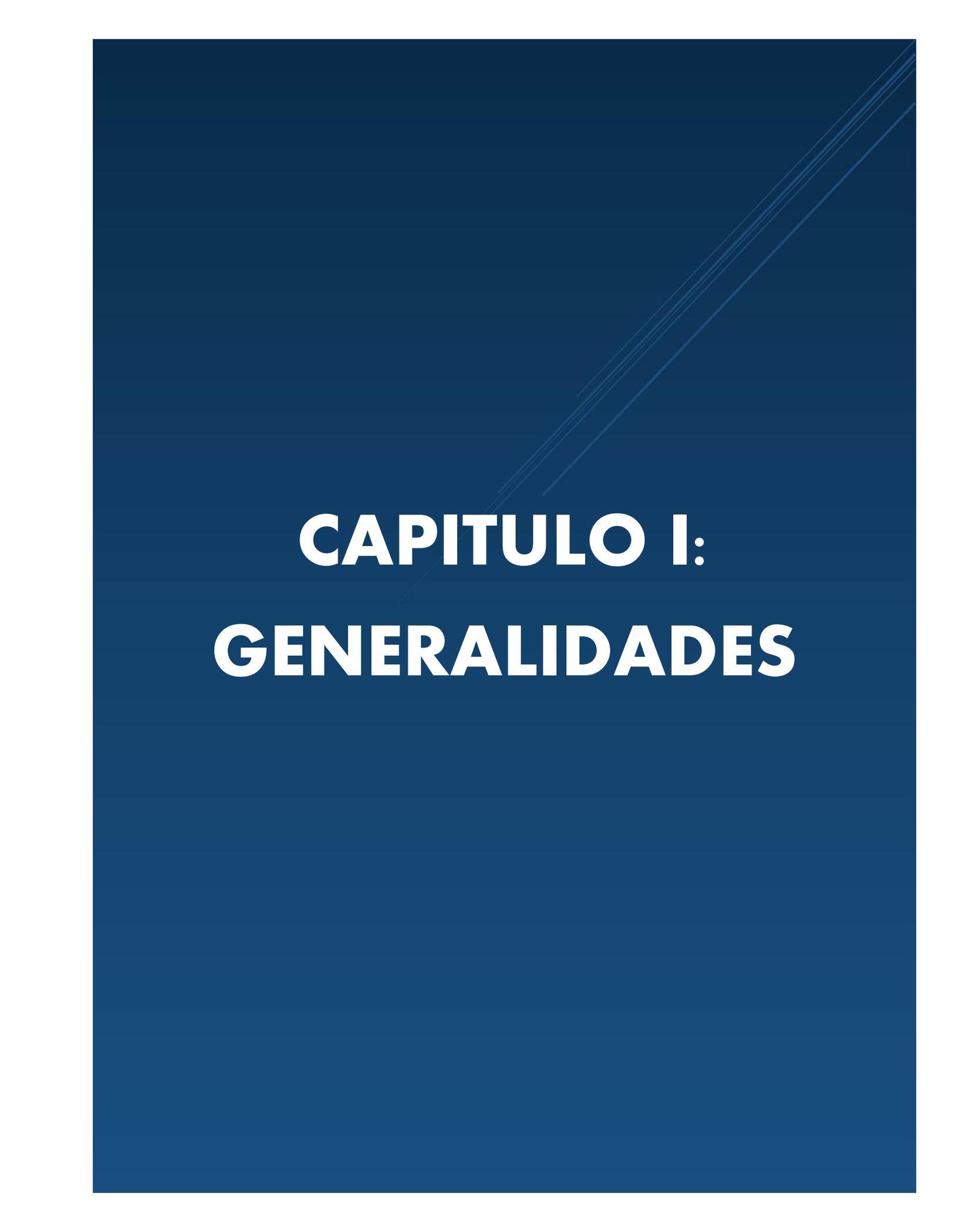
Tabla 97. Tabla de conteo vehicular	XX
Tabla 98. Datos de aforo 1.....	XXI
Tabla 99. Datos de aforo 2.....	XXII
Tabla 100. Datos de aforo 3.....	XXIII
Tabla 101. Datos de aforo 4.....	XXIV
Tabla 102. Datos de aforo 5.....	XXV
Tabla 103. Datos de aforo 6.....	XXVI

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macro localización	2
Figura 2. Micro localización.....	2
Figura 3. Características físicas y geométricas de nuestras carreteras según el tipo de superficie.....	57
Figura 4. Sección transversal de la estación 37+500.....	58
Figura 5. Sección transversal de la estación 44+250.....	59
Figura 6. Sección transversal de la estación 45+250.....	60
Figura 7. Diagrama de pasos para calcular capacidad y niveles de servicio ..	98
Figura 9. Niveles de señal recibida por los satélites	I
Figura 10. Promedio para tener un nivel de aceptación confiable	I

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Accidentes por severidad	29
Gráfico 2. Accidentes por causa	31
Gráfico 3. Accidentes por tipo	32
Gráfico 4. Accidentes por mes	34
Gráfico 5. Accidentes por día	35
Gráfico 6. Accidentes por hora.....	37
Gráfico 7. Tipos de señales verticales.....	62
Gráfico 8. Estado de las señales verticales encontradas en el tramo.....	62
Gráfico 9. Clasificación vehicular total	92
Gráfico 10. VHMD.....	95

The image features a solid dark blue background. In the upper right corner, there are several thin, parallel white lines that run diagonally from the top edge towards the center. Centered on the page is the text "CAPITULO I:" in a bold, white, sans-serif font. Below it, the word "GENERALIDADES" is written in a larger, bold, white, sans-serif font.

CAPITULO I:

GENERALIDADES

1.1. Introducción

La seguridad vial merece un enfoque especial en el diseño de carreteras ya que no solo abarca los aspectos técnicos sino también el aspecto humano, el cual es sin duda el más importante, pues, son las personas los principales usuarios de las vías. El estudio de seguridad vial es una herramienta que muchas instituciones dentro de las que podemos mencionar la Policía Nacional de Tránsito podrían utilizar para un mejor control de puntos críticos en la carretera y para la tipificación de accidentes.

Las instituciones encargadas del diseño, construcción y mantenimiento de carreteras tendrán información de campo que proporcione parámetros que actualicen los criterios de seguridad en futuras rehabilitaciones y /o ampliaciones de carreteras, además de ser útil en investigaciones de tramos similares, con el propósito de ayudar a mejorar la calidad de vida de la población identificando uno de los problemas más importantes al que la sociedad no le presta la suficiente atención debido a su prevalencia y sin embargo cobra muertes diarias ante la indiferencia de todos, la seguridad vial es el problema al que los expertos en la materia deberían prestar más atención.

La presente investigación abarcará la necesidad de revisar, corregir y mejorar los diseños geométricos de la vía y su señalización para minimizar la probabilidad de accidentes en el tramo de 10 kilómetros ubicado en la carretera de Tipitapa hacia Malacatoya, municipio del departamento de Granada (Ver Figura 1). El tramo de carretera a estudiar se encuentra ubicado, el Km 37, en las coordenadas 12°14'19.7"N 85°59'31.9"W; y el Km 47 en 12°11'07.8"N 85°55'58.9"W (Ver Figura 2) desplazándose en sentido Tipitapa - Malacatoya, saliendo de la Comunidad Victoria de Julio. ; todo esto con una metodología acorde a las diferentes actividades que busca cumplir con los objetivos del siguiente trabajo monográfico, tales como el inventario vial, aforo vehicular y estudio de velocidad, así como otras actividades fuera del tramo como análisis de datos.

1.1.1. Macro localización

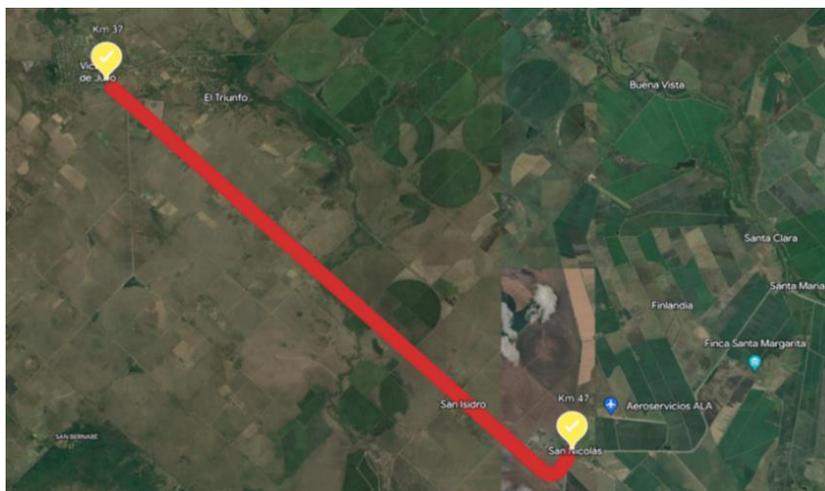
Figura 1. Macro localización



Fuente: Mapas Owje por Carlos Solís.

1.1.2. Micro localización

Figura 2. Micro localización



Fuente: Satélite Landsat 8. (2023). Tramo Km 37 al Km 47, Tipitapa – Malacatoya. [Imagen satelital]. Google Earth.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar el estudio de seguridad vial en el tramo de carretera Km 37 al Km 47 Tipitapa – Malacatoya, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar las estadísticas de accidentes, sus causas y efectos que ocurren en el tramo de estudio, brindadas por el Departamento de Tránsito de la Policía Nacional.
- Efectuar un inventario vial que otorgue una perspectiva del estado de la infraestructura existente de la vía en estudio.
- Realizar un conteo vehicular, sobre los volúmenes de circulación y clasificación vehicular, nivel de servicio y capacidad de la vía en estudio.
- Llevar a cabo un estudio de velocidad de los vehículos que circulan en la vía y su relación con los accidentes del tramo.
- Proponer soluciones técnico-ingenieriles de seguridad vial en los tramos peligrosos y puntos críticos.

1.3. Justificación

El presente estudio fue elegido para dar respuestas a las necesidades de seguridad vial, ya que es de gran importancia mejorar las condiciones actuales del tramo. Esta infraestructura vial ha mejorado eficazmente la circulación vehicular, lo que permite acortar la distancia entre los municipios de Managua, Tipitapa, Granada, y Boaco, facilitando la comercialización de productos a los mercados nacionales e internacionales, con mejores condiciones de calidad.

A nivel social los beneficios derivados de esta investigación se pueden traducir en un aumento de los elementos y las condiciones de seguridad en la vía que tiendan a disminuir la cantidad de accidentes. Dando como consiguiente un menor número de muertos y lesionados, lo que se traduce en un menor gasto de recursos hospitalarios. Las vías en los municipios de Granada tienen un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico de la región. Estas carreteras y calles conectan las comunidades, facilitan el transporte de personas y mercancías, y son vitales para el crecimiento del turismo. La calidad de las vías influye directamente en la movilidad, la seguridad vial y el acceso a servicios básicos, así como en la atracción de inversiones y el desarrollo de actividades comerciales y agrícolas.

A pesar de la importancia de las vías, muchos municipios de Granada enfrentan desafíos relacionados con el estado de su infraestructura vial. Problemas como el deterioro de la pavimentación, baches, falta de señalización adecuada y la limitada capacidad de las carreteras para el tráfico actual, son comunes en la región. Estas condiciones afectan negativamente la seguridad vial, generan congestión en áreas urbanas y limitan el acceso a zonas rurales. La viabilidad de este trabajo reside en la importancia de actualizar la poca información que actualmente se maneja sobre el tramo en cuestión; y en el estímulo que puede tener para despertar el interés en otros estudiantes e ingenieros a realizar estudios de este tipo en otros tramos para que en un futuro cercano exista una fuente más amplia de conocimiento hasta abarcar la red vial en su totalidad como ocurre en otros países.

The image features a dark blue background with several thin, light blue diagonal lines running from the top right towards the center. The text is centered and rendered in a bold, white, sans-serif font.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Estudio de accidentalidad

El "estudio de accidentalidad" es un análisis sistemático de los accidentes que ocurren en un área específica, como una ciudad, una región o un país (en este caso un tramo de 10 kilómetros), con el objetivo de comprender las causas, características y tendencias de los accidentes para implementar medidas preventivas y mejorar la seguridad vial. El estudio de accidentalidad desde el punto de vista de la infraestructura vial está relacionado con la investigación de los puntos críticos o tramos de concentración de accidentes; estos son los puntos del tramo de la vía en estudio donde se producen tres o más accidentes al año durante un periodo mínimo de 3 años.

Las estadísticas de accidentes viales son muy importantes para determinar si una vía tiene problemas de seguridad vial o no, ya que un alto número de accidentes indica que hay algún problema en la vía. Los datos para realizar este estudio provienen de reportes policiales que son consolidados por el departamento de ingeniería de tránsito de la Policía Nacional.

2.1.1. Clasificación de accidentes

2.1.1.1. Accidentes por severidad

La clasificación de accidentes por severidad es un enfoque utilizado para categorizar los accidentes de acuerdo con el grado de gravedad de las lesiones o daños resultantes. Este tipo de clasificación ayuda a comprender mejor la naturaleza y el impacto de los accidentes, lo que a su vez puede ayudar las medidas de prevención y el estudio de la seguridad vial.

2.1.1.2. Accidentes por causa

Otra manera de clasificar los accidentes son las causas que lo provocan; dentro de estas causas se encuentran tres factores importantes: factor humano, factor mecánico y factor del entorno:

- Factor humano: son errores o comportamientos relacionados con las personas involucradas en el accidente, ya sea el conductor, pasajeros o peatones.
- Factor mecánico: Estos están relacionados con problemas técnicos en los vehículos que pueden contribuir a un accidente, ya sea falla en los frenos, neumáticos o luces.
- Factores del entorno: Estos están relacionados con condiciones externas que pueden contribuir a un accidente, como condiciones de mal clima, mal estado del camino o carretera, señalización inadecuada, obras en la vía o condiciones de tráfico.

Y entre las principales causas de accidentes están:

- Infracción de Invasión de Carril: En este segmento, se impone una restricción total de adelantamiento, evidenciada por una línea continua amarilla a lo largo de todo el trayecto. Este tipo de maniobra se considera una infracción de alto riesgo según la Ley 431, la cual regula el régimen de circulación vehicular y las infracciones de tránsito. La invasión de carril fue la causa más frecuente, según las estadísticas presentadas por Tránsito Nacional. Los principales infractores son conductores de automóviles y motocicletas, aumentando el riesgo de lesiones en caso de colisión o accidente.
- No Mantener Distancia: De acuerdo con la Ley 431, esta maniobra se considera peligrosa. La falta de mantenimiento de distancias seguras representa un riesgo para la circulación y es una causa común de accidentes de tráfico. La falta de distancia de seguridad impide prever eventos de tráfico, como colisiones, causando lesiones graves y daños materiales.
- Giros Indebidos: Clasificada como una infracción de alta peligrosidad, los conductores toman decisiones imprudentes al realizar giros en lugares indebidos o de manera repentina sin señales adecuadas. Esta maniobra se vuelve más peligrosa cuando se combina con la falta de distancia de seguridad.
- Falta de Pericia: Se refiere a la falta de habilidad y experiencia del conductor en la vía. No todos los conductores pueden responder adecuadamente a

situaciones de riesgo, y la pericia está relacionada con el respeto a las señales de tránsito, la prudencia y el cumplimiento de las normas.

- Desatender Señales de Tránsito: Considerada una infracción peligrosa, la falta de atención a las señales de tráfico afecta la ordenación del tránsito vehicular y peatonal.
- Semovientes en la vía: Animales en movimiento en una vía pública.

2.1.1.3. Accidentes por tipo

El tipo de accidentes se clasifican como consecuencia, entre las principales: colisiones, cuando dos o más objetos impactan entre sí; vuelcos, cuando los vehículos se inclinan o giran completamente hasta inmovilizarse; o atropellos, cuando un vehículo impacta a un peatón.

2.1.1.4. Accidentes por ocurrencia

Para un análisis más controlado, se dividen los accidentes de manera anual, mensual, por día y por hora.

2.1.1.5. Accidentes por puntos críticos

Se resaltan los puntos en los que ocurren accidentes con mayor frecuencia, esto ayuda a comprar los tipos de accidentes e identificar las causas para reforzar aspectos específicos de la seguridad vial.

2.1.2. Magnitud del problema

Es el análisis del impacto que tienen los accidentes en la población, cuantificando los índices de accidentes, heridos, y muertos. Estos índices son llamados:

- ✓ Índice de accidentalidad
- ✓ Índice de morbilidad
- ✓ Índice de mortalidad

Y para calcularlos se debe hacer con respecto a la población, a la longitud del tramo específico de estudio y al parque automotor, utilizando las siguientes formulas: (Rafael Cal y Mayor R., 2018).

Índice de accidentalidad con respecto a la población.

$$I A/P = \frac{\text{No.de accidentes por año} \cdot 100,000 \text{ habitantes}}{\text{No.de habitantes}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Índice de morbilidad con respecto a la población.

$$I \text{Morb}/P = \frac{\text{No.de lesionados por año} \cdot 100,000 \text{ habitantes}}{\text{No.de habitantes}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Índice de mortalidad con respecto a la población.

$$I \text{Mort}/P = \frac{\text{No.de muertos por año} \cdot 100,000 \text{ habitantes}}{\text{No.de habitantes}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Índice de accidentalidad con respecto a la longitud.

$$I A/P = \frac{\text{No.de accidentes por año} \cdot 100 \text{ km}}{\text{longitud del tramo}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Índice de morbilidad con respecto a la longitud.

$$I \text{Morb}/P = \frac{\text{No.de lesionados por año} \cdot 100,000 \text{ habitantes}}{\text{longitud del tramo}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Índice de mortalidad con respecto a la longitud.

$$I \text{Mort}/P = \frac{\text{No.de muertos por año} \cdot 100 \text{ km}}{\text{longitud del tramo}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Índice de accidentalidad con respecto al parque automotor.

$$I A/P = \frac{\text{No.de accidentes por año} \cdot 10,000 \text{ vehículos}}{\text{No.de vehículos}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Índice de morbilidad con respecto al parque automotor.

$$I \text{Morb}/P = \frac{\text{No.de lesionados por año} \cdot 10,000 \text{ vehículos}}{\text{No.de vehículos}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Índice de mortalidad con respecto al parque automotor.

$$I \text{Mort}/P = \frac{\text{No.de muertos por año} \cdot 10,000 \text{ vehículos}}{\text{longitud del tramo}} \quad \text{Ecuación 9}$$

2.2. Inventario vial

“Es un proceso que nos permite conocer los caminos que componen la red vial de una determinada área, así mismo los componentes de la vía y el estado de conservación de esta” (Menéndez, 2003, pág. 24).

Uno de los propósitos de realizar un inventario vial es conocer todos los elementos viales que están interactuando en el tramo en estudio, para identificar cual de estos están fallando en la vía y son parte de las causas que u ocasionan los accidentes. Con lo que se pretende:

- ❖ Conocer las características viales en cuanto a geometría y superficies de rodamiento.
- ❖ Funcionamiento de los dispositivos de tráfico. (señales horizontales y verticales, dispositivos luminosos)
- ❖ Elementos de seguridad vial en la infraestructura.

Se realizó un levantamiento del inventario vial mediante el uso de formatos proporcionados por el departamento de ingeniería vial de la Policía Nacional de Tránsito y diseñados por el departamento de planificación de la dirección de vialidad del MTI. (Ver *ANEXOS DE INVENTARIO VIAL*).

Para hacer posible este estudio se debe conocer la clasificación funcional de acuerdo con el documento de la Red Vial de Nicaragua, 2020. En este punto también se clasificó el tipo de topografía del terreno según la tabla de clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 3a Edición, 2011), calculando las elevaciones con la siguiente ecuación:

$$\frac{Elev.Final - Elev.Inicial}{Distancia} * 100 \quad \text{Ecuación 10}$$

2.2.1. Clasificación funcional

“La clasificación funcional es el proceso por el cual las carreteras y calles son agrupadas en clases, o sistemas, de acuerdo con las características de servicio al tráfico que se intente proveer” (Secretaría de la Integración Económica

Centroamericana; Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con gestión de riesgo y seguridad vial, 2011, pág. 23). Al clasificar funcionalmente las redes de carreteras y calles, las dos principales consideraciones son acceso y movilidad. Para poder servir al movimiento directo de tránsito y dar acceso a gran variedad de orígenes y destinos de viajes, se necesitan las diferencias y gradaciones de los diversos tipos funcionales. En las carreteras arteriales es necesaria una regulada limitación del acceso, para realizar su función primaria de movilidad.

2.2.2. Carpeta de rodamiento

La superficie de rodamiento es un elemento clave en la seguridad vial, ya que es la parte de la carretera que está en contacto directo con los vehículos. Una superficie de rodamiento adecuada y bien mantenida es esencial para garantizar un viaje seguro y cómodo para los conductores y pasajeros.

El mantenimiento adecuado de la superficie de rodamiento también es esencial para garantizar la seguridad vial. Esto incluye la reparación o reemplazo de áreas dañadas o desgastadas, la eliminación de escombros y la limpieza regular de la carretera. Los baches, grietas y otros defectos en la superficie de rodamiento pueden ser peligrosos para los conductores y pueden causar accidentes.

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 3a Edición, 2011; define como pavimento a una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitarán y del volumen de tráfico.

- ✓ **PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO:** Pavimento asfáltico resultante de la mezcla asfáltica antigua recuperada mediante fresado y con adición de asfalto, agregados y de ser el caso, aditivos, según diseño.

- ✓ **PAVIMENTO FLEXIBLE:** Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso, aditivos.
- ✓ **PAVIMENTO RÍGIDO:** Constituido por cemento Pórtland como aglomerante, agregados y de ser el caso, aditivos.

2.2.3. Sección transversal

La sección transversal de una carretera es un corte transversal al alineamiento horizontal y muestra las características geométricas de la vía, dichas secciones transversales varían de un punto a otro, es por tanto que se realizaron cortes o secciones a cada 500 m sobre la vía en estudio. Ver ANEXOS DEL INVENTARIO VIAL, *Tabla 79*.

- ✓ **Derecho de vía**

Es aquella zona comprendida entre dos líneas definidas de propiedad, dedicadas para uso público ya sea éste, pistas, avenidas, calles, caminos o cualquier otro servicio público de paso.

- ✓ **Acera**

Espacio comprendido entre la calzada y la línea de derecho de vía e integrada según el caso por el andén, caja de árbol o faja verde y bordillo.

- ✓ **Andén**

Elemento de la acera destinado para la circulación cómoda y segura de peatones.

- ✓ **Carril**

Franja de la calzada para la circulación de una fila de vehículos.

- ✓ **Cuneta**

Elemento destinado a drenar la superficie de la vía.

- ✓ **Mediana**

Elemento central de la vía destinado a separar los flujos de vehículos que van en sentido contrario.

- ✓ **Hombros**

Son las áreas de la carretera contigua a los carriles de circulación, con el fin de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren

desperfectos durante su recorrido, proporcionar estabilidad estructural al pavimento de los carriles de circulación.

✓ **Sobreancho**

La trayectoria de las ruedas traseras de un vehículo circulando en una curva es diferente a la de las ruedas delanteras. Dicha trayectoria corresponde a un arco de radio menor, por lo tanto, la rueda interna del eje posterior tiende a salirse de la vía y es por esto por lo que en ocasiones se hace necesario especificar un ancho adicional de calzada en la curva con el fin de evitar que los vehículos se salgan de la vía.

2.2.4. Señalización vial

Los dispositivos para la regulación del tránsito indican a los usuarios las precauciones que deben tener en cuenta, las restricciones en el tramo de circulación y las informaciones estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la vía (Zúniga Alaniz, 2013).

En síntesis, el propósito del señalamiento vial es permitir al conductor formar un juicio sobre su entorno para facilitar y garantizar el movimiento ordenado, seguro y predecible de todos los usuarios de la vía. Para garantizar la visibilidad de las señales y lograr la misma forma y color tanto en el día como en la noche, los dispositivos para la regulación del tránsito deben ser elaborados preferiblemente con materiales reflectivos o estar convenientemente iluminados. La reflectividad se consigue fabricando los dispositivos con materiales adecuados que reflejen las luces de los vehículos, sin deslumbrar al conductor ((SIECA), 2000).

Usos:

- La utilización de símbolos y pictogramas, así como de leyendas, letras, palabras y separaciones entre ellas, debe ajustarse a las orientaciones descritas en el Manual Centroamericano para la Regulación de los Dispositivos de Tránsito, Anexo del acuerdo Centroamericano sobre Señales Uniformes, año 2000.

- La uniformidad en el diseño y en la colocación de los dispositivos para la regulación del tránsito debe mantenerse siempre.
- Los dispositivos para la regulación del tránsito, y en especial las señales verticales, no deberán ir acompañados por mensajes publicitarios, dado que le resta efectividad a la señal, convirtiéndose en distractor e incrementando el riesgo de accidentes.
- Debe tenerse cuidado de no instalar un número excesivo de señales preventivas y reglamentarias en un espacio corto, ya que esto puede ocasionar la contaminación visual y la pérdida de efectividad de estas.
- Se deben usar con frecuencia las señales informativas de identificación y de destino, con el fin de que los usuarios de la vía conozcan siempre su ubicación y rumbo.

2.2.4.1. Señalización vertical

Las señales verticales son dispositivos instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno, y para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios. Deberían usarse solamente donde se justifiquen según un análisis de necesidades y estudios de campo, son esenciales donde rigen normativas especiales, tanto en lugares específicos como durante períodos de tiempo determinados, o donde los peligros no sean evidentes para los usuarios (Zúniga Alaniz, 2013).

2.2.4.1.1. Clasificación de las señales verticales

Desde el punto de vista funcional, las señales verticales se clasifican en:

1. Señales de Reglamentación: son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de

tránsito de cada país. La violación de la regulación establecida en el mensaje de estas señales constituye una contravención, que es sancionada conforme con lo establecido la ley o reglamento de tránsito. Este tipo de infracciones se sanciona con multas, el retiro de la circulación del vehículo, o la suspensión de la licencia.

2. Señales de Prevención: son las que indican al conductor de las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza.
3. Señales de Información: son las que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de navegación y orientación de los usuarios.

2.2.4.1.2. Características de la señalización vertical

Según el manual centroamericano SIECA, existen parámetros de medidas, ubicación, colores, materiales que se deben tener en cuenta en la instalación de estas señales de tránsito. El diseño de estos dispositivos tiene características diferentes como tamaño, contraste, colores, figura composición e iluminación o reflectorización, todas estas combinadas con un mensaje claro deberán cumplir con el objetivo de llamar la atención del usuario hacia el dispositivo en un tiempo adecuado para la percepción y reacción y así evitar accidentes y muertes.

2.2.4.1.3. Código de color en señales verticales

Color Rojo: define regulaciones y maniobras críticas, cuya desobediencia es bastante probable que resulte en un accidente de tránsito de graves consecuencias.

Color Negro: se deberá usar como mensaje (símbolos, letras o números) de las señales que utilicen fondo blanco (señales de reglamentación y de información), fondo amarillo (señales de prevención) y fondo anaranjado (señales provisionales de emergencias y obras de construcción o mantenimiento en la vía).

Color Blanco: se deberá utilizar como color de fondo para todas las señales de reglamentación, excepto las de fondo rojo y negro indicadas anteriormente.

Color Anaranjado: se deberá usar como color de fondo para las señales verticales de uso temporal, las cuales incluyen las señales preventivas e informativas para el control de tránsito durante la ejecución de trabajos de construcción, reparación, mantenimiento y atención de incidentes sobre la vía, así como las señales de información y prevención de defensa civil y emergencia (serie IE).

Color Amarillo: se deberá utilizar como color de fondo para las señales de prevención.

Color Amarillo Limón Fluorescente: se deberá utilizar como color de fondo para las señales de prevención que advierten sobre el cruce de peatones, cruces y zonas escolares, zonas residenciales, cruce de bicicletas y mejora sustancialmente la visibilidad de las señales en horas de baja luminosidad solar.

Color Café: se deberá utilizar como color de fondo para todas las señales de guía e información en sitios de interés cultural, recreativo, áreas silvestres y parques nacionales.

Color Verde: se deberá utilizar como color de fondo sólo de las señales informativas de orientación, guía y destinos utilizadas en autopistas y vías rápidas; en las señales elevadas; y en las vías dedicadas al tránsito de bicicletas.

Color Azul: se deberá utilizar como color de fondo de las señales informativas de servicios auxiliares y turísticos, y en las señales que informan las tarifas de las estaciones de peaje. También se usará como fondo del símbolo de servicios adecuados o de uso preferencial para personas con una discapacidad temporal o permanente.

2.2.4.1.4. Tipos de señales verticales

✓ Chevron o cabeza de flecha

En el tramo en estudio encontramos otro tipo de señal vertical los delineadores de dirección tipo “**Chevron**” o **cabeza de flecha (P-1-9)**; estos son dispositivos

retroreflectivos montados en serie al costado de la calzada, para indicar la alineación del camino, en particular, los cambios de dirección.

Constituyen una ayuda efectiva para la conducción nocturna y deben ser considerados como dispositivos de dirección, más que de prevención. Pueden ser utilizados en secciones largas de caminos, en tramos cortos donde existan cambios en la alineación horizontal, particularmente donde el alineamiento puede ser confuso, en curvas pronunciadas, frente a los carriles de entrada a las rotondas o en tramos de transición en el ancho de la calzada. Una importante ventaja de los delineadores en ciertas zonas es que permanecen visibles cuando el camino está mojado o hay neblina.

✓ **Señales de peligro**

Tienen franjas negras y amarillas para alertar a los conductores sobre posibles peligros en la carretera, como curvas peligrosas, cruces de animales, o condiciones de la vía. En Nicaragua, esas señales de tránsito con franjas negras y amarillas se llaman señales de advertencia. Son similares a las señales de peligro en otros países y tienen el mismo propósito de alertar a los conductores sobre posibles peligros en la carretera.

✓ **Postes kilométricos**

Los postes kilométricos o mojones son una señal especial, aparte de informar al conductor de su ubicación respecto al inicio y final del viaje, es usado por las autoridades para control de tráfico, de accidentes y para mantenimiento y rehabilitación (Pérez, Campos, & Miranda, 2020).

✓ **Postes guías**

Los postes guías o “fantasmas” son elementos utilizados en las orillas de las carreteras para que el camino sea mejor apreciado por el conductor, son utilizados en curvas con el propósito de mejorar el efecto visual de perspectiva para que los conductores se mantengan dentro de la calzada y sirven como base para la colocación de señales de tránsito (Pérez, Campos, & Miranda, 2020).

2.2.4.1.5. Claro vertical o altura libre

Según el Manual Centroamericano de Dispositivos uniformes para el control del tránsito, la altura libre o claro vertical de cada señal depende de la zona donde se aplique, bien sea rural o urbana; del tipo de carretera, calle local, carretera convencional, vía rápida o autopista; y de las características de la sección transversal de la calzada (Secretaría de la Integración Económica Centroamericana; Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. Anexo del Acuerdo Centroamericano sobre señales uniformes., 2000). A continuación, se prescriben las distancias libres verticales que deberán utilizarse en cada caso.

Zona Rural: Las señales instaladas al lado de la carretera, en zona rural, deberán tener una altura libre de por lo menos 1.50 metros, desde el borde de la superficie del pavimento hasta la parte inferior de la señal, en caso de que la vía no cuente con espaldón. Si la carretera tiene espaldón pavimentado, la altura libre también se toma desde la superficie del pavimento y no con respecto al borde exterior del espaldón. Si la señal cuenta con una placa complementaria o educativa, la altura libre se puede reducir a un mínimo de 1.20 m. Cuando exista más de una señal en un poste, como en el caso de los ensambles direccionales de información la señal o placa inferior deberá quedar a no menos de 1.50 metros de altura sobre el borde del pavimento.

Zona Urbana: En calles y carreteras ubicadas en áreas comerciales, residenciales y urbanas en general, donde el parqueo, los movimientos peatonales u otras actividades interfieren con la visibilidad de las señales, la altura libre entre la acera y la señal será de por lo menos 2.10 metros. Este claro debe permitir el libre flujo de peatones sin que exista el riesgo de que algún peatón se golpee con el panel de la señal. En el caso de señales elevadas o colgadas el claro vertical de estas señales se define con respecto al punto más alto de la calzada (considerando la super elevación de las curvas o el bombeo normal de las calles para efectos de

drenaje de la escorrentía superficial), el cual deberá tener una altura libre de por lo menos 5.0 metros con respecto a la señal que esté más cerca del pavimento.

Señales de Información en Vías Rápidas: En el caso de señales de información para vías rápidas y autopistas, deberán tener una altura libre de por lo menos 2.10 metros desde el borde de la superficie del pavimento o del cordón de la cuneta, según corresponda, hasta la parte inferior de la señal. En caso de que, por motivo de una mayor seguridad vial, y para evitarla presencia de obstáculos cerca de la calzada, las señales estén colocadas a una distancia lateral de 10 metros o más desde el borde del carril más cercano, el claro vertical se puede reducir a 1.50 metros desde el borde de la superficie de ruedo o del cordón hasta la parte inferior de la señal.

2.2.4.1.6. Claro lateral

Las señales deberán tener el máximo espacio lateral posible desde el borde de la calzada por la seguridad de los conductores, para evitar que quienes se salgan de la vía lleguen a impactar las estructuras de soporte de las señales. Para minimizar la exposición del tránsito a los postes y estructuras de soporte de las señales, se deben aprovechar las guardacaminos, estructuras a desnivel y otras condiciones existentes. De lo contrario, es recomendable utilizar postes soportes que cedan o se quiebren sin resistencia al impacto de un vehículo, en el caso de señales laterales convencionales. Cuando el espacio lateral es restringido, la distancia o claro lateral mínimo depende de la zona en que se ubique la carretera, y del tipo de vía. A continuación, se prescriben las distancias laterales que deberán usarse en cada caso:

Zona Rural: Las señales instaladas al lado de la carretera en zona rural, deberán tener una distancia mínima de 1.80 metros desde el borde del carril más externo hasta la proyección vertical del borde más cercano de la señal, aunque es deseable una distancia de 3.65 metros en caso de que no exista espaldón. Cuando la carretera esté provista de espaldón, entonces el espacio lateral mínimo debe oscilar entre 0.60 metros y 1.20 metros desde el borde del espaldón.

Zona Urbana: En calles y carreteras ubicadas en áreas comerciales, residenciales y urbanas en general, se debe tener presente la obstrucción que representa el poste o la estructura de soporte de la señal para los peatones, lo mismo que el efecto de obstáculo que significa para los conductores si la señal está muy cerca del borde del pavimento. Se recomienda una distancia de retiro lateral de 0.60 metros desde el borde del cordón de la acera hasta la proyección vertical del borde más cercano de la señal. Cuando el espacio es reducido las señales deberán colocarse a una distancia de no menos 0.30 metros. En el caso de señales elevadas con soporte liviano el claro lateral para los peatones deberá ser como mínimo de 1.40 metros.

Señales de Información en Vías Rápidas: Para las señales informativas en vías rápidas el claro lateral mínimo deberá ser no menor a 1.80 metros en zona rural y 0.60 metros en zona urbana, medido desde el borde del cordón de la acera o el espaldón hasta la proyección vertical del borde más cercano de la señal. Cuando sea práctico, se recomienda que esta distancia sea de 3.00 metros hasta el borde del carril más cercano.

2.2.4.2. Señalización horizontal

Son marcas y símbolos pintadas en el pavimento, con fines de la regulación de tránsito. La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. Las funciones que desempeñan son muy importantes para ubicar a los conductores en sus correspondientes espacios para circular, indicar los movimientos que pueden realizarse mediante las flechas direccionales, pasos de peatones, limitaciones de espacio y se vuelve más importante en los tramos donde no es permitido adelantar a otros vehículos, como es el caso de este estudio.

La señalización horizontal también cuenta con diseños específicos reguladas por el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000, pág. 3.1), entre ellas están: colores, ubicación, tamaño, formas, tipos de pintura y medidas para cada uno.

2.2.4.2.1. Líneas longitudinales

- ✓ Línea blanca de trazo continuo: se utiliza para demarcar el borde de un flujo de circulación donde se permite circular a ambos lados de la línea en el mismo sentido, en cuyo caso tiene la función de desalentar el cambio de carril. Además, se usa para demarcar el borde derecho de la calzada y frecuentemente para demarcar las líneas de carril de las entradas a intersecciones y los carriles de giro hacia la izquierda o hacia la derecha.
- ✓ La línea blanca de trazo discontinuo se emplea como línea de carril en calzadas de varios carriles y como línea central en carreteras de dos carriles en el mismo sentido donde se permite el adelantamiento.
- ✓ Línea amarilla de trazo continuo: se utiliza para demarcar el borde izquierdo de la calzada, en una carretera dividida, en aproximación a una obstrucción y para definir isletas de tránsito.
- ✓ Línea amarilla de trazo discontinuo: es utilizada como línea de centro en carreteras de dos carriles en sentido contrario donde es permitido adelantar.
- ✓ Doble línea continua: Define que no puede aventajarse en vías de dos carriles por sentidos (SIECA, 2000, pág. 3.6).

2.2.5. Bahías de buses

Estos elementos se utilizan para evitar el congestionamiento en la carretera a la hora de que en los buses aborden o bajen los usuarios, por lo cual deben estar localizados en puntos donde se requiera la construcción de dichos elementos como centro de actividad, intersecciones entre otros. Asimismo, deben tenerse en cuenta algunos efectos ambientales (ruidos y emisiones).

Las paradas de buses con casetas deben de prestar condiciones óptimas para los usuarios tanto en las bancas como el techo para la comodidad de los usuarios para cada una de las estaciones del año y protegerlos de la intemperie.

Las bahías para buses surgen de la necesidad de evitar a la mayor manera posible los conflictos en la corriente de tráfico que se puedan generar entre los vehículos y las unidades de transporte colectivo. Esta clase de infraestructuras está enfocada específicamente para brindar refugio y seguridad a los usuarios (los pasajeros).

2.2.6. Drenajes

El sistema de drenaje, también llamado red de saneamiento, es una infraestructura diseñada para la recolección y eliminación de aguas pluviales y residuales, evitando así estancamientos e inundaciones. Son esenciales para mantener la salubridad y el equilibrio hidrológico (Ferrovia, 2023).

Un buen sistema de drenaje ayuda a evitar la acumulación de agua en las carreteras y a prevenir la hidroplanación, lo que puede ser peligroso para los conductores y puede causar accidentes de tráfico. Un buen sistema de drenaje también ayuda a reducir el daño y la erosión de la superficie de la carretera.

2.2.6.1. Drenaje transversal

El drenaje transversal da paso al agua que cruza de un lado a otro del camino, o bien la retira lo más pronto posible de la superficie de rodamiento, las aguas procedentes de ríos, arroyos, canales, a través del terraplén de la carretera como tubos, cajones, vados, sifones invertidos, puentes, alcantarillas y el bombeo de la corona ((MTI), 2008).

2.2.6.2. Drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, causando desperfectos. En este tipo de drenaje se pueden mencionar las cunetas, bordillos y canales de encauzamiento o contra cunetas.

2.3. Estudio de tránsito

En estos estudios se determinan las características principales de la circulación, el conteo del tránsito nos permite tener estadísticas reales del volumen y clasificación de tránsito vehicular diario que pasan por un punto determinado.

Los estudios de tránsito sirven tanto para los análisis de ingeniería como para soportar los estudios económicos y estudios de factibilidad. Para el diseño de estructuras de pavimento, por ejemplo, es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado, para el efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, los cuales pueden variar desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos tales como: puentes, túneles o intersecciones de carreteras (MTI, 2008).

La medición de volúmenes de tránsito vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales, a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito de las propias carreteras. Dichos aforos se realizan con el objeto de determinar la composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras, servir de base para la clasificación de caminos, datos útiles para la planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos, proyectar sistemas de control de tránsito, elaborar sistemas de mantenimiento, entre otros.

2.3.1. Aforo vehicular

Aforar es conocer la cantidad y tipos de vehículos que circulan en un determinado lugar en un tiempo determinado. Volúmenes de Tránsito: Es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo. (MTI, 2008).

Es beneficioso para obtener información sobre la cantidad de tráfico en cada carril, el tipo de vehículos que circulan y cómo están distribuidos, utilizando formularios de registro en campo. Además, es útil para registrar cualquier aumento o disminución en el flujo de vehículos que pueda ocurrir en el futuro.

El factor horario de máxima demanda se determina con el método de los volúmenes equivalentes para encontrar la hora exacta de mayor demanda. Se procede a las sumatorias correspondiente para cada segmento del tramo en estudio.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

FHMD = Factor Horario de Máxima Demanda

VHMD = Volumen Horario de Máxima Demanda

N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda

$q_{máx}$ = Flujo máximo

2.3.2. Clasificación vehicular

En el informe anual sobre el tráfico elaborado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en 2020, el equipo encargado de realizar conteos de tráfico en la Oficina de Diagnóstico, Evaluación de Pavimentos y Puentes de la División de Administración Vial ofrece una descripción detallada de los vehículos que transitan por la sección bajo análisis.

- **Motocicletas:** Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, mini motos, cuadriciclos, moto taxis, etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas departamentales y zonas urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
- **Automóviles:** Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.

- Jeep: Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
- Camionetas: Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que están diseñadas a trabajos de carga.
- Microbús: Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados. Bus Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
- Liviano de carga (2-5 t): Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 5 toneladas o menores a ellas.
- Camión de carga C2 - C3: Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
- Vehículos de construcción: Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, motoniveladoras, retroexcavadoras, recuperador de caminos/mezclador, pavimentadora de asfalto, tractor de cadenas, cargador de ruedas y compactadoras.

2.3.3. Tránsito promedio diario anual

Se entiende como TPDA al número de vehículos que pasan en uno y otro sentido, en un punto determinado del camino, durante las 24 horas del día.

Numéricamente el T.P.D.A. es el volumen total anual dividido para el número de días del año.

Los volúmenes horarios son los utilizados para:

- Evaluar las condiciones actuales de la vía
- Evaluar los diseños geométricos de calles, intersecciones, etc.
- Determinar la capacidad y los niveles de servicio.
- Establecer programas de operación.
- Calcular índices y relacionarlos con estadísticas de los accidentes de tránsito.

Para calcular el TPDA utilizamos la siguiente ecuación:

$$TPDA = TDen \ 12 \ h * Fdía * Fsemana * Fexpansión \quad \text{Ecuación 12}$$

En donde los factores de día, semana y expansión van a depender de la estación de mayor cobertura de la que depende el tramo. (Gral. Oscar Mojica Obregón, 2023)

2.3.4. Capacidad y niveles de servicio

Cuando se prueba la capacidad de calles y carreteras, el objetivo habitual es determinar la calidad del servicio proporcionado por una sección o componente particular de una arteria. Rara vez alguien quiere determinar la capacidad de la carretera.

Capacidad significa el número máximo de vehículos por unidad de tiempo que razonablemente se puede esperar que crucen una sección de la carretera en una o ambas direcciones bajo las condiciones predominantes de la carretera y el tráfico. Por lo general, la unidad de tiempo es una hora, y cuando se menciona la capacidad, se debe indicar las condiciones de la vía y el tráfico correspondientes a la capacidad. (Rafael Cal y Mayor R., 2018)

Para medir la calidad del tráfico, el concepto Nivel de servicio (NS). Es cualitativo y se basa en muchos factores como la velocidad, el tiempo de conducción, la congestión del tráfico, la libertad de maniobra, la seguridad, los costes operativos, etc. una medida del impacto en el poder. Cada nivel de servicio corresponde a un volumen de servicio, que será el número máximo de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre una hora) que pasarán mientras se mantenga el nivel.

La técnica empleada en la evaluación de la Capacidad y Nivel de Servicio se basa en las pautas establecidas en el Manual de Capacidad de Vía HCM del 2010, específicamente en su sección "Carreteras de dos Carriles". Dada la diversidad de condiciones presentes en este tipo de carreteras, se han integrado tres indicadores de eficacia en la metodología para determinar los niveles de servicio para los vehículos automotores:

- ❖ El ATS refleja la movilidad en una carretera de dos carriles. Se define como la longitud del segmento de la carretera dividida por el tiempo promedio de viaje que toman los vehículos para atravesarla durante un intervalo de tiempo designado.
- ❖ El PTSF representa la libertad de maniobra y la comodidad y conveniencia del viaje. Es el porcentaje promedio de tiempo que los vehículos deben viajar en pelotones detrás de vehículos más lentos debido a la imposibilidad de pasar.
- ❖ El porcentaje de velocidad de flujo libre (PFFS) representa la capacidad de los vehículos para viajar cerca del límite de velocidad indicado. (HCM, 2010)

La clasificación de carreteras, para efectos de cálculos de capacidad es la siguiente:

- Clase I de carreteras de dos carriles: Son carreteras donde los conductores esperan viajar a velocidades relativamente altas. Carreteras de dos carriles que son las principales rutas interurbanas, conectores principales de los 72 principales generadores de tráfico, rutas de cercanías diarias, o principales eslabones de redes estatales o carretera nacional se asignan generalmente a la Clase I.

- Clase II de carreteras de dos carriles: Son carreteras donde los conductores no necesariamente esperan viajar a altas velocidades. Carreteras de dos carriles que funcionan como acceso a las carreteras clasificadas como clase I, que actúan como rutas paisajísticas o recreativas (y no como arterias principales), o pasan a través de un terreno accidentado, (donde altas velocidades de operación sería imposible) se asignan a la Clase II.
- Clase III de carreteras de dos carriles: Son carreteras que sirven áreas moderadamente desarrolladas. Pueden ser tramos de carreteras de dos carriles Clase I o Clase II que pasan a través de las pequeñas ciudades o zonas recreativas desarrolladas. (HCM, 2010)

2.4. Estudio de velocidad

El término velocidad se define se define como la relación entre el espacio recorrido el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora. (Méndez, 2009).

**CAPITULO III:
ANÁLISIS Y
PRESENTACIÓN
DE RESULTADOS**

3.1. Estudio de accidentalidad

El estudio de accidentalidad desde el punto de vista de la infraestructura vial está relacionado con la investigación de los puntos críticos o tramos de concentración de accidentes. Para eso se solicitaron los datos de los accidentes ocurridos en el tramo de estudio Km 37 – km 47, Tipitapa a Malacatoya, en los últimos 5 años. Estos datos fueron brindados por el Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Policía Nacional. El tramo cubre datos correspondientes a Malacatoya, municipio del departamento Granada para los años 2019 al 2023, esto último al poco tiempo de existencia de la vía.

Tabla 1. Accidentes del tramo en estudio de 2019 al 2023

AÑO	2019	2020	2021	2022	2023
ACCIDENTES	1	0	13	8	13

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

Como se observa en la *Tabla 1*, la cantidad de accidentes ocurridos en el tramo en los últimos cinco años es muy baja a comparación de otras vías estudiadas, esto se debe al poco tiempo de existencia la carpeta de rodamiento, ya que la infraestructura de la vía fue inaugurada en el año 2020, no habiendo casos de accidentalidad ese año por su tiempo de construcción y ascendiendo la cantidad de accidentes a partir de ahí por los próximos tres años.

3.1.1. Clasificación de accidentes

Basados en la información recopilada en los inventarios de accidentes brindados por el departamento de Ingeniería de Tránsito de la Policía Nacional se logró categorizar los accidentes de tránsito por severidad, causa, tipo, años, mes, día, hora y ubicación, identificando de esta manera las causas principales de accidentes en puntos críticos identificados a lo largo del tramo por cada año analizado.

3.1.1.1. Accidentes por severidad

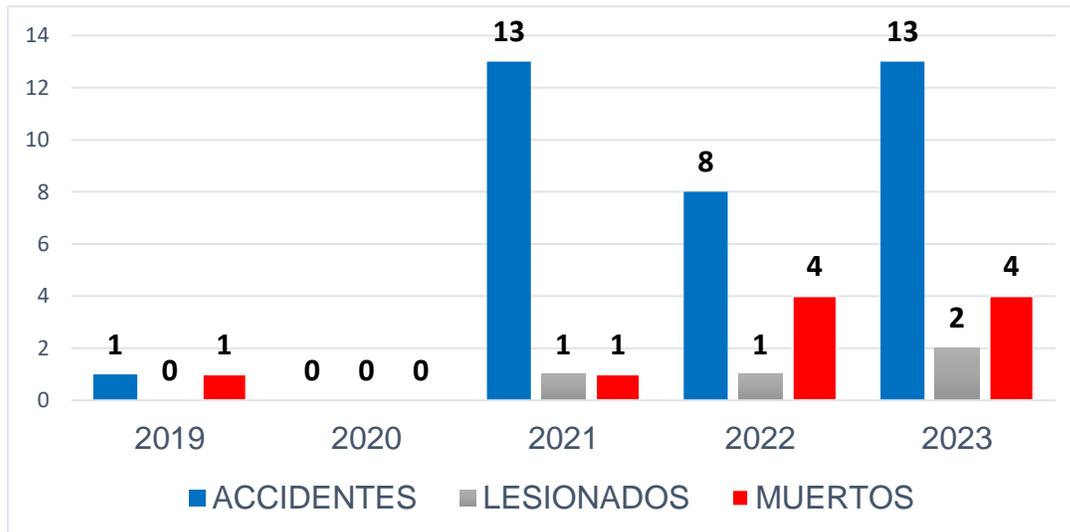
En la *Tabla 2* se presentan datos sobre accidentes clasificados por severidad durante un período de cinco años. En 2019 solo se registró un accidente y en 2020, no hubo ningún reporte. Sin embargo, en 2021, se observa un aumento significativo en el número de accidentes, alcanzando un total de 13, con una víctima de muerte y un lesionado. En 2022, aunque el número de accidentes disminuyó a 8, la severidad de estos aumentó, con cuatro personas fallecidas y un lesionado. Finalmente, en 2023, se registraron nuevamente 13 accidentes, con dos personas lesionadas y cuatro fallecidas.

Tabla 2. Accidentes por severidad

AÑO	ACCIDENTES	LESIONADOS	MUERTOS
2019	1	0	1
2020	0	0	0
2021	13	1	1
2022	8	1	4
2023	13	2	4

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

Gráfico 1. Accidentes por severidad



Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

El *Gráfico 1* muestra de manera ilustrada el incremento de accidentes a partir de la existencia de la careta de rodamiento inaugurada en el año 2020.

3.1.1.2. Accidentes por causa

Desde factores humanos, como el comportamiento del conductor, hasta condiciones del entorno vial y defectos mecánicos de los vehículos, una variedad de elementos puede desencadenar o agravar estos incidentes. En el análisis de los datos de accidentalidad de la *Tabla 3* encontramos que de los 35 accidentes ocurridos los últimos 5 años solamente 1 por factor mecánico por mal estado del vehículo.

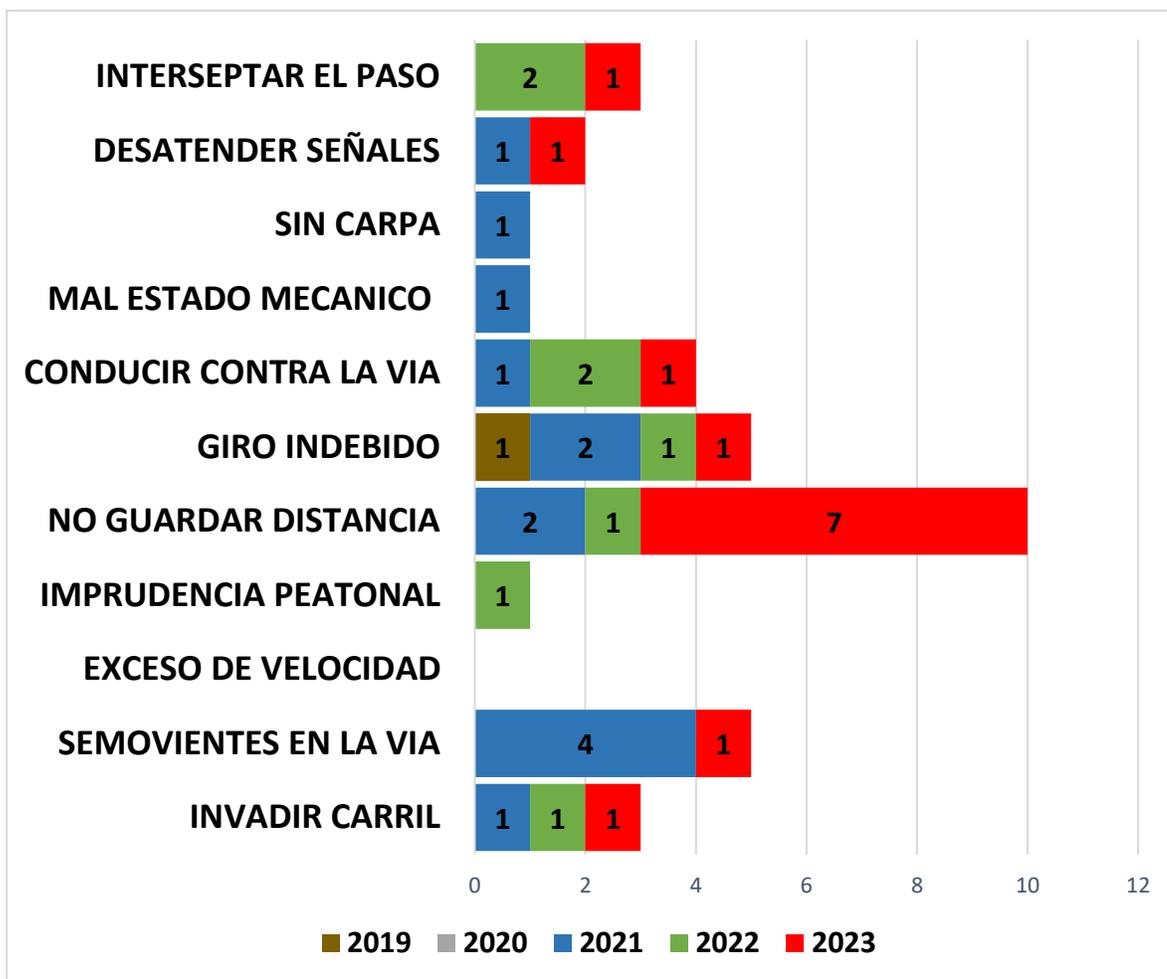
Tabla 3. Accidentes por causa

CAUSA	2019	2020	2021	2022	2023
Invadir carril			1	1	1
Semovientes de la vía			4		1
Exceso de velocidad					
Imprudencia peatonal				1	
No guardar distancia			2	1	7
Giro indebido	1		2	1	1
Conducir contra la vía			1	2	1
Mal estado mecánico			1		
Sin carpa			1		
Desatender señales			1		1
Interceptar el paso				2	1

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

En el *Gráfico 2* podemos observar ciertas tendencias y patrones. Por ejemplo, la causa más común de accidentes en los años 2021 y 2023 fue "No guardar distancia", con un aumento notable en 2023, lo que sugiere la importancia de la distancia segura entre vehículos. Además, "Invadir carril", "Semovientes en la vía" y "Giro indebido" también se destacan como causas recurrentes a lo largo de los años, aunque en menor medida. Por otro lado, "Exceso de velocidad", "Mal estado mecánico" y "Sin carpa" muestran una incidencia relativamente baja en todos los años analizados. Otra observación es sobre los accidentes ocurridos en el año 2022, ya que las dos causas "Conducir contra la vía" y "Interceptar el paso".

Gráfico 2. Accidentes por causa



Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

3.1.1.3. Accidentes por tipo

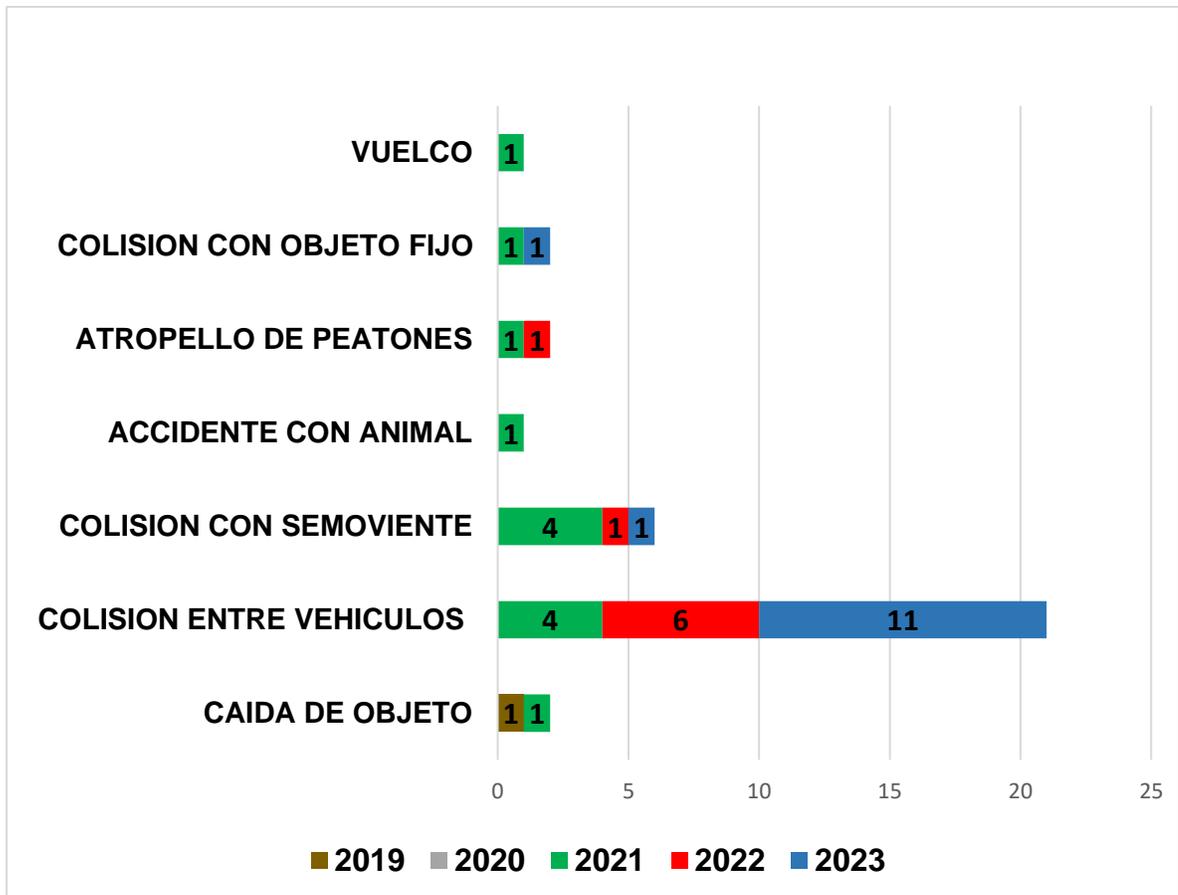
A como se refleja en la *Tabla 4*, los accidentes desglosados por tipo, se observa una variedad de incidentes, que van desde colisiones entre vehículos y caídas de objetos hasta atropellos de peatones y colisiones con animales u objetos fijos. Se destaca que, en los años 2022 y 2023, las colisiones entre vehículos son la causa más común de accidentes, seguidas por colisiones con semovientes y atropellos de peatones.

Tabla 4. Accidentes por tipo

TIPO	2019	2020	2021	2022	2023
Caída de objeto	1		1		
Colisión de vehículos			4	6	11
Colisión de semovientes			4	1	1
Accidente con animal			1		
Atropello de peatones			1	1	
Colisión con objeto fijo			1		1
Vuelco			1		

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

Gráfico 3. Accidentes por tipo



Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

3.1.1.4. Accidentes por ocurrencia

Accidentes por mes

La *Tabla 5* muestra la distribución mensual de los accidentes de los últimos cinco años, con ciertos meses mostrando una mayor concentración de incidentes en comparación con otros.

Tabla 5. Accidentes por mes

Año	2019	2020	2021	2022	2023
Enero			2	1	1
Febrero	1		1		2
Marzo			2	1	
Abril					3
Mayo			1		
Junio			2	1	
Julio			2	1	
Agosto			1		
Septiembre				1	1
Octubre				2	3
Noviembre			2	1	3
Diciembre					

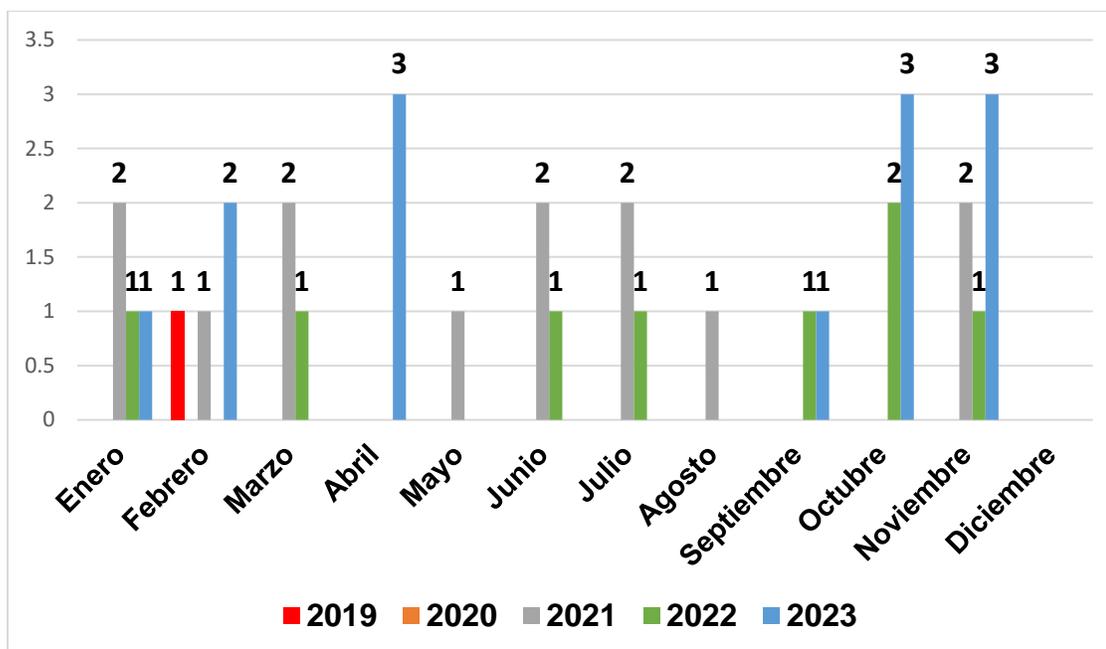
Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

En 2019, los meses con mayor incidencia de accidentes fueron enero, junio, julio y noviembre, con 2 accidentes cada uno.

En 2020, hubo una distribución más uniforme de los accidentes a lo largo del año, con un total de 10 accidentes reportados, aunque febrero fue el mes con mayor número de incidentes, con 3 en total. En 2021, los meses de febrero y noviembre presentaron la mayor cantidad de accidentes, con 3 en total.

En 2022, octubre fue el mes con mayor número de accidentes, con un total de 5, seguido por febrero y noviembre con 2 accidentes cada uno. En 2023, octubre nuevamente tuvo la mayor cantidad de accidentes, con 5 en total, seguido por noviembre con 3 accidentes.

Gráfico 4. Accidentes por mes



Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

Como se observa en el Gráfico 4, Los meses de octubre y noviembre destacan como períodos con una cantidad significativamente mayor de accidentes en comparación con otros meses. Este análisis subraya la importancia de la vigilancia y la prevención de accidentes durante todo el año, con un énfasis particular en los meses con mayor incidencia.

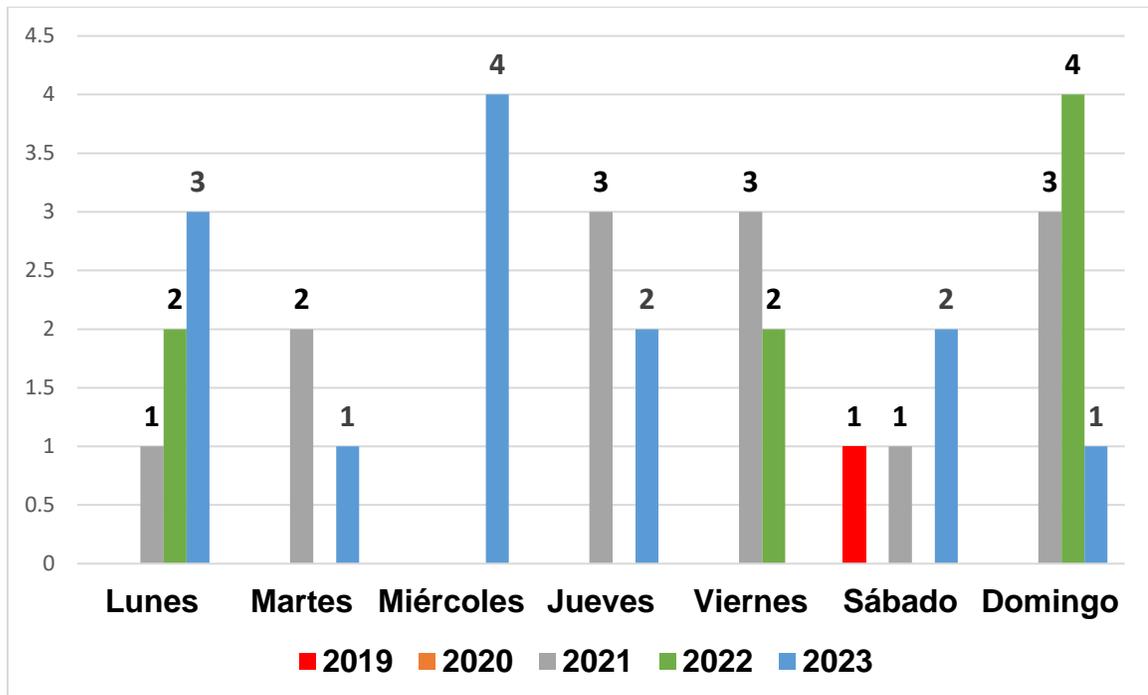
Accidentes por día

Tabla 6. Accidentes por día

Año	2019	2020	2021	2022	2023
Lunes			1	2	3
Martes			2		1
Miércoles					4
Jueves			3		2
Viernes			3	2	
Sábado	1		1		2
Domingo			3	4	1

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

Gráfico 5. Accidentes por día



Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

Los días laborales, especialmente los miércoles y viernes, muestran una tendencia hacia una mayor incidencia de accidentes en comparación con los fines de semana. Esto sugiere que el tráfico durante los días hábiles puede ser más intenso y potencialmente más propenso a los accidentes.

Los lunes y jueves también muestran una cantidad considerable de accidentes, lo que puede estar relacionado con el comienzo y la mitad de la semana laboral, respectivamente, cuando las personas están más activas en la carretera.

Los fines de semana, especialmente los sábados, tienden a tener menos accidentes en comparación con los días laborales, lo que podría atribuirse a una menor actividad laboral y menos tráfico en general.

Los martes y domingos también muestran variabilidad en la cantidad de accidentes reportados a lo largo de los años, lo que sugiere que varios factores pueden influir en la seguridad vial en diferentes días de la semana.

Accidentes por hora

Tabla 7. Accidentes por hora

Hora	2019	2020	2021	2022	2023
12:00 a 01:00 AM			1		
01:00 a 02:00 AM					
02:00 a 03:00 AM					
03:00 a 04:00 AM					2
04:00 a 05:00 AM				1	
05:00 a 06:00 AM			1		1
06:00 a 07:00 AM					
07:00 a 08:00 AM			1	1	
08:00 a 09:00 AM					
09:00 a 10:00 AM				1	
10:00 a 11:00 AM					1
11:00 a 12:00 MD					
12:00 a 01:00 PM			3	2	1
01:00 a 02:00 PM			1		
02:00 a 03:00 PM			1		
03:00 a 04:00 PM					1
04:00 a 05:00 PM			1		
05:00 a 06:00 PM				1	1
06:00 a 07:00 PM					2
07:00 a 08:00 PM			1	1	
08:00 a 09:00 PM					
09:00 a 10:00 PM			1		2
10:00 a 11:00 PM	1		1	1	2
11:00 a 12:00 PM			1		

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

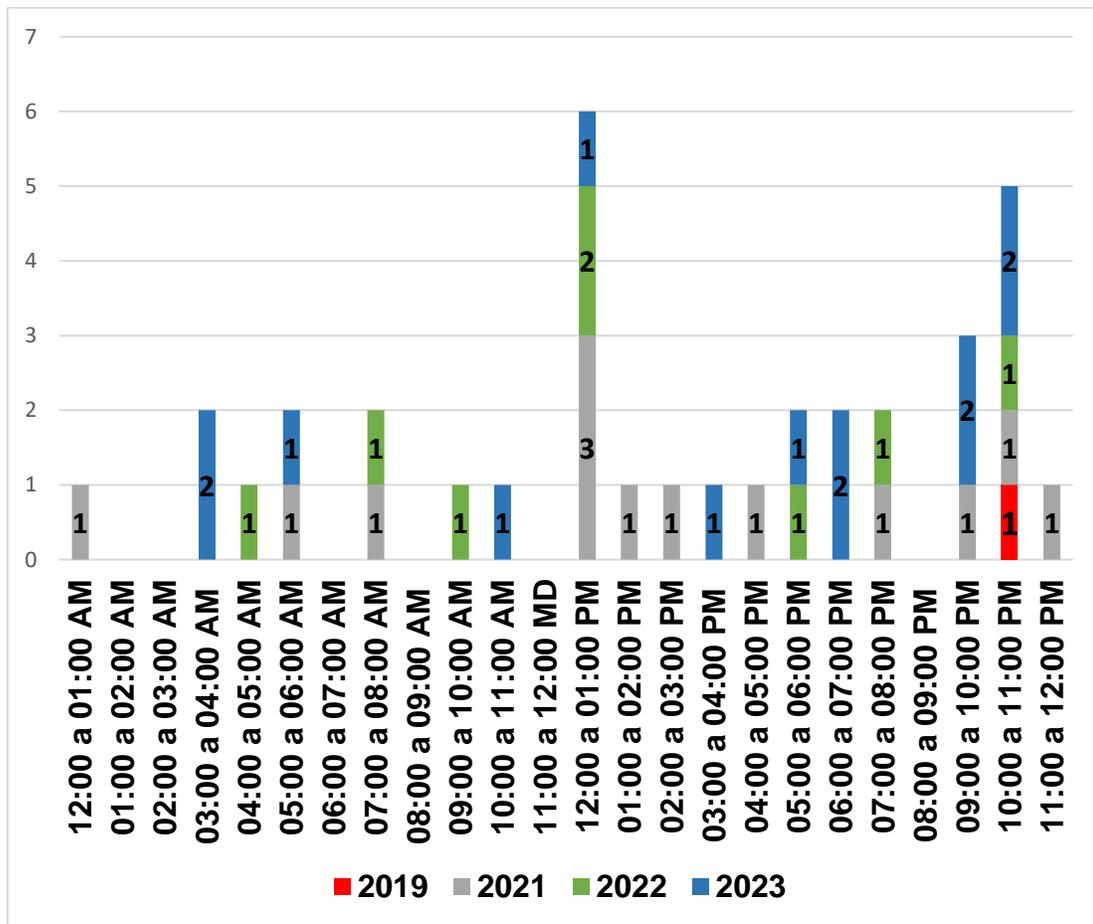
Como se ve en la *Tabla 7*, durante las primeras horas de la mañana (especialmente entre las 03:00 y las 05:00 AM), se observa una concentración de accidentes en los años 2019 y 2022. Esto podría atribuirse a condiciones de visibilidad reducida, fatiga del conductor o factores externos como condiciones climáticas adversas.

Hay un aumento significativo de accidentes en la hora del almuerzo (entre las 12:00 y la 01:00 PM) en 2019, con tres incidentes reportados. Esto podría estar

relacionado con un mayor tráfico en las carreteras debido a las horas pico de actividad diaria. Las horas de la tarde, específicamente entre las 05:00 y las 07:00 PM, también muestran una cantidad notable de accidentes en varios años, lo que sugiere posibles congestiones de tráfico y comportamientos de conducción más arriesgados durante la hora pico.

En los años 2020 y 2023, se observa un aumento en el número de accidentes durante las horas nocturnas, especialmente entre las 10:00 PM y las 12:00 AM. Esto puede indicar la necesidad de una mayor vigilancia y aplicación de medidas de seguridad durante la noche para prevenir accidentes relacionados con la fatiga del conductor, el consumo de alcohol u otros factores.

Gráfico 6. Accidentes por hora



Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

3.1.1.5. Accidentes por puntos críticos

La Policía Nacional define el término "Tramos de concentración de accidentes" aquellos tramos de hasta 1 Km de carretera en los que ocurren tres o más accidentes por año durante un periodo mínimo de tres años. En los datos de accidentes del kilómetro 37 al kilómetro 47 de Tipitapa a Malacatoya ningún tramo cumple con lo antes mencionado, esto debido a los pocos años de existencia de la vía. Sin embargo, como se observa en la Tabla número 8, el tramo que más se acerca a cumplir esos requisitos es el Kilómetro 38, en el cual han ocurrido 7 accidentes en los últimos tres años, siendo 2022 y 2023 los años que cumplen con 3 accidentes cada uno en el tramo del km 38. Esto puede llegar a ser alarmante debido a que es una zona cercana a la comunidad El Timal.

Tabla 8. Puntos críticos

Puntos Críticos	2019	2020	2021	2022	2023
Km 37			1		2
Km 38			1	3	3
Km 39	1		1		
Km 40					3
Km 41			4		
Km 42					1
Km 43				4	
Km 44			2		3
Km 45			3		1
Km 47			1	1	

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, Policía Nacional.

El kilómetro 41 muestra una tendencia constante de accidentes a lo largo del año 2021, con cuatro incidentes reportados. Esto sugiere que este punto puede ser especialmente riesgoso. El kilómetro 43 también resalta como un punto de alta concentración con un alto número de accidentes en el año 2022, con cuatro incidentes reportados. Otro punto de alta concentración de accidentes es el kilómetro 44, muestra variabilidad en el número de accidentes a lo largo de los años, con un aumento en la incidencia en ciertos años específicos.

3.1.2. Magnitud del problema

Al analizar la frecuencia de accidentes durante los últimos 5 años y la cantidad de víctimas de muerte y lesionadas, es crucial contextualizar estos datos con la población actual del municipio de Tipitapa.

Dichos índices son: índice de accidentabilidad (número de accidentes), índices de morbilidad (número de heridos) y índice de mortalidad (número de muertos), con respecto al número de habitantes en el municipio de Tipitapa, expresados en 100,000 habitantes con respecto a su población, parque automotor y longitud del tramo.

3.1.2.1. Índices con respecto a la población

Este se trabajará con la población de Tipitapa con datos extraídos del anuario estadístico INIDE.

Tabla 9. Población de la zona de estudio

Año	Habitantes
2019	148,390
2020	151,066
2021	153,777
2022	156,523
2023	159,217

Fuente: Anuario estadístico INIDE 2023.

Índice de accidentalidad con respecto a la población.

Este indicador refleja la tasa de accidentes de tránsito en el tramo de carretera en estudio.

$$I^{A/P} = \frac{\text{No. de accidentes por año} * 100,000 \text{ habitantes}}{\text{No. de habitantes}}$$

$$I^{A/P} \text{ año 2019} = \frac{1 * 100,000 \text{ habitantes}}{148,390 \text{ habitantes}} = 0.67$$

$$I^{A/P} \text{ año 2020} = \frac{0 * 100,000 \text{ habitantes}}{151,066 \text{ habitantes}} = 0$$

$$I^{A/P} \text{ año 2021} = \frac{13 * 100,000 \text{ habitantes}}{153,777 \text{ habitantes}} = 8.45$$

$$I^{A/P} \text{ año 2022} = \frac{8 * 100,000 \text{ habitantes}}{156,523 \text{ habitantes}} = 5.11$$

$$I^{A/P} \text{ año 2023} = \frac{13 * 100,000 \text{ habitantes}}{159,217 \text{ habitantes}} = 8.16$$

Índice de morbilidad con respecto a la población.

Este indicador refleja la tasa de personas heridas involucradas en accidentes de tránsito en el tramo de carretera en estudio.

$$I^{Morb/P} = \frac{\text{No. de lesionados por año} * 100,000 \text{ habitantes}}{\text{No. de habitantes}}$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2019} = \frac{0 * 100,000 \text{ habitantes}}{148,390 \text{ habitantes}} = 0$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2020} = \frac{0 * 100,000 \text{ habitantes}}{151,066 \text{ habitantes}} = 0$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2021} = \frac{1 * 100,000 \text{ habitantes}}{153,777 \text{ habitantes}} = 0.65$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2022} = \frac{1 * 100,000 \text{ habitantes}}{156,523 \text{ habitantes}} = 0.63$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2023} = \frac{2 * 100,000 \text{ habitantes}}{159,217 \text{ habitantes}} = 1.25$$

Índice de mortalidad con respecto a la población.

Este indicador refleja la tasa de personas murieron en accidentes de tránsito en el tramo de carretera en estudio

$$I^{Mort}/P = \frac{\text{No.de muertos por año} * 100,000 \text{ habitantes}}{\text{No.de habitantes}}$$

$$I^{Mort}/P \text{ año 2019} = \frac{1 * 100,000 \text{ habitantes}}{148,390 \text{ habitantes}} = 0.67$$

$$I^{Mort}/P \text{ año 2020} = \frac{0 * 100,000 \text{ habitantes}}{151,066 \text{ habitantes}} = 0$$

$$I^{Mort}/P \text{ año 2021} = \frac{1 * 100,000 \text{ habitantes}}{153,777 \text{ habitantes}} = 0.65$$

$$I^{Mort}/P \text{ año 2022} = \frac{4 * 100,000 \text{ habitantes}}{156,523 \text{ habitantes}} = 2.55$$

$$I^{Mort}/P \text{ año 2023} = \frac{4 * 100,000 \text{ habitantes}}{159,217 \text{ habitantes}} = 2.5$$

Tabla 10. Índices con respecto a la población

Índice respecto a la Población	2019	2020	2021	2022	2023
Accidentalidad	0.67	0	8.45	5.11	8.16
Morbilidad	0	0	0.65	0.63	1.25
Mortalidad	0.67	0	0.65	2.55	2.5

Fuente: Elaboración propia.

Los índices con respecto a la población son los más cercanos a los datos registrados por el departamento de Ingeniería de Tránsito de la Policía Nacional, a pesar de ser más bajos, los resultados son los que más se acercan a la realidad de la situación que tiene la vía de estudio con los accidentes.

3.1.2.2. Índices con respecto a la longitud del tramo de estudio

Este se trabajó con la distancia que abarca el tramo de estudio, en este caso 10 kilómetros.

Índice de accidentalidad con respecto a la longitud.

$$I^A/P = \frac{\text{No.de accidentes por año} * 100 \text{ km}}{\text{longitud del tramo}}$$

$$I^{A/P} \text{ año 2019} = \frac{1 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 10$$

$$I^{A/P} \text{ año 2020} = \frac{0 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 0$$

$$I^{A/P} \text{ año 2021} = \frac{13 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 130$$

$$I^{A/P} \text{ año 2022} = \frac{8 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 80$$

$$I^{A/P} \text{ año 2023} = \frac{13 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 130$$

Índice de morbilidad con respecto a la longitud.

$$I^{Morb/P} = \frac{\text{No. de lesionados por año} * 100,000 \text{ habitantes}}{\text{longitud del tramo}}$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2019} = \frac{0 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 0$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2020} = \frac{0 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 0$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2021} = \frac{1 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 10$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2022} = \frac{1 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 10$$

$$I^{Morb/P} \text{ año 2023} = \frac{2 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 20$$

Índice de mortalidad con respecto a la longitud.

$$I^{Mort/P} = \frac{\text{No. de muertos por año} * 100 \text{ km}}{\text{longitud del tramo}}$$

$$I^{Mort}/P \text{ año } 2019 = \frac{1 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 10$$

$$I^{Mort}/P \text{ año } 2020 = \frac{0 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 0$$

$$I^{Mort}/P \text{ año } 2021 = \frac{1 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 10$$

$$I^{Mort}/P \text{ año } 2022 = \frac{4 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 40$$

$$I^{Mort}/P \text{ año } 2023 = \frac{4 * 100 \text{ km}}{10 \text{ km}} = 40$$

Tabla 11. Índices con respecto a la longitud

Índice respecto a la Longitud	2019	2020	2021	2022	2023
Accidentalidad	10	0	130	80	130
Morbilidad	0	0	10	10	20
Mortalidad	10	0	10	40	40

Fuente: Elaboración propia.

En este caso los índices con respecto a la longitud del tramo son demasiado altos comparados a las estadísticas de accidentalidad de los últimos 5 años brindadas por el departamento de Ingeniería de tránsito de la Policía Nacional; esto se puede dar debido los pocos accidentes del tramo a consecuencia de los primeros años de existencia de la infraestructura de la carretera.

3.1.2.3. Índices con respecto al parque automotor

Estos índices se calculan con los datos de parque vehicular del departamento de Managua brindados por el departamento de Ingeniería de Tránsito de la policía Nacional, con un número de 465,463 vehículos en el año 2019.

Índice de accidentalidad con respecto al parque automotor.

$$I^{A}/P = \frac{\text{No. de accidentes por año} * 10,000 \text{ veh\`iculos}}{\text{No. de veh\`iculos}}$$

$$I^{A/P} \text{ año 2019} = \frac{1 * 10,000 \text{ veh\u00edculos}}{465,463 \text{ veh\u00edculos}} = 0.021$$

\u00cdndice de morbilidad con respecto al parque automotor.

$$I^{Morb/P} = \frac{\text{No. de lesionados por a\u00f1o} * 10,000 \text{ veh\u00edculos}}{\text{No. de veh\u00edculos}}$$

$$I^{Morb/P} \text{ a\u00f1o 2019} = \frac{0 * 10,000 \text{ veh\u00edculos}}{465,463 \text{ veh\u00edculos}} = 0$$

\u00cdndice de mortalidad con respecto al parque automotor.

$$I^{Mort/P} = \frac{\text{No. de muertos por a\u00f1o} * 10,000 \text{ veh\u00edculos}}{\text{longitud del tramo}}$$

$$I^{Mort/P} \text{ a\u00f1o 2019} = \frac{1 * 10,000 \text{ veh\u00edculos}}{465,463 \text{ veh\u00edculos}} = 0.021$$

Tabla 12. \u00cdndices respecto al parque automotor

\u00cdndice respecto al Parque Automotor	2019
Accidentalidad	0.021
Morbilidad	0
Mortalidad	0.021

Fuete: Elaboraci\u00f3n propia.

En el caso de los \u00cdndices con respecto al parque automotor, se puede observar que son casi nulos, esto debido a que no hay una base de datos espec\u00edfica para zonas como Tipitapa o Malacatoya, as\u00ed que se toman a nivel departamental, los cuales tampoco han sido actualizados los \u00faltimos a\u00f1os. El \u00cdndice de accidentalidad de 0.021 indica una proporci\u00f3n significativa de incidentes en relaci\u00f3n con el n\u00famero de veh\u00edculos en circulaci\u00f3n, destacando \u00e1reas cr\u00edticas que requieren atenci\u00f3n en t\u00e9rminos de infraestructura vial, regulaci\u00f3n de tr\u00e1fico y concienciaci\u00f3n p\u00fablica. A pesar de una morbilidad aparentemente baja, la tasa de

mortalidad también presenta preocupaciones, subrayando la necesidad de medidas preventivas.

Las diferencias significativas entre los índices calculados y los datos reportados por el departamento de ingeniería de tránsito de la policía nacional se atribuyen a varios factores como el subregistro de accidentes ya que los datos de la policía nacional pueden subestimar los incidentes reales debido a la falta de reportes o registros incompletos; así como el enfoque en gravedad debido a que los índices calculados se centran en la gravedad y frecuencia de los accidentes en lugar de su mera ocurrencia, proporcionando una perspectiva más detallada sobre la magnitud del impacto y por último los cálculos que consideran múltiples variables (población, longitud de carretera, parque automotor), ofreciendo una evaluación más holística de la seguridad vial que los datos de accidentes simples.

3.2. Inventario vial

3.2.1. Introducción

Para la elaboración del Inventario Vial, fue necesario realizar un recorrido a lo largo del tramo en estudio para recopilar toda la información requerida y así cuantificar y calificar sus condiciones, habiéndose utilizado los siguientes equipos:

Para levantamiento y mediciones se utilizó: Una cinta métrica de 50 metros, cinta métrica de 8 metros, y un GPS de mano. Para levantamientos de secciones transversales se utilizó el GPS para obtener las coordenadas y así definir su localización, una cinta métrica de 50 metros para medir ancho de la calzada y derecho de vía, una cinta métrica de 8 metros para medir ancho de andén y ancho de cunetas. Estas secciones transversales fueron registradas en formatos que han sido utilizados en el Plan Nacional de Transporte (Ver Formato Tabla 79 Anexo II). Para longitud de cunetas existentes se ocupó de igual manera el GPS de mano para ubicar sus coordenadas. Para las señales verticales y horizontales se utilizó un GPS para la Geo-Referencia, se ocupó una cintra métrica de 8 metros para medir la altura de la señal y distancia con respecto a la vía.

Estas señales verticales y horizontales se recolectaron en formatos de Monografía, y las tablas se tabularon con el programa Excel.

3.2.2. Identificación del tramo en estudio

El tramo en estudio es la carretera NIC-39A, iniciando desde el poblado “Victoria de Julio” en el kilómetro 37 desplazándose hacia Malacatoya kilómetro 47, con un total de 10 kilómetros. El km 37 está ubicado en las coordenadas 12°14'19.7"N 85°59'31.9"W; y el Km 47 en 12°11'07.8"N 85°55'58.9"W como se evidencia en la *Micro localización, Figura 2, pág. 2.*

3.2.3. Clasificación funcional

La NIC-39A, según el documento de la Red Vial de Nicaragua, 2020, (MTI), se clasifica en Colectora Principal por el servicio que está destinada a brindar, es decir, conecta una o varias cabeceras municipales, es una conexión entre dos caminos troncales secundarios y su flujo de tráfico es mayor de 500 veh/día.

En el estudio que se hizo, se calculó un promedio de 2,707 vehículos por día, con ayuda de la ecuación que establece el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2020. Ver la *Ecuación 12*

$$TPDA = TDen\ 12\ h * Fdía * Fsemana * Fexpansión \quad \text{Ecuación 12}$$

Esto lo podemos ver más detallado en la *página 90* en donde se habla a profundidad todo lo que conforma el Estudio de tránsito.

Tabla 13. Clasificación Funcional de las Carreteras

Clasificación Funcional		
Abreviación	Nombre	Requisito
TP	Troncal Principal	Parte de la red vial de Centroamérica, conectan cabeceras departamentales o centros urbanos con más de 50,000 habitantes, flujo de tráfico TPDA mayor de 1000 veh/día.
TS	Troncal Secundaria	Conectan cabeceras departamentales, dan accesos a puestos de fronteras, se usan como conexión entre dos caminos Principales Troncales, flujo de tráfico promedio= 500 veh/día
CP	Colectora Principal	Conectan una o varias cabeceras municipales con un número total de más de 10,000 habitantes a la red nacional, se usan como conexión entre dos caminos troncales secundarios, flujo de tráfico promedio= 500 veh/día
CS	Colectora Secundaria	Conectan una zona o un municipio a la red nacional, conectan una zona o municipio con más de 5,000 habitantes a la red nacional.
CV	Camino Vecinal	Incluido el actual inventario vial del MTI y que no cumplen con algunos de los criterios anteriores, flujo menor de 50 veh/día

Fuente: Red Vial de Nicaragua 2020, pág. 28

- **Clasificación por tipo de construcción**

Según el MTI la construcción del tramo de carretera desde Malacatoya hasta el poblado “Victoria de Julio”, conocido como Timal, es de 29 kilómetros de concreto hidráulico, clasificándose según el documento de la Red Vial de Nicaragua 2020 como pavimento rígido (losas de concreto de cemento Portland de tipo simples o armadas, que se colocan sobre la capa base o subbase). Esta infraestructura vial mejora eficazmente la circulación vehicular, lo que permite acortar la distancia entre los departamentos de Managua, Granada, y Boaco, facilitando la comercialización de productos a los mercados nacionales e internacionales, con mejores condiciones de calidad.

3.2.4. Topografía del terreno

Según la tabla de clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales (Manual Centroamericano para el diseño geométrico) el terreno se clasifica por su pendiente que es menor al 5% como **Terreno Llano o Plano**. Ver *Tabla 14*.

Tabla 14. Rango de Pendiente por Tipo de Terreno

Tipo de Terreno	Rango de Pendientes P (%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

Fuente: Clasificación de los Terrenos en Función de las Pendientes Naturales (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 3a Edición, 2011). Pág. 116.

Para obtener cada una de las pendientes que se muestran en la *Tabla 15*, se tomaron las elevaciones con ayuda de un GPS de mano, marca GARMIN modelo 65s; en un punto de inicio y el siguiente (final) a cada 250 metros, hasta completar los 10 kilómetros en estudio. Como se puede observar en el *ANEXO DE INVENTARIO VIAL, Figura 9, pág. 1*, en la foto se muestran los niveles de señal recibida por los satélites y la precisión del dispositivo, así como se evidencia en el *ANEXO DE INVENTARIO VIAL, Figura 10, pág. 1*, se tomaron varias muestras en el mismo punto y se promediaron para tener un nivel de aceptación confiable.

Una vez encontradas todas las elevaciones se procedió con el cálculo de las pendientes, utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Elev.Final}-\text{Elev.Inicial}}{\text{Distancia}} * 100 \quad \text{Ecuación 14}$$

A continuación, los cálculos obtenidos:

Tabla 15. Pendientes del tramo

ESTACIÓN	Elevación inicial (m)	Elevación final (m)	Distancia (m)	Pendiente (%)
37+000 - 37+250	81	80	250	-0.4
37+250 - 37+500	80	79	250	-0.4
37+500 - 37+750	79	79	250	0
37+750 - 38+000	79	79	250	0
38+000 - 38+250	79	79	250	0
38+250 - 38+500	79	77	250	-0.8
38+500 - 38+750	77	76	250	-0.4
38+750 - 39+000	76	74	250	-0.8
39+000 - 39+250	74	73	250	-0.4
39+250 - 39+500	73	71	250	-0.8
39+500 - 39+750	71	69	250	-0.8
39+750 - 40+000	69	69	250	0
40+000 - 40+250	69	67	250	-0.8
40+250 - 40+500	67	64	250	-1.2
40+500 - 40+750	64	64	250	0
40+750 - 41+000	64	62	250	-0.8
41+000 - 41+250	62	61	250	-0.4
41+250 - 41+500	61	61	250	0
41+500 - 41+750	61	60	250	-0.4
41+750 - 42+000	60	58	250	-0.8
42+000 - 42+250	58	57	250	-0.4
42+250 - 42+500	57	57	250	0
42+500 - 42+750	57	58	250	0.4
42+750 - 43+000	58	59	250	0.4
43+000 - 43+250	59	58	250	-0.4
43+250 - 43+500	58	59	250	0.4
43+500 - 43+750	59	60	250	0.4
43+750 - 44+000	60	59	250	-0.4
44+000 - 44+250	59	59	250	0
44+250 - 44+500	59	59	250	0
44+500 - 44+750	59	56	250	-1.2
44+750 - 45+000	56	56	250	0
45+000 - 45+250	56	56	250	0
45+250 - 45+500	56	57	250	0.4
45+500 - 45+750	57	55	250	-0.8
45+750 - 46+000	55	54	250	-0.4
46+000 - 46+250	54	55	250	0.4
46+250 - 46+500	55	50	250	-2
46+500 - 46+750	50	50	250	0
46+750 - 47+000	50	48	250	-0.8

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Uso del suelo

Tabla 16. Uso de suelo en el tramo.

Estación	FIN	Tipo de Suelo
37+000	37+250	Residencial
37+250	37+500	Residencial
37+500	37+750	Agrícola
37+750	38+000	Agrícola
38+000	38+250	Agrícola
38+250	38+500	Residencial
38+500	38+750	Agrícola
38+750	39+000	Agrícola
39+000	39+250	Agrícola
39+250	39+500	Agrícola
39+500	39+750	Agrícola
39+750	40+000	Agrícola
40+000	40+250	Agrícola
40+250	40+500	Agrícola
40+500	40+750	Agrícola
40+750	41+000	Agrícola
41+000	41+250	Agrícola
41+250	41+500	Agrícola
41+500	41+750	Agrícola
41+750	42+000	Agrícola
42+000	42+250	Agrícola
42+250	42+500	Agrícola
42+500	42+750	Agrícola
42+750	43+000	Agrícola
43+000	43+250	Agrícola
43+250	43+500	Agrícola
43+500	43+750	Agrícola
43+750	44+000	Agrícola
44+000	44+250	Agrícola
44+250	44+500	Agrícola
44+500	44+750	Residencial
44+750	45+000	Residencial
45+000	45+250	Agrícola
45+250	45+500	Agrícola
45+500	45+750	Agrícola
45+750	46+000	Agrícola
46+000	46+250	Agrícola
46+250	46+500	Agrícola
46+500	46+750	Agrícola

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

En la tabla anterior se observan los datos obtenidos debido a que se realizó un recorrido por todo el tramo; medimos cada 250 metros para saber exactamente el uso de suelo de toda la carretera y en cada kilómetro se pudo observar a detalle las diferentes actividades del lugar y el estilo de vida que tiene cada familia. El tramo en estudio se trata de una zona rural, en donde la principal actividad económica son la agricultura y la ganadería. Dentro de la agricultura se encuentran las cosechas de arroz, maíz y caña de azúcar, en cuanto a ganadería se mueve la crianza de cerdos, reses, gallinas, entre otras especies de aves. El acceso a servicios básicos es bastante limitado, encontrando casas sin el servicio de energía eléctrica y, en su mayoría, sin acceso a agua potable (los habitantes hacen uso de pozos).

3.2.6. Estado de la carpeta de rodamiento

3.2.6.1. Condiciones actuales del pavimento

La carpeta de rodamiento del tramo es de losa de concreto hidráulico (pavimento rígido) a excepción del kilómetro 41+540 donde se encuentra ubicado el puente Palo Blanco, el puente mide una longitud de 25 metros y estos están recubierto con una carpeta asfáltica (únicamente en ese segmento).

Todo el tramo está completamente en buen estado ya que no hay presencia de ningún bache, grieta, socavón u otro tipo de deformación que impida la correcta circulación de vehículos; por esa razón los vehículos que transitan en esta carretera no tienen ningún obstáculo para correr a una gran velocidad, no respetan las señales de tránsito, y peor aún no les importa perjudicar sus vidas ni las vidas de los animales que se encuentran alrededor.

En la *Tabla 17* se mostrarán los tipos de daños según los niveles de severidad del Manual de Mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA, edición 2010, pág. 316. que pueden tener las diferentes carreteras y que estos mismos las convierten en carreteras en mal estado:

Tabla 17. Criterio para evaluar la superficie de rodamiento

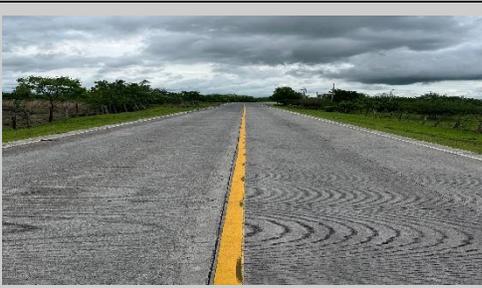
DAÑOS A PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO				
Estado	Fisuras Capilares	Desprendimiento de agregados	Baches	Despostillamiento
Bueno	Fisuras capilares se extienden sobre toda la losa; la superficie se encuentra en buena condición sin descascaramiento.	Pequeñas peladuras muy superficiales, puntuales o concentradas en pequeñas áreas, como remiendos.	Tiene una profundidad menor de 2.5 cm, con un diámetro promedio menor de 70 cm	Pequeños fracturamientos, que no se extienden más de 8 cm a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas piezas que se mantienen bien firmes.
Regular	La losa evidencia descascaramiento, pero estas son de reducida área, afectando menos del 10% de la losa.	Peladuras, se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino, solo superficialmente.	Profundidad máxima de 2.5 a 5 cm, con un diámetro menor de 70 cm	Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 8 cm a cada lado de esta, dando origen a piezas o trozos relativamente sueltos, que pueden ser removidos; pero su profundidad es menor de 25 mm.
Malo	La losa evidencia descascaramiento en áreas significativas, afectando más del 10% de la losa.	Peladuras, desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.	Con un diámetro mayor de 100 cm y una profundidad mayor de 5 cm.	Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 8 cm a cada lado de esta, tienen una profundidad mayor de 25 mm.

Fuente: Manual de Mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA, edición 2010.

Como se mencionó anteriormente, en general el tramo se encuentra en perfectas condiciones, no presenta indicios de deterioro en su capa base lo que la hace una carretera en estado óptimo, esto la convierte en un tramo bastante peligroso y causante de accidentes de tránsito por la circulación de vehículos pesados a grandes velocidades.

En la siguiente tabla se muestra un resumen del estado del tramo en estudio:

Tabla 18. Estado de la carpeta de rodamiento del tramo

ESTACIÓN	CARPETA DE RODAMIENTO	ESTADO	IMAGEN
37+000 41+000	CONCRETO	Bueno, no presenta ningún bache, socavón o grieta.	
41+540 41+565	ASFALTO	Bueno, no presenta ningún bache, socavón o grieta.	
41+588 47+000	CONCRETO	Bueno, no presenta ningún bache, socavón o grieta.	

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

3.2.7. Sección transversal

En la siguiente tabla se muestran los datos levantados en el tramo de acuerdo con sus características geométricas, se tomaron secciones transversales cada 250 metros hasta completar los diez kilómetros en estudio. En la estación 37+000 hasta 37+250 se encontraron las dimensiones de cuneta y andén en este primer corte y una zona despejada con medidas pequeñas comparadas a las zonas despejadas de los siguientes cortes. En el kilómetro 37+071 hasta el kilómetro 38+661 se encontraron dos drenajes longitudinales (uno a cada lado), con una longitud de 1,590 metros.

También en la tabla se observa que los kilómetros 39+000 al 45+750 estos no cuentan con cunetas y menos con andenes, ya que a partir de aquí es completamente zona de trabajo agrícola, lo que quiere decir, que aquí la carretera se encuentra en medio de vegetación y ganadería.

Nuevamente, se encontró en el kilómetro 45+990 hasta 46+480 otro drenaje longitudinal con una distancia total de 490 metros en sentido Malacatoya-Tipitapa y también la presencia de dos cunetas en cada curva, una ubicada en la estación 46+630 hasta 46+701 al lado izquierdo en sentido Tipitapa-Malacatoya (primera curva), con una distancia total de 71 metros con un ancho de 0.30 metros y la otra ubicada al lado derecho (segunda curva) exactamente en la estación 46+987 y termina en el inicio del kilómetro 47 (o sea que, la cuneta todavía continua pero la distancia de la cuneta la tomamos hasta donde termina el último kilómetro que se está estudiando, es por eso que la distancia es de 13 metros (muy corta comparada a la primera curva), igual con un ancho de 30 centímetros.

Tabla 19. Secciones transversales en el tramo

Estación	Ancho Carril		Hombros		Cunetas		Andén		Zona despejada		Derecho de Vía
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	
37+000	3.55	3.55	0.38	0.38	0.32	0.32	1.28	1.27	3.7	1.8	16.55
37+250	3.5	3.5	0.38	0.31	0.32	0.32	1.28	1.27	9	3.4	23.28
37+500	3.4	3.4	0.37	0.4	1.5	1.5			4.8	4.9	20.27
37+750	3.6	3.4	0.38	0.38	1.5	1.5			5.8	9.6	26.16
38+000	3.55	3.53	0.33	0.37	1.5	1.5			6.2	8.2	25.18
38+250	3.4	3.6	0.4	0.4	1.5	1.5			6.5	6.8	24.1
38+500	3.53	3.53	0.38	0.38	1.5	1.5			7.3	7.2	25.32
38+750	3.5	3.5	0.37	0.37	1.5	1.5			7	8.2	25.94
39+000	3.5	3.5	0.35	0.35					6.5	9.7	23.9
39+250	3.5	3.6	0.38	0.38					7.6	8.2	23.66
39+500	3.45	3.4	0.38	0.38					8.3	6.9	22.81
39+750	3.5	3.5	0.38	0.37					7.6	8.3	23.65
40+000	3.55	3.55	0.35	0.35					4.3	9.1	21.2
40+250	3.56	3.56	0.37	0.37					6.8	6.5	21.16
40+500	3.5	3.5	0.37	0.37					6.9	6.7	21.34
40+750	3.5	3.5	0.38	0.38					7	7.2	21.96
41+000	3.55	3.55	0.35	0.35					7.4	6.5	21.7
41+250	3.4	3.45	0.36	0.36					7.6	6.9	22.07
41+500	3.55	3.55	0.36	0.36					7.7	6.8	22.32
41+750	3.5	3.5	0.36	0.36					7.9	7	22.62
42+000	3.55	3.55	0.4	0.4					8.2	11.8	27.9
42+250	3.6	3.6	0.41	0.41					8.4	11.9	28.32
42+500	3.6	3.6	0.4	0.4					8.3	11.8	28.1
42+750	3.55	3.55	0.4	0.4					8.5	12	28.4
43+000	3.5	3.5	0.35	0.35					7.7	6.3	21.7
43+250	3.55	3.55	0.35	0.35					7.8	6	21.6
43+500	3.55	3.55	0.36	0.36					7.8	6.2	21.82
43+750	3.5	3.5	0.36	0.36					7.9	6.5	22.12
44+000	3.4	3.6	0.35	0.35					6.2	6.5	20.4
44+250	3.5	3.5	0.36	0.36					6.3	6.3	20.32
44+500	3.55	3.55	0.36	0.36					6.7	6.5	21.02
44+750	3.6	3.4	0.35	0.35					6.7	5.8	20.2
45+000	3.4	3.6	0.35	0.35					6.6	6.7	21
45+250	3.5	3.5	0.35	0.35					6.5	5.9	20.1
45+500	3.55	3.55	0.36	0.36					6.7	6.5	21.02
45+750	3.5	3.5	0.36	0.36					5.8	6.1	21.12
46+000	3.5	3.5	0.35	0.4					6.4	7.1	22.75
46+250	3.6	3.6	0.4	0.42					6.5	6.3	22.32
46+500	5.2	5.1	0.7	0.45					6.8	5.5	25.25
46+750	4.86	5.11	0.5	0.49					5.2	5.7	22.16
47+000	4.95	5.05	0.43	0.43	0.3				6.14	5.6	22.9

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7.1. Derecho de vía en el tramo

En la tabla anterior la última columna con el nombre **derecho de vía**, muestra el total de zona comprendida de dicho tramo, es decir, es la sumatoria de todas las características físicas y geométricas de los dos lados de la carretera. El derecho de vía con el que cuenta el tramo en estudio está entre 20 metros hasta 28 metros (esto depende de las dimensiones de cada kilómetro en sentido Tipitapa-Malacatoya), excepto en el inicio del kilómetro 37 hasta la estación 37+250, ya que su derecho de vía es menor a 20 metros (derecho de vía de 16.55 metros), por lo que los 9 kilómetros restantes, tratándose de su carpeta de rodamiento, sí cumplen con las características físicas y geométricas que requiere el derecho de vía según el documento de la Red Vial de Nicaragua como se muestra en la *Figura 3 (ver la Tabla 19)*.

Figura 3. Características físicas y geométricas de nuestras carreteras según el tipo de superficie

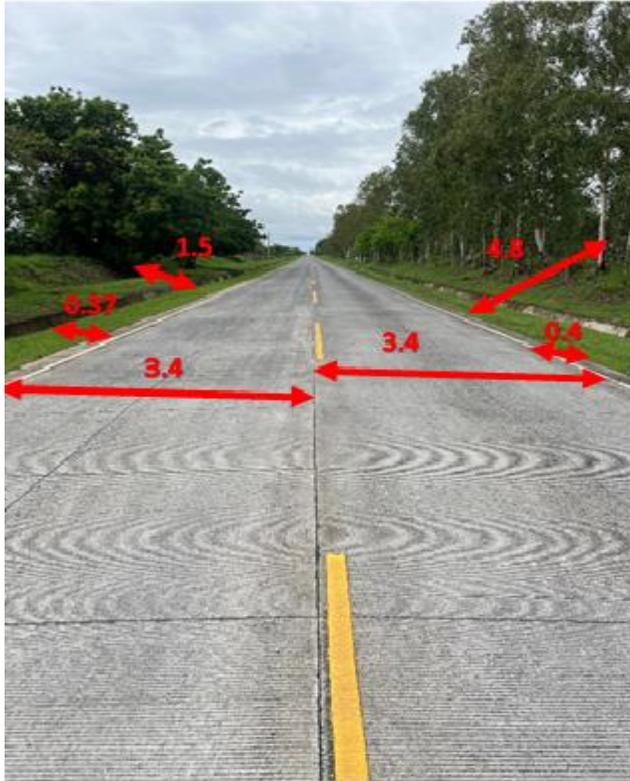
CONCRETO HIDRAÚLICO	
CARACTERÍSTICA	RANGO
Ancho de Corona	7.60 – 12.0m
Ancho de la Calzada	6.70 – 8.40m
Derecho de Vía	20.0 – 40.0m
Bombeo	2.0 – 3.0%
Velocidad de Diseño	30.0 – 90.0km/h
Pendiente Máxima	3.0 – 8.0%
Pendiente Ponderada	0.5 – 5.40%
Carga de Puente	HS – 2044+25%

Fuente: Red Vial de Nicaragua 2020, (Pág. 16), Ley de Derecho de Vía, Publicada en la Gaceta.

Pero según la Ley del Derecho de Vía del decreto 46, artículo 2, donde especifica que, para las carreteras interdepartamentales y vecinales, el derecho de vía debe ser de veinte metros o sea diez metros a cada lado del eje o línea media, estas estaciones no cumplen con lo requerido en dicho artículo. Las únicas estaciones donde se encontró un derecho de vía de 20 metros son: la estación 37+500, 44+000, 44+250, 44+750 y por último la estación 45+250.

A continuación, se mostrarán algunas de las secciones transversales del tramo en estudio que cumplen con el derecho de vía del decreto 46, artículo 2:

Figura 4. Sección transversal de la estación 37+500



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Derecho de vía de la estación 37+500

Sección transversal	Dimensión (m)
Carril derecho	3.4
Carril izquierdo	3.4
Hombro derecho	0.4
Hombro izquierdo	0.37
Zona despejada derecha	4.8
Zona despejada izquierda	4.9
Cunetas	1.5

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Figura 5. Sección transversal de la estación 44+250



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Derecho de vía de la estación 44+250

Sección transversal	Dimensión (m)
Carril derecho	3.5
Carril izquierdo	3.5
Hombro derecho	0.35
Hombro izquierdo	0.35
Zona despejada derecha	6.3
Zona despejada izquierda	6.3

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Figura 6. Sección transversal de la estación 45+250



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Derecho de vía de la estación 45+250

Sección transversal	Dimensión (m)
Carril derecho	3.5
Carril izquierdo	3.5
Hombro derecho	0.35
Hombro izquierdo	0.35
Zona despejada derecha	6.3
Zona despejada izquierda	6.3

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

3.2.8. Señalización vertical

Se realizó un recorrido por todo el tramo donde se contabilizaron un total de 70 señales verticales (ver *Tabla 24*), cabe mencionar que la clasificación de los dispositivos de tránsito según el Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito es de 3 categorías según su función: dispositivos de reglamentación, dispositivos de prevención y dispositivos de información; así que para clasificar dichas señales, se analizó la condición de cada una con los parámetros presentados en la *Tabla 23*, basados en los aspectos que deben ser tomados en cuentas según el Manual de dispositivos de tránsito en lo leído en la sección 1.5.2.5 de mantenimiento.

Tabla 23. Características del Estado de las Señales Verticales

Condición	Descripción
Buena	Cumplen con lo estipulado en el manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (medidas, ubicación, mensaje legible, estructura intacta).
Regular	Manchadas, pero sin obstruir la visibilidad del mensaje, pintura deteriorada.
Mala	Mala visibilidad, decoloración, capa reflectora desprendida, estado oxidado.

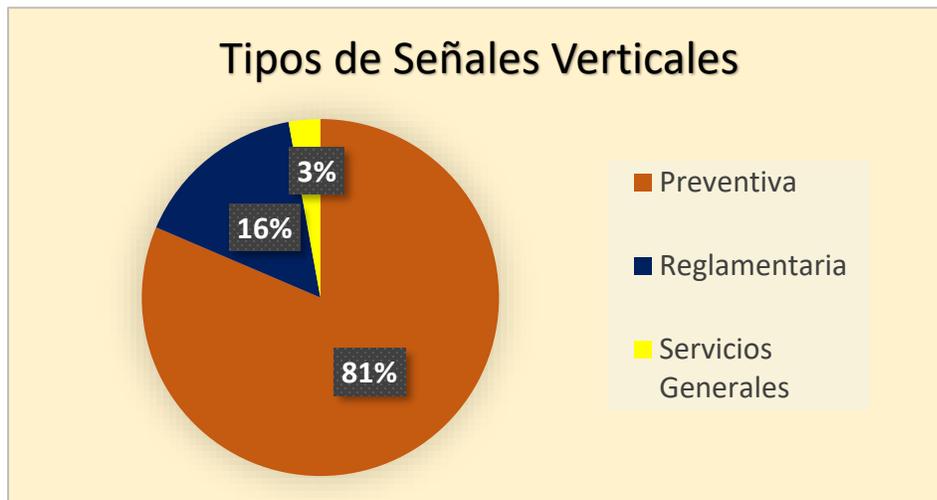
Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivo de Control del Tránsito, SIECA 2000. Pág. 41.

Tabla 24. Estado de las señales de tránsito verticales existentes en el tramo

Tipo de Señal	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo	Total
Preventiva	54	2	1	57
Reglamentaria	8	3	0	11
Servicios Generales	2	0	0	2

Fuente: Elaboración propia.

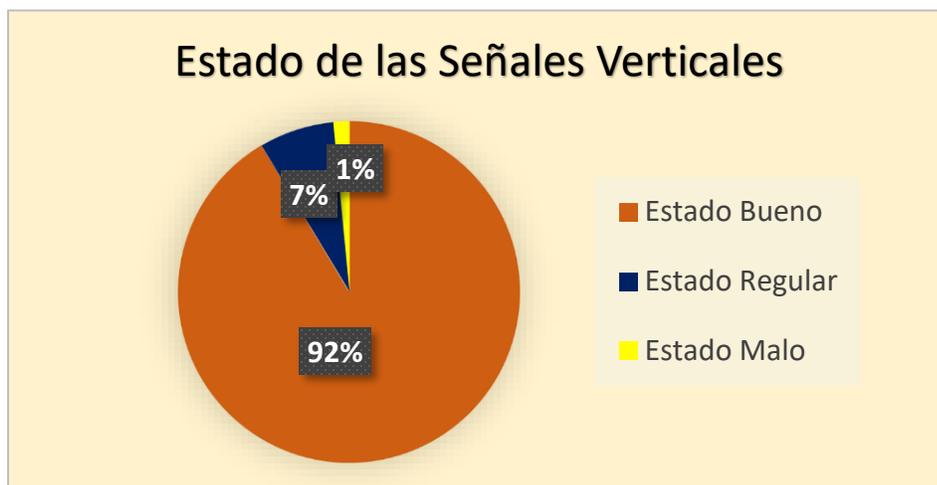
Gráfico 7. Tipos de señales verticales



Fuente: Elaboración propia.

En los tipos de señales verticales según el Gráfico 7, se tiene que el 81% de ellas son señales preventivas, el 16% señales reglamentarias y un 3% de carácter informativo.

Gráfico 8. Estado de las señales verticales encontradas en el tramo



Fuente: Elaboración propia.

En el estado de señales verticales según el Gráfico 8, se tiene que el 92% de ellas están en buen estado, el 7% se encuentran en estado regular y un 1% en mal estado, debido a leves accidentes que ocasionan el daño de estos; por lo que tienen que ser sustituidas.

Tabla 25. Dispositivos de control de tránsito en el tramo

Estación	Señalizaciones Verticales						Ubicación		Observación
	Nombre	Código	Tipología	Tipo de tablero	Altura libre	Claro lateral	Coordenadas X	Coordenadas Y	
37+250	No adelantar	R-13-1	Reglamentaria	Rectangular	2.5	1.20	12°14'31"N	85°59'44"W	Buen estado
37+450	Zona Urbana Despacio 40 kph	II-5-2	Reglamentaria	Rectangular	2.4	1.20	12°14'28"N	85°59'41"W	Buen estado
37+450	Velocidad Máxima 80 kph	R-2-1	Reglamentaria	Rectangular	2.5	1.30	12°14'28"N	85°59'41"W	Buen estado
38+475	Salida de Camiones	P-10-6	Preventiva	Cuadrada	2.55	2.10	12°14'03"N	85°59'14"W	Estado regular
40+562	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.05	12°13'17"N	85°58'24"W	Buen estado
40+567	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.10	12°13'17"N	85°58'24"W	Buen estado
40+570	Ganado	P-10-1	Preventiva	Cuadrada	2.58	1.00	12°13'16"N	85°58'23"W	Buen estado
41+100	Ganado	P-10-1	Preventiva	Cuadrada	2.43	1.00	12°13'05"N	85°58'11"W	Estado regular
41+530	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+530	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+532	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+532	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+534	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+534	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+600	Velocidad Máxima 60 kph	R-2-1	Reglamentaria	Rectangular	2.47	1.00	12°12'53"N	85°57'58"W	Buen estado
41+665	Puente Palo Blanco	-	Informativa	Rectangular	1.66	1.50	12°12'52"N	85°57'57"W	Buen estado
41+570	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+570	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+573	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+573	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+576	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+576	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+725	Puente	P-5-6	Preventiva	Cuadrada	2.46	0.90	12°12'51"N	85°57'56"W	Mal estado
43+000	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'23"N	85°57'25"W	Buen estado
43+000	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'23"N	85°57'25"W	Buen estado
44+150	Velocidad Máxima 80 kph	R-2-1	Reglamentaria	Rectangular	2.46	1.20	12°11'58"N	85°56'58"W	Buen estado
44+268	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'54"N	85°56'55"W	Buen estado
44+275	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'54"N	85°56'54"W	Buen estado
44+275	No adelantar	R-13-1	Reglamentaria	Rectangular	2.52	1.20	12°11'54"N	85°56'55"W	Buen estado
44+283	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'54"N	85°56'54"W	Buen estado
44+291	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+299	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+307	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+315	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 26. Continuación de los dispositivos de control de tránsito en el tramo

44+323	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+331	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'52"W	Buen estado
44+339	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'52"W	Buen estado
44+350	Intersección	P-2-1	Preventiva	Cuadrada	2.46	1.20	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+429	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'52"N	85°56'52"W	Buen estado
44+463	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'52"N	85°56'51"W	Buen estado
44+475	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'51"N	85°56'50"W	Buen estado
44+475	Alto	R-1-1	Reglamentaria	Octagonal	2.4	1.23	12°11'50"N	85°56'50"W	Buen estado
44+485	Alto	R-1-1	Reglamentaria	Octagonal	2.4	1.30	12°11'50"N	85°56'50"W	Estado regular
44+530	Velocidad Máxima 60 kph	R-2-1	Reglamentaria	Rectangular	2.45	1.15	12°11'49"N	85°56'48"W	Estado regular
44+530	Velocidad Máxima 80 kph	R-2-1	Reglamentaria	Rectangular	2.45	0.90	12°11'48"N	85°56'48"W	Estado regular
44+580	Parada de Autobuses	R-10-1	Informativa	Rectangular	2.41	1.20	12°11'48"N	85°56'47"W	Buen estado
44+650	Intersección	P-2-1	Preventiva	Cuadrada	2.5	1.30	12°11'47"N	85°56'47"W	Buen estado
45+480	Ganado	P-10-1	Preventiva	Cuadrada	2.69	1.20	12°11'27"N	85°56'25"W	Buen estado
46+520	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'07"N	85°55'59"W	Buen estado
46+563	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'08"N	85°55'58"W	Buen estado
46+596	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'08"N	85°55'57"W	Buen estado
46+616	Señal de peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'09"N	85°55'56"W	Buen estado
46+623	Señal de peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'09"N	85°55'56"W	Buen estado
46+632	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'09"N	85°55'56"W	Buen estado
46+663	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'10"N	85°55'55"W	Buen estado
46+691	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'10"N	85°55'55"W	Buen estado
46+715	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'11"N	85°55'54"W	Buen estado
46+739	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'12"N	85°55'54"W	Buen estado
46+759	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'12"N	85°55'54"W	Buen estado
46+779	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'13"N	85°55'53"W	Buen estado
46+815	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'14"N	85°55'53"W	Buen estado
46+833	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'15"N	85°55'53"W	Buen estado
46+940	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'17"N	85°55'51"W	Buen estado
46+955	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'18"N	85°55'51"W	Buen estado
46+970	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'18"N	85°55'50"W	Buen estado
46+970	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'17"N	85°55'51"W	Buen estado
46+973	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'17"N	85°55'51"W	Buen estado
46+980	No adelantar	R-13-1	Reglamentaria	Rectangular	2.56	1.60	12°11'18"N	85°55'50"W	Buen estado
46+985	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'18"N	85°55'50"W	Buen estado
47+000	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'19"N	85°55'50"W	Buen estado

Fuente: Inventario Vial realizado por los sustentantes.

Se elaboró una tabla donde se ubicaron las señales verticales del tramo con sus respectivas dimensiones de altura libre y claro lateral y para realizar la comprobación de estas se consultó con el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para Control del Tránsito, SIECA, pág. 2.20 hasta la pág. 2.25

Donde establece que para carreteras rurales el claro vertical o altura libre de las señales verticales debe ser de por lo menos 1.50 metros desde el borde de la superficie del pavimento hasta la parte inferior de la señal y para el claro lateral deberán tener una distancia mínima de 1.80 metros desde el borde del carril más externo hasta la proyección vertical del borde más cercano de la señal, aunque es deseable una distancia de 3.65 metros en caso de que no exista espaldón (el tramo en estudio no cuenta con espaldón). El tramo tiene como se dijo anteriormente un total de 70 señales y ninguna de estas cumple con los parámetros requeridos por la SIECA, ya que el claro vertical (altura libre) de todas oscila entre 1.66 a 2.69 metros; y su claro lateral oscila entre 0.90 a 2.10 metros donde tiene que ser de 3.5 metros ya que no cuenta la carretera con espaldón.

En la siguiente tabla se muestran algunas señales verticales que se encuentran en el tramo, las primeras 3 están en perfectas condiciones (en buen estado), tienen buena legibilidad, no presentan ningún rayón ni desgaste en su pintura. Las otras 3, la primera presenta rayones (vandalismo), la segunda presenta orificios en el mensaje y el poste está inclinado y, por último, la señal que se encuentra en el 45+480 la placa presenta un doblez; estas tres últimas están en estado regular.

Tabla 27. Señales verticales en el tramo

Estación 37+250	Estación 37+450	Estación 37+450
		
Estación 41+100	Estación 44+530	Estación 45+480
		

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 28. Señales verticales encontradas en el tramo



Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

En la tabla anterior se puede apreciar la única señal en mal estado que encontramos en todo el tramo, se encuentra situada en la estación 41+725 y la placa está completamente desprendida llegando hasta el pie del poste, la segunda imagen muestra las señales de peligro un tipo de señal vertical. Encontramos un total de 33 señales de peligro ya que el tramo se sitúa en una zona ganadera, estas señales se encuentran ubicadas en el mismo lugar de los postes guías, es decir, uno detrás del otro. Y la última imagen es un delineador Chevron o llamado también cabeza de flecha; estos se encuentran únicamente en las dos curvas situadas en el tramo en estudio. En la primera curva encontramos un total de 12 delineadores alrededor de esta; al igual que en la segunda curva con la diferencia que el inicio del kilómetro 47 (siendo este el final de los diez kilómetros en estudio) termina justo a la mitad de esta por lo que aquí sólo contamos con 5 delineadores para estudio.

En las dos siguientes tablas se muestran la ubicación de las señales de peligro y de los delineadores Chevron con sus respectivas dimensiones y el estado de todas estas es bueno, no presentan ningún deterioro. A continuación, los delineadores cabeza de flecha:

Tabla 29. Delineadores de dirección tipo “Chevron” en el tramo en estudio

Delineadores Chevron o Cabeza de flecha							Ubicación		Observación
Estación	Nombre	Código	Tipología	Tipo de tablero	Altura libre	Claro latera	Coordenadas X	Coordenadas Y	
46+520	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'07"N	85°55'59"W	Buen estado
46+563	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'08"N	85°55'58"W	Buen estado
46+596	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'08"N	85°55'57"W	Buen estado
46+632	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'09"N	85°55'56"W	Buen estado
46+663	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'10"N	85°55'55"W	Buen estado
46+691	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'10"N	85°55'55"W	Buen estado
46+715	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'11"N	85°55'54"W	Buen estado
46+739	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'12"N	85°55'54"W	Buen estado
46+759	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'12"N	85°55'54"W	Buen estado
46+779	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'13"N	85°55'53"W	Buen estado
46+815	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'14"N	85°55'53"W	Buen estado
46+833	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'15"N	85°55'53"W	Buen estado
46+940	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'17"N	85°55'51"W	Buen estado
46+955	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'18"N	85°55'51"W	Buen estado
46+970	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'18"N	85°55'50"W	Buen estado
46+985	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'18"N	85°55'50"W	Buen estado
47+000	Cabeza de flecha	P-1-9	Preventiva	Rectangular	2.52	1.48	12°11'19"N	85°55'50"W	Buen estado

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Levantamiento de señales de peligro en el tramo

Señalizaciones Verticales							Ubicación		Observación
Estación	Nombre	Código	Tipología	Tipo de tablero	Altura libre	Claro latera	Coordenadas X	Coordenadas Y	
40+562	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.05	12°13'17"N	85°58'24"W	Buen estado
40+567	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.10	12°13'17"N	85°58'24"W	Buen estado
41+530	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+530	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+532	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+532	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+534	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+534	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'56"N	85°58'01"W	Buen estado
41+570	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+570	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+573	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+573	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+576	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
41+576	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'55"N	85°58'00"W	Buen estado
43+000	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'23"N	85°57'25"W	Buen estado
43+000	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°12'23"N	85°57'25"W	Buen estado
44+268	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'54"N	85°56'55"W	Buen estado
44+275	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'54"N	85°56'54"W	Buen estado
44+283	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'54"N	85°56'54"W	Buen estado
44+291	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+299	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+307	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+315	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+323	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'53"W	Buen estado
44+331	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'52"W	Buen estado
44+339	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'53"N	85°56'52"W	Buen estado
44+429	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'52"N	85°56'52"W	Buen estado
44+463	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'52"N	85°56'51"W	Buen estado
44+475	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'51"N	85°56'50"W	Buen estado
46+616	Señal de peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'09"N	85°55'56"W	Buen estado
46+623	Señal de peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'09"N	85°55'56"W	Buen estado
46+970	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'17"N	85°55'51"W	Buen estado
46+973	Señal de Peligro	P-12-4A	Preventiva	Rectangular	1.96	1.49	12°11'17"N	85°55'51"W	Buen estado

Fuente: Elaboración propia.

3.2.8.1. Postes kilométricos

Es la señal que indica la distancia entre el inicio y fin de una carretera, en el tramo en estudio se encontraron 10 postes kilométricos, del kilómetro 38+000 al 47+000; exceptuando el kilómetro 37 ya que se encuentra mal posicionado en la carretera (12°14'42"N - 85°59'50"W), es decir que, el inicio de éste se desconoce, pero se calculó con ayuda del kilometraje del carro y la información fue corroborada con ayuda del Google Earth, por esa razón no cuenta con ningún poste kilométrico. Los datos de estos se presentan a continuación:

Tabla 31. Datos levantados de postes kilométricos

Poste Kilómetro 37+000				
Coordenadas	12°14'42"N - 85°59'50"W			
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha	
Altura	1.34 m	D.A	1.80 m	
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura (un poco lodoso), pero sin daño en el concreto. Mal posicionado en el tramo.			
Poste Kilómetro 38+000				
Coordenadas	12°14'14"N - 85°59'26"W			
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha	
Altura	1.54 m	D.A	2.00 m	
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura, y tampoco ningún daño en el concreto.			



Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 32. Continuación de los datos levantados de los postes kilométricos

Poste Kilómetro 39+000				
Coordenadas	12°13'52"N - 85°59'02"W			
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha	
Altura	1.64 m	D.A	1.90 m	
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura, y tampoco ningún daño en el concreto.			
Poste Kilómetro 40+000				
Coordenadas	12°13'29"N - 85°58'38"W			
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha	
Altura	1.60 m	D.A	1.10 m	
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura, y tampoco ningún daño en el concreto.			
Poste Kilómetro 41+000				
Coordenadas	12°13'07"N - 85°58'13"W			
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha	
Altura	1.47 m	D.A	1.20 m	
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura (un poco lodoso), pero sin daño en el concreto.			

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 33. Continuación de los datos levantados de los postes kilométricos

Poste Kilómetro 42+000					
Coordenadas	12°12'45"N - 85°57'49"W				
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha		
Altura	1.40 m	D.A	1.30 m		
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura (un poco lodoso), pero sin daño en el concreto.				
Poste Kilómetro 43+000					
Coordenadas	12°12'23"N - 85°57'25"W				
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha		
Altura	1.42 m	D.A	1.50 m		
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura (un poco lodoso), pero sin daño en el concreto.				
Poste Kilómetro 44+000					
Coordenadas	12°12'00"N - 85°57'01"W				
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha		
Altura	1.62 m	D.A	1.40 m		
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura, y tampoco ningún daño en el concreto.				

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 34. Continuación de los datos levantados de los postes kilométricos

Poste Kilómetro 45+000					
Coordenadas	12°11'38"N - 85°56'37"W				
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha		
Altura	1.52 m	D.A.	1.30 m		
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura y tampoco ningún daño en el concreto.				
Poste Kilómetro 46+000					
Coordenadas	12°11'16.3"N - 85°56'13.3"W				
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha		
Altura	1.58 m	D.A.	1.30 m		
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura y tampoco ningún daño en el concreto.				
Poste Kilómetro 47+000					
Coordenadas	12°11'18"N - 85°55'49"W				
Claro Lateral	0.18 m	Banda	Derecha		
Altura	1.65 m	D.A.	1.35 m		
Observación	Buen estado, no presenta desgaste en la pintura y tampoco ningún daño en el concreto.				

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

En las tablas anteriores, se observa que los 11 postes kilométricos ubicados a lo largo del tramo se encuentran en perfectas condiciones. Según el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, edición 2010, pág. 210, los postes de kilometraje deben ser ubicados a un mínimo de 1.50 metros del extremo de la capa de rodadura y además establece un ancho para poste Kilométrico de 30 cm y alto de 1.2 m. Por lo que, no cuentan con los parámetros establecidos; pues estos tienen un claro lateral de 0.18 m, una altura que oscila entre 1.34 a 1.65 m y por último la distancia lateral está entre 1.10 a 2 m.

3.2.8.2. Postes guías

Además de los postes kilométricos en el tramo encontramos un total de 33 postes guías, todos están en buen estado ya que no presentan desgaste en la pintura y no hay ningún deterioro en el concreto, están ubicados en el mismo sitio donde se encuentran las señales de peligro (como se dijo anteriormente en la *pág. 67*) estos se encuentran juntos, uno detrás del otro y en las curvas se encontraron únicamente 2, uno de cada lado.

Tabla 35. Postes guías en el tramo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Datos levantados de postes guías

Estación	Lado		Coordenadas		Dimensiones		Observación
	Tipitapa-Malacatoya	Malacatoya-Tipitapa	X	Y	Altura	Ancho	
40+562	x		12°13'17"N	85°58'24"W	1.10	1.15	Buen estado
40+567		x	12°13'17"N	85°58'24"W	1.10	1.15	Buen estado
41+530	x		12°12'56"N	85°58'01"W	1.08	1.15	Buen estado
41+530		x	12°12'56"N	85°58'01"W	1.08	1.15	Buen estado
41+532	x		12°12'56"N	85°58'01"W	1.08	1.15	Buen estado
41+532		x	12°12'56"N	85°58'01"W	1.08	1.15	Buen estado
41+534	x		12°12'56"N	85°58'01"W	1.08	1.15	Buen estado
41+534		x	12°12'56"N	85°58'01"W	1.08	1.15	Buen estado
41+570	x		12°12'55"N	85°58'00"W	1.08	1.15	Buen estado
41+570		x	12°12'55"N	85°58'00"W	1.08	1.15	Buen estado
41+573	x		12°12'55"N	85°58'00"W	1.09	1.15	Buen estado
41+573		x	12°12'55"N	85°58'00"W	1.09	1.15	Buen estado
41+576		x	12°12'55"N	85°58'00"W	1.07	1.15	Buen estado
41+576		x	12°12'55"N	85°58'00"W	1.07	1.15	Buen estado
43+000	x		12°12'23"N	85°57'25"W	1.07	1.15	Buen estado
43+000		x	12°12'23"N	85°57'25"W	1.07	1.15	Buen estado
44+268		x	12°11'54"N	85°56'55"W	1.10	1.15	Buen estado
44+275		x	12°11'54"N	85°56'54"W	1.10	1.15	Buen estado
44+283		x	12°11'54"N	85°56'54"W	1.10	1.15	Buen estado
44+291		x	12°11'53"N	85°56'53"W	1.10	1.15	Buen estado
44+299		x	12°11'53"N	85°56'53"W	1.10	1.15	Buen estado
44+307		x	12°11'53"N	85°56'53"W	1.10	1.15	Buen estado
44+315		x	12°11'53"N	85°56'53"W	1.10	1.15	Buen estado
44+323		x	12°11'53"N	85°56'53"W	1.10	1.15	Buen estado
44+331		x	12°11'53"N	85°56'52"W	1.10	1.15	Buen estado
44+339		x	12°11'53"N	85°56'52"W	1.10	1.15	Buen estado
44+429		x	12°11'52"N	85°56'52"W	1.10	1.15	Buen estado
44+463	x		12°11'52"N	85°56'51"W	1.10	1.15	Buen estado
44+475		x	12°11'51"N	85°56'50"W	1.10	1.15	Buen estado
46+616	x		12°11'09"N	85°55'56"W	1.10	1.15	Buen estado
46+623		x	12°11'09"N	85°55'56"W	1.10	1.15	Buen estado
46+970	x		12°11'17"N	85°55'51"W	1.11	1.15	Buen estado
46+973		x	12°11'17"N	85°55'51"W	1.11	1.15	Buen estado

Fuente: Elaboración propia.

3.2.9. Señalización horizontal

La carretera consta de dos carriles, uno por sentido; en la línea central se encontró en su mayoría línea discontinua y en bandas únicamente línea continua. La línea central presenta un ligero desgaste en su demarcación en el pavimento debido a la gran cantidad de vehículos pesados que circulan diariamente en el tramo. En las siguientes tablas se mostrarán los datos levantados en el tramo.

En la *Tabla 37* se evidencia que la línea central amarilla presenta un leve desgaste a lo largo de la carretera, vemos en la tabla que desde el inicio del tramo se puede ver bien desde lejos sin ningún problema de visualización. En pocos lugares encontramos pequeños segmentos en donde la línea central se encuentra en mal estado.

En la banda derecha se encontraron segmentos pequeños en donde no había ninguna línea blanca, por ejemplo, en el kilómetro 37+000 casi al inicio se encuentra la única bahía del tramo en donde se espera bus; en la entrada y salida de esta no se traza la línea blanca. También en el kilómetro 44+000 hay una intersección de caminos hacia la carretera y tampoco ahí está trazada la banda blanca; esto ocurre de los dos lados de las bandas.

Tabla 37. Datos levantados de línea central amarilla

Línea Central Amarilla				
Estación		Tipo de Línea	Longitud (m)	Condición de la línea
Inicio	Fin			
37+000	37+250	Continua	250	Bien
37+250	37+415	Continua	165	Bien
37+415	38+000	Continua	585	Regular
38+000	38+555	Continua	555	Desgaste
38+555	39+000	Continua	445	Bien
39+000	39+100	Continua	100	Bien
39+100	39+445	Continua	345	Regular
39+445	40+000	Continua	555	Bien
40+000	40+185	Continua	185	Bien
40+185	40+365	Continua	180	Regular
40+365	40+680	Continua	315	Regular
40+680	41+000	Continua	320	Regular
41+000	41+565	Continua	565	Bien
41+565	42+000	Segmentada	435	Bien
42+000	42+650	Continua	650	Regular
42+650	43+000	Continua	350	Bien
43+000	43+085.34	Continua	85.34	Bien
43+085.34	43+267	Continua	181.66	Regular
43+267	43+868	Continua	601	Regular
43+868	44+150	Continua	282	Bien
44+150	44+356	Continua	206	Regular
44+356	44+680	Segmentada	324	Regular
44+680	45+000	Continua	320	Bien
45+000	45+379	Continua	379	Bien
45+379	45+613	Continua	234	Regular
45+613	46+000	Continua	387	Bien
46+000	46+089	Segmentada	89	Bien
46+089	47+000	Continua	911	Bien

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 38. Datos de levantamiento de línea blanca en la banda derecha

Línea Blanca (Banda Derecha)				
Estación		Tipo de Línea	Longitud (m)	Condición de la línea
Inicio	Fin			
37+000	37+100	Continua	100	Regular
37+100	37+125	Continua	25	No se ve
37+130	37+750	Continua	620	Regular
37+750	38+000	Continua	250	Desgastado
38+000	38+250	Continua	250	Bien
38+250	38+475	Continua	225	Regular
38+475	38+750	Continua	275	Regular
38+750	39+000	Continua	250	Bien
39+000	39+250	Continua	250	Bien
39+250	40+000	Continua	750	Regular
40+000	40+300	Continua	300	Poca visibilidad
40+300	40+570	Continua	270	Desgastado
40+570	41+000	Continua	430	Regular
41+000	41+540	Continua	540	Poca visibilidad
41+540	41+565	Continua	25	Bien
41+565	42+086	Continua	435	Regular
42+086	43+013	Continua	927	Bien
43+013	44+000	Continua	987	Bien
44+000	44+633	Continua	633	Regular
44+633	45+113	Continua	480	No se ve
45+113	47+000	Continua	1887	Bien

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 39. Datos de levantamiento de línea blanca en la banda izquierda

Línea Blanca (Banda Izquierda)				
Estación		Tipo de Línea	Longitud	Condición de la línea
Inicio	Fin			
37+000	37+453	Continua	453	Desgastado
37+453	37+729	Continua	276	Regular
37+729	38+314	Continua	585	Bien
38+314	38+656	Continua	342	Regular
38+656	39+367	Continua	711	Bien
39+367	40+010	Continua	643	Regular
40+010	40+789	Continua	779	Desgastado
40+789	41+000	Continua	211	Regular
41+000	41+600	Continua	600	Bien
41+600	41+756	Continua	156	No se ve bien
41+756	42+250	Continua	494	Bien
42+250	42+879	Continua	629	Regular
42+879	43+346	Continua	467	Bien
43+346	44+000	Continua	654	Regular
44+000	44+475	Continua	475	Bien
44+475	44+490	Continua	15	No se ve
44+490	44+750	Continua	260	Bien
44+750	45+000	Continua	250	Regular
45+000	45+480	Continua	480	Bien
45+480	46+315	Continua	835	Regular
46+315	47+000	Continua	685	Bien

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 40. Señalización horizontal de líneas en el tramo de estudio

Estación		Nombre	Imagen
Inicio	Fin		
41+000	41+580	Línea central continua amarilla	
46+733	47+000	Línea blanca (banda derecha continua)	
45+480	46+566	Línea blanca (banda izquierda continua)	

Fuente: Elaboración propia.

En el kilómetro 37+050 se encuentra ubicado las líneas de paso peatonal y estas no cumplen con los parámetros establecidos por el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000, pág. 7.13), pues, las líneas longitudinales deben ser continuas de color blanco y tener un ancho mínimo de 30 cm. y máximo de 60 cm y como se puede observar en la *Tabla 41* el ancho de las líneas en este tramo son de 0.65 metros; por lo que excede del máximo, además, entre cada línea o banda longitudinal se debe mantener una separación máxima de 60 cm, con un mínimo de 30 cm, en este caso la separación es de 0.67 metros, cuenta con un total de 6 franjas. Esta señal presenta desgaste en la pintura como se puede comprobar en la *Tabla 42, pág. 80*.

En el kilómetro 44+530 encontramos 4 flechas direccionales, 2 en sentido Tipitapa-Malacatoya y 2 en sentido Malacatoya-Tipitapa, estas indican la única intersección que hay en el tramo; igual, estas se encuentran en perfectas condiciones como se puede apreciar en la *Tabla 42, pág. 80*.

Tabla 41. Líneas transversales de paso peatonal

Estación	Ancho de franja	Largo de franja (m)	Separación entre franjas (m)	Número total de franjas	Observación
37+050	0.65	3.57	0.67	6	Buen estado, pintura intacta, buena visibilidad.

Fuente: Inventario vial realizado por los sustentantes.

Tabla 42. Levantamiento de las señales horizontales

Estación	Nombre	Estado	Imagen
37+050	Paso peatonal	Regular, presenta desgaste en su pintura.	
44+465	Flechas direccionales	Bueno, no presenta desgaste en su pintura.	
44+490	Flechas direccionales	Bueno, no presenta desgaste en su pintura.	

Fuente: Elaboración propia.

3.2.10. Bahías de buses

3.2.10.1. Descripción de levantamientos

En el tramo en estudio se encontraron dos paradas de autobuses, la primera es una parada con caseta y bahía en dirección Tipitapa-Malacatoya comenzando el kilómetro 37+000 y la otra es una parada de autobús informal ubicada exactamente en el kilómetro 44+580 está en dirección Malacatoya-Tipitapa y esta cuenta con una señal de parada de autobús, el único problema que notamos respecto a las paradas es que, los buses son escasos y los pocos que pasan no se detienen a recoger a las personas, la población se desplaza a otros lugares pidiendo ride en cualquier punto de la carretera, así que no se hace uso de las paradas de autobuses.

Tabla 43. Descripción y localización de caseta de parada de bus en el tramo

Descripción	Estado	Imagen
Está ubicada en el kilómetro 37+125, caseta de parada de bus, lado derecho en dirección Tipitapa-Malacatoya.	La caseta se encuentra en muy buen estado, con todos los elementos que la complementan.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Dimensión de la bahía de buses en el tramo

Estación	Banda Derecha	Banda Izquierda	Dimensiones			
			Entrada	Parada	Salida	Ancho
37+125	x		17.9	31.5	17.19	4.90

Fuente: Elaboración propia.

Según el capítulo IV del Manual Centroamericano de Normas de Diseño Geométrico de Carreteras de la SIECA 2011, 3ra edición, pág. 149; las dimensiones encontradas corresponden a una bahía para dos buses, cumple con el ancho de las bahías de autobuses propuesta cuando haya acumulación de vehículos, es decir, un ancho mínimo de 5.0 metros para posibilitar el

adelantamiento de los vehículos estacionados; además, ésta parada cumple con la sugerencia de casetas para proteger a los usuarios de la intemperie debido a que la acera es de 4.7 metros, su espacio es un poco desahogado y por último, no cuenta con rampas para personas en silla de ruedas por lo que solo es para el estacionamiento de buses.

Tabla 45. Parada informal en el tramo

Estación	Coordenadas		Sentido	Imagen
	X	Y	Malacatoya-Tipitapa	
44+580	12°11'48" N	85°56'47" W	X	

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, en el tramo los buses son escasos y si llegan a pasar no recogen a nadie, por esa razón, las personas no respetan las paradas y piden ride en cualquier punto de la carretera para movilizarse.

3.2.11. Drenaje

3.2.11.1. Drenaje transversal

A continuación, se presentarán las siguientes tablas donde se muestra la información de todas las alcantarillas encontradas en el tramo, las condiciones de los drenajes se basaron en lo leído en la tabla guía de revisión en el Manual de revisión de diseños drenaje menor, 2008, pág. 69-73, la cuales se ha decidido catalogar de la siguiente manera:

- Buen estado: si la superficie de recubrimiento no presenta ningún desperfecto como baches, ninguna existencia de vegetación y no está atascada de basura, entonces se considerará en óptimas condiciones.
- Estado regular: Si el drenaje presenta ligeras grietas en su superficie de recubrimiento, el atascamiento de basura permite que el agua aun circule y si hay alguna leve existencia vegetación se considerará como regular.
- Mal estado: Y si esta con muchos baches, fisuras, grietas, basura y vegetación se considerará como que el drenaje está en mal estado.

Tabla 46. Dimensiones de alcantarillas en el tramo

Estación	Longitud (m)	Diámetro (pulgadas)	Altura (m)	Tipo	Estado
46+970	2.5	35.43	1.5	Mampostería de piedra	Bueno
46+500	16.8	59.05	2.1	Mampostería de piedra	Bueno
43+580	2.4	51.18	1.7	Mampostería de piedra	Bueno
43+025	1.98	35.43	1.1	Mampostería de piedra	Bueno
40+170	2.3	35.43	1.3	Mampostería de piedra	Bueno
39+360	3.6	35.43	1.4	Mampostería de piedra	Bueno
38+660	2.5	35.43	1.53	Mampostería de piedra	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

Se encontraron dos alcantarillas dobles en todo el tramo, como podemos ver en la *Tabla 46* tienen un diámetro de 35.43 pulgadas; en total hay 7 alcantarillas y todas son de tipo material de mampostería de piedra.

También encontramos dos alcantarillas rectangulares y un puente de concreto, veremos sus dimensiones en la siguiente tabla:

Tabla 47. Dimensiones de alcantarillas en el tramo

Estación	Longitud (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Tipo	Estado
41+540	25	10.8	7	Mampostería de piedra	Bueno
42+450	2.85	2	0.8	Mampostería de piedra	Bueno
44+455	12.1	3	2.65	Mampostería de piedra	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Drenajes encontrados en el tramo

Estación 38+660	Estado
	<p>Alcantarilla transversal a la vía, mampostería de piedra con un diámetro de 0.9 metros.</p> <p>Bueno, Sin fisuras, sin basura atascada y sin vegetación.</p>
<p>Estación 39+360</p>	
	<p>Alcantarilla transversal doble, mampostería de piedra con un diámetro de 0.9 metros.</p> <p>Bueno, Sin fisuras, sin basura atascada y sin vegetación.</p>
<p>Estación 40+170</p>	
	<p>Alcantarilla transversal a la vía, mampostería de piedra con un diámetro de 0.9 metros.</p> <p>Bueno, Sin fisuras, sin basura atascada y sin vegetación.</p>
<p>Estación 41+540</p>	
	<p>Puente de concreto con una longitud de 25 metros y una altura de 7 metros, en perfecto estado.</p> <p>Bueno, Sin fisuras, sin basura atascada y sin vegetación.</p>

Estación 43+025	Estado
	<p>Alcantarilla transversal a la vía, mampostería de piedra con un diámetro de 0.9 metros, con un tubo PVC.</p> <p>Bueno, Sin fisuras, sin basura atascada y sin vegetación.</p>
Estación 43+580	
	<p>Alcantarilla transversal a la vía, mampostería de piedra con un diámetro de 1.3 metros.</p> <p>Bueno, Sin fisuras, sin basura atascada y sin vegetación.</p>
Estación 44+455	
	<p>Alcantarilla rectangular de piedra con una longitud de 12.1 y una altura de 2.65.</p> <p>Bueno, Sin fisuras, sin basura atascada y sin vegetación.</p>
Estación 46+970	
	<p>Alcantarilla transversal a la vía, mampostería de piedra con un diámetro de 0.9 metros.</p> <p>Bueno, Sin fisuras, sin basura atascada y sin vegetación.</p>

Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.11.2. Drenaje longitudinal.

A lo largo del tramo se observó la utilización de cunetas para drenar las aguas pluviales longitudinalmente hacia cajas. En la siguiente tabla se pueden apreciar los puntos en que existen cunetas, su longitud y su respectivo estado que de igual manera lo catalogamos según el Manual de revisión de diseños drenaje menor, 2008, pág. 69-73.

Tabla 49. Dimensiones de canales en el tramo

Estación		Sentido		Estado de la cuneta
Inicio	Fin	Tipitapa-Malacatoya	Malacatoya-Tipitapa	
45+990	46+480		x	Bueno
37+071	38+661	x		Bueno
37+073	38+661		x	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

En el tramo sólo encontramos tres canales como podemos observar en la tabla anterior, uno con una longitud de 490 metros y los otros dos que están casi al inicio del kilómetro 37 en ambas bandas; tienen una longitud de 1,590 metros, con un tipo de material de concreto.

Tabla 50. Drenajes encontrados en el tramo

Estación 37+073 – 38+661		Estación 45+980 – 46+480	
	Drenaje longitudinal con una longitud de 1,590 metros, en buen estado sin ninguna obstrucción.		Drenaje longitudinal con una longitud de 490 metros, en buen estado sin ninguna obstrucción.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Estudio de tránsito

Para mejorar la seguridad vial de una carretera es muy importante conocerla, el tránsito es una variable exigente para el funcionamiento de una vía. Por lo tanto, se realizó un aforo vehicular para conocer los volúmenes de tránsito y poder calcular el TPDA y los niveles de servicio y capacidad del tramo.

3.3.1. Aforo vehicular

Para obtener los datos de tránsito se realizó un aforo de 12 horas (6:00 AM – 6:00 PM), durante tres días (martes, miércoles y jueves), tal como recomienda el anuario de aforos de tráfico del 2022.

El aforo fue realizado en el mes de noviembre del año 2023, para recolectar los datos se utilizó un formato de conteo (Ver *ANEXOS DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO, Tabla 97, pág. XX*) del ministerio de Transporte e infraestructura (MTI), en el cual se pueden clasificar los vehículos por tipo, y los sentidos de flujo. Para esto realizamos los conteos en 2 puntos de control del tramo Tipitapa – Malacatoya, km 37 al km47. Los puntos elegidos fueron la estación 37+960 ya que esta estación se encuentra cerca de la zona más poblada de la carretera y la estación 41+600. El resultado de ambas estaciones dio la misma cantidad de vehículos (Ver *ANEXOS DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO, Tabla 98, pág. XXI*), esto debido a que el tramo son 10 kilómetros sin salida a otras vías, y las únicas intersecciones existentes son de caminos de tierra que sirven como entrada a zonas agrícolas por lo tanto en los volúmenes obtenidos se estarán presentando las mismas cifras.

3.3.1.1. Volúmenes de tránsito

Tabla 51. Aforo vehicular por día

ESTACIONES DE CONTEO	Días de aforo (12 horas)		
	Martes (07/11/23)	Miércoles (08/11/23)	Jueves (09/11/23)
37+960	2235	1994	2091
41+600	2235	1994	2091

Fuente: Elaboración propia.

En la *Tabla 51* se muestran las cantidades totales de vehículos que se contabilizaron ambas estaciones en los tres días de estudio, ambas estaciones presentan el mismo volumen y se refleja que el martes es el más crítico con el volumen de tránsito más alto.

Tabla 52. Distribución direccional Estación 37+960

ESTACIÓN 37+960					
Día	Tipitapa -	Malacatoya -	Total	Distribución	Distribución
	Malacatoya	Tipitapa		direccional	asumida
Martes	1128	1107	2235	50/50	50/50
Miércoles	1039	955	1994	52/48	50/50
Jueves	1069	1122	2191	49/51	50/50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Distribución direccional Estación 41+600

ESTACIÓN 41+600					
Día	Tipitapa -	Malacatoya -	Total	Distribución	Distribución
	Malacatoya	Tipitapa		direccional	asumida
Martes	1128	1107	2235	50/50	50/50
Miércoles	1039	955	1994	52/48	50/50
Jueves	1069	1122	2191	49/51	50/50

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la *Tabla 52* y *Tabla 53* hay un mayor flujo vehicular en el sentido Tipitapa – Malacatoya durante dos días (martes y miércoles), aun así, se mantiene un balance entre ambas direcciones sin ser una distribución direccional desproporcionada.

3.3.1.2. Clasificación vehicular

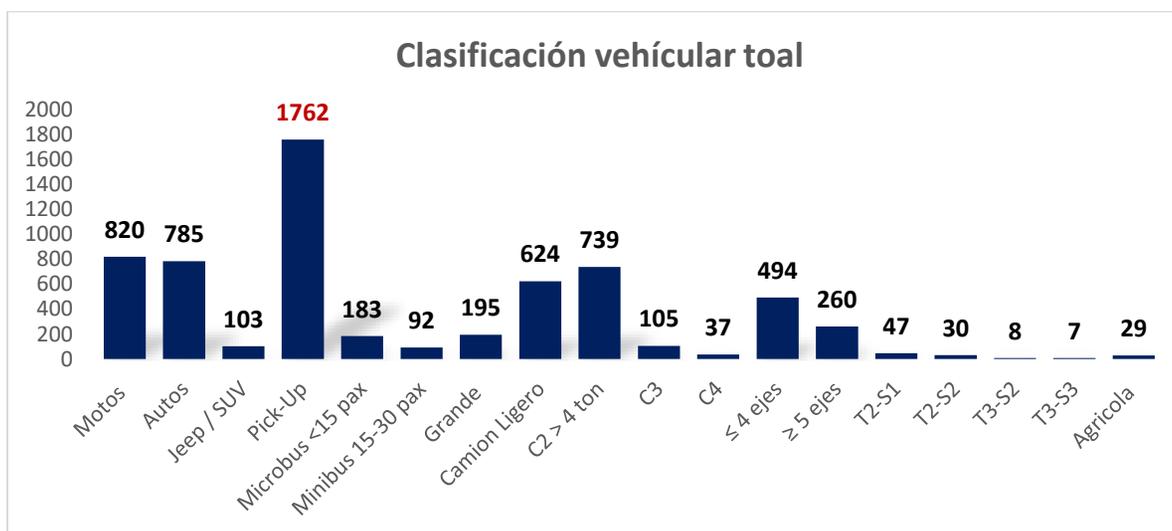
La categorización de los vehículos según diferentes características, como tamaño, número de ejes y función, son útiles para planificar y gestionar el tráfico, diseñar infraestructuras viales adecuadas, mejorar la movilidad urbana y mejorar la seguridad vial. En la *Tabla 54* se puede ver que el tipo de vehículos que más circula en el tramo son las “pick-up”, también autos, motocicletas y gran porcentaje de vehículos pesados.

Tabla 54. Clasificación vehicular total

CLASIFICACIÓN VEHICULAR TOTAL																	
Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agrícola
C1	C2	C2	C2	C4	C4	C4	C5	C5	C5	C5	C8	C9	C11	C12	C13	C14	C15
820	785	103	1762	183	92	195	624	739	105	37	494	260	47	30	8	7	29

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9. Clasificación vehicular total



Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Tránsito promedio diario anual

El TPDA se calculó utilizando la *Ecuación 12*, en el que se multiplican el tránsito diario total, el factor día, factor semana y factor expansión, estos se encuentran Anuario de tráfico 2022, y para identificar los factores que corresponden al tramo Tipitapa – Malacatoya se buscaron en todas las estaciones de corta duración que estuviese cerca del tramo y tuviese volúmenes de tráfico parecidos a los recolectados, siendo esta la estación 133, código NIC-39A , buscando así la estación de mayor cobertura de la que depende nuestro tramo, la cual resultó siendo la estación EMC_206 Empalme Grajinan – Rivas, como se muestra en la *Tabla 55*.

Tabla 55. Estación de mayor cobertura del tramo

 <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block; text-align: center;"> EMC_206 EMPALME GRAJINAN - RIVAS </div> 				
DEPARTAMENTO	CODIGO NIC	N° ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
Chontales	NIC-37B	3701	ECD	Juigalpa - Puerto Diaz
León	NIC-38A	3801	ECD	Dos Montes - El Sauce
León	NIC-38A	2611	ECD	El Sauce - Río Grande
León	NIC-38A	3802	ECD	Río Grande - Achuapa
León	NIC-38A	3802 A	ECS	Achuapa - San Juan de Limay
Estelí	NIC-38B	3806	ECS	San Juan de Limay - Paso Hondo
Estelí	NIC-38B	123	ECD	Paso Hondo - Pueblo Nuevo
Madríz	NIC-38B	3804	ECD	Pueblo Nuevo - Shell de Palacaguina
Granada	NIC-39B	3902	ECD	Granada (INTECNA) - Malacatoya
Managua	NIC-39A	133	ECD	Victoria de Julio - Malacatoya
León	NIC-40	4001	ECD	Emp. El Transito - El Transito - La Gloria
Jinotega	NIC-41	4101	ECD	Emp. San Gabriel - Sisle
Jinotega	NIC-41	4109	ECS	Sisle - La Porrita
Jinotega	NIC-41	4110	ECD	La Porrita - Emp. Las Cruces
Jinotega	NIC-43	4301B	ECD	Los Robles - Cuyali
Jinotega	NIC-43	4302	ECD	Cuyali - San José

Fuente: Anuario de Trafico 2022, Pág. 57

Una vez identificada la estación de mayor cobertura del tramo en el mismo Anuario de Tráfico se buscaron los factores día, semana y expansión de cada clase de vehículo que circula en la vía, estos ya clasificados en la *Tabla 54*, también se eligieron los factores dependiendo del cuatrimestre, como el aforo se realizó en

noviembre se eligió el tercer cuatrimestre Septiembre – Diciembre, obteniendo como resultado los factores que se muestran en la *Tabla 56*.

Tabla 56. Factores para el cálculo de TPDA

ESTACIÓN DE MAYOR COBERTURA 206 EMPALME GRAJINAN - RIVAS FACTORES 2022															
Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril															
Descripción	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	Clase 14	Clase 15
Factor Día	1.27	1.27	1.24	1.28	1.28	1.40	1.00	1.24	1.47	1.54	1.00	1.00	1.13	1.13	1.50
Factor Semana	1.00	0.99	0.98	0.97	0.97	0.94	1.00	0.97	0.97	0.96	1.00	1.00	1.11	1.11	1.00
Factor Fin de Semana	0.99	1.01	1.05	1.07	1.07	1.18	1.00	1.09	1.08	1.10	1.00	1.00	0.81	0.81	1.00
Factor Expansión a TPDA	1.10	0.91	0.92	1.04	1.07	1.46	1.60	1.03	1.00	1.21	1.00	1.00	0.94	0.94	1.10
Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto															
Descripción	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	Clase 14	Clase 15
Factor Día	1.29	1.28	1.26	1.32	1.32	1.44	1.00	1.20	1.43	1.47	1.00	1.00	1.17	1.17	1.46
Factor Semana	1.04	1.02	1.00	0.94	0.92	0.99	1.00	1.01	1.01	0.99	1.00	1.00	1.08	1.08	1.08
Factor Fin de Semana	0.91	0.95	1.01	1.19	1.26	1.03	1.00	0.98	0.97	1.04	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84
Factor Expansión a TPDA	0.96	1.10	1.10	1.00	1.00	0.78	1.60	1.02	1.02	0.94	1.00	1.00	1.09	1.09	0.85
Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre															
Descripción	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	Clase 14	Clase 15
Factor Día	1.29	1.29	1.27	1.34	1.32	1.42	1.00	1.25	1.46	1.51	1.00	1.00	1.29	1.29	1.36
Factor Semana	1.03	1.04	1.03	0.96	0.97	0.92	1.00	1.00	0.98	0.98	1.00	1.00	0.94	0.94	0.95
Factor Fin de Semana	0.94	0.92	0.94	1.12	1.10	1.30	1.00	1.01	1.05	1.04	1.00	1.00	1.20	1.20	1.16
Factor Expansión a TPDA	0.96	1.01	1.00	0.96	0.94	0.97	0.57	0.96	0.98	0.90	1.00	1.00	0.98	0.98	1.09

Fuente: Anuario de Trafico 2022, Pág. 221

Una vez teniendo todos los factores se procedió a aplicar la fórmula 12 obteniendo que el TPDA es de 2707 como se muestra en la *Tabla 57*.

Tabla 57. TPDA

GRUPOS	VEHÍCULOS LIVIANOS						VEHÍCULOS PESADOS											TOTAL	
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbus <15 pax	Minibus 15-30 pax	Grande	Camion Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3		Agrícola
Clase	C1	C2	C2	C2	C4	C4	C4	C5	C5	C5	C5	C8	C9	C11	C12	C13	C14	C15	
TD Martes (12 h)	309	272	46	618	59	30	67	248	252	27	10	194	67	11	5	3	3	14	2235
TD Miercoles (12 h)	273	266	26	596	63	34	60	139	224	37	21	121	88	18	18	2	2	6	1994
TD Jueves (12 h)	238	247	31	548	61	28	68	237	263	41	6	179	105	18	7	3	2	9	2091
TPD (12 h)	273	262	34	587	61	31	65	208	246	35	12	165	87	16	10	3	2	10	2107
Factor Día	1.29	1.29	1.29	1.29	1.34	1.34	1.34	1.32	1.32	1.32	1.32	1.25	1.46	1	1	1.29	1.29	1.36	
Factor Semana	1.03	1.04	1.04	1.04	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	1	0.98	1	1	0.94	0.94	0.95	
Factor Expansión a TPDA	0.96	1.01	1.01	1.01	0.96	0.96	0.96	0.94	0.94	0.94	0.94	0.96	0.98	1	1	0.98	0.98	1.09	
TPDA	349	355	47	796	75	38	80	250	296	42	15	198	122	16	10	3	3	14	2707
% TPDA	12.88	13.1	1.718	29.40	2.78	1.40	2.97	9.25	10.95	1.56	0.55	7.30	4.49	0.58	0.37	0.12	0.10	0.50	100
% Vehículo	61.27						38.73											100	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Volumen de hora de máxima demanda y factor de hora de máxima demanda.

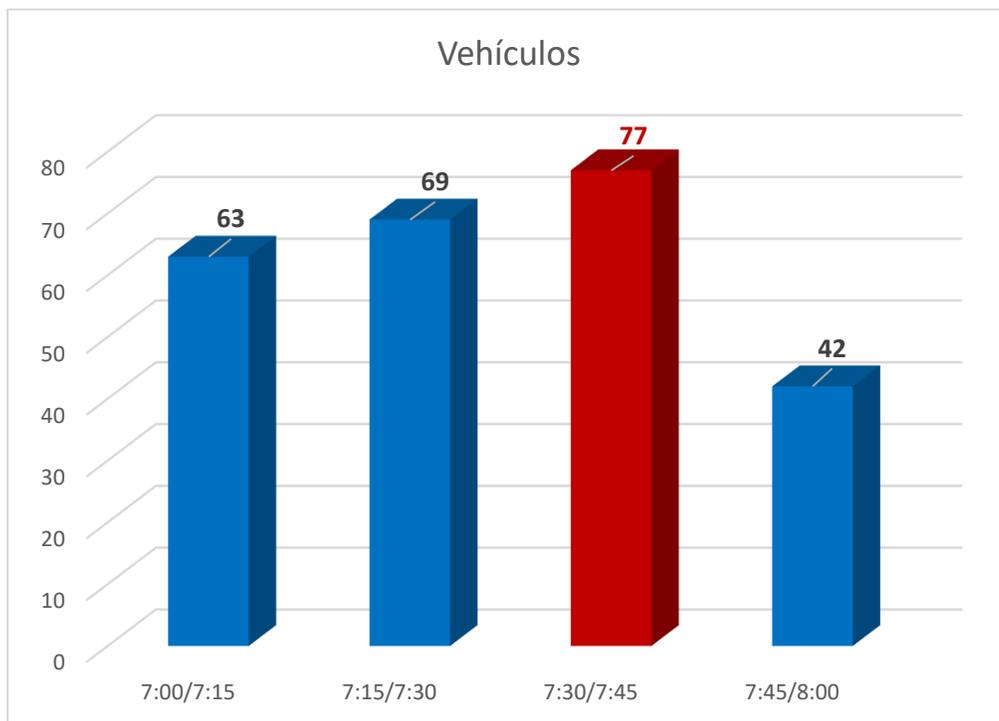
Para obtener el volumen de hora de máxima demanda se identificó cual era la hora con mayor flujo de vehículos, siendo las 7:00 AM del martes la hora con mayor concurrencia.

Tabla 58. VHMD

Hora	Vehículos	
7:00/7:15	63	
7:15/7:30	69	
7:30/7:45	77	V15
7:45/8:00	42	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10. VHMD



Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el volumen de hora de máxima demanda se pudo calcular el factor de hora de máxima demanda utilizando la *Fórmula 11*.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

Donde:

VHMD: Volumen de hora de máxima demanda.

q (máx): Volumen del periodo de 15 minutos de mayor demanda en la hora de máxima demanda.

$$VHMD = 63 + 69 + 77 + 42$$

$$VHMD = 251 \text{ veh/h}$$

$$FHMD = \frac{251 \text{ veh/h}}{4(77)}$$

$$FHMD = 0.81$$

Obteniendo un factor de hora de máxima demanda de 0.81, representa la relación entre el volumen de tráfico durante la hora de máxima demanda y el volumen de tráfico promedio durante un periodo más largo, generalmente el tráfico diario. significa que el volumen de tráfico durante la hora pico representa el 81% del volumen promedio durante el tráfico diario promedio.

Tabla 59. Resultados VHMD y FHMD

Estación	VHMD (Veh/h)	FHMD
37+960	251	0.81
41+600	251	0.81

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60. Resumen Aforo vehicular

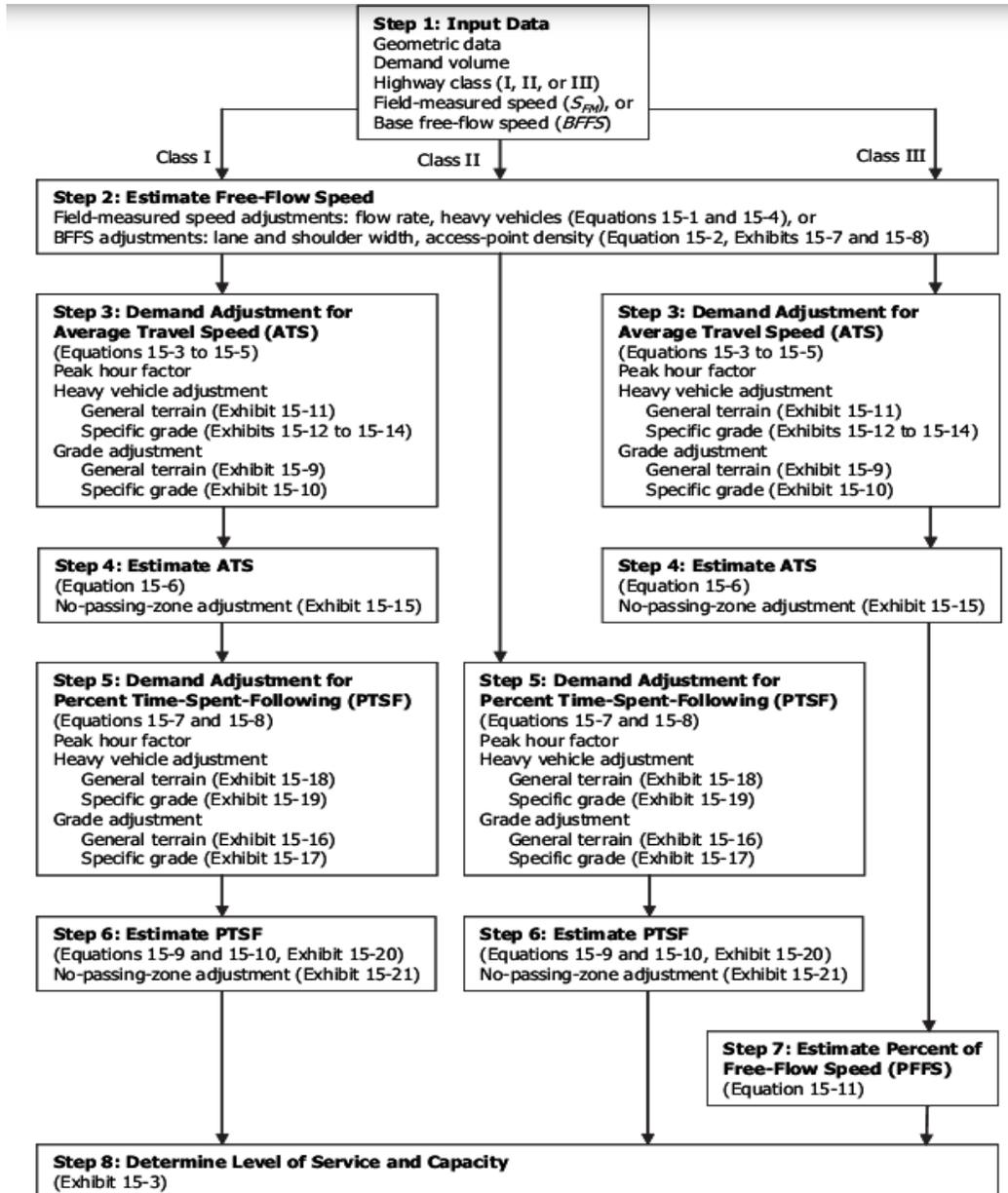
Resumen Aforo Vehicular					
Aforo vehicular por día					
Estación	Días de aforo (12 horas)				
	Martes	Miércoles	Jueves		
37+960	2235	1994	2191		
41+600	2235	1994	2191		
Volumen de tránsito por sentido					
Estación	Día	Tipitapa - Malacatoya	Malacatoya - Tipitapa	Total	Distribución
37+960	Martes	1128	1107	2235	50/50
	Miércoles	1039	955	1994	52/48
	Jueves	1069	1122	2191	49/51
41+600	Martes	1128	1107	2235	50/50
	Miércoles	1039	955	1994	52/48
	Jueves	1069	1122	2191	49/51
Clasificación vehicular promedio					
Tipo de vehículo			% Estación 37+960	% Estación 41+600	
Motos			13.06	13.06	
Autos			13.28	13.28	
Jeep / SUV			1.68	1.68	
Pick-Up			28.77	28.77	
Microbus <15 pax			2.82	2.82	
Minibus 15-30 pax			1.42	1.42	
Grande			2.93	2.93	
Camión Ligero			9.37	9.37	
C2 > 4 ton			11.10	11.10	
C3			1.66	1.66	
C4			0.26	0.26	
≤ 4 ejes			7.40	7.40	
≥ 5 ejes			4.55	4.55	
T2-S1			0.59	0.59	
T2-S2			0.37	0.37	
T3-S2			0.12	0.12	
T3-S3			0.10	0.10	
Agrícola			0.51	0.51	
Volumenes de hora de máxima demanda y Factores de hora de máxima demanda					
Estación	VHMD (Veh/h)		FHMD		
37+960	251		0.81		
41+600	251		0.81		

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Capacidad y niveles de servicio

La metodología utilizada en el análisis de Capacidad y Nivel de Servicio es la descrita por el Manual de Capacidad de Vía HCM del 2010 "Carreteras de dos Carriles".

Figura 7. Diagrama de pasos para calcular capacidad y niveles de servicio



Fuente: HCM 2010, Volumen 2, capítulo 15, Pág. 13

Para iniciar con el cálculo de la capacidad y nivel de servicio de la carretera primero se reagruparon los datos necesarios de ambas estaciones de control.

Tabla 61. Datos de la estación 37+960

Características del tráfico Est 37+960	
Volumen de hora de máxima demanda, VHMD (Veh/h)	251
Factor de hora de máxima demanda, FHMD	0.81
Características de la vía	
Tipo de terreno	Plano
Velocidad límite	80 Kph (49.7 mph)
Ancho de hombros	0.35 m (1.1482 ft)
Ancho de carriles	3.55 m (11.6469 ft)
Porcentaje de zona de no rebase (%)	18%
Longitud del tramo	10 km (6.2137 millas)
Distribución direccional	50/50
Porcentajes de vehículos pesados	38.97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Datos de la estación 41+600

Características del tráfico Est 41+600	
Volumen de hora de máxima demanda, VHMD (Veh/h)	251
Factor de hora de máxima demanda, FHMD	0.81
Características de la vía	
Tipo de terreno	Plano
Velocidad límite	60 Kph (37.28 mph)
Ancho de hombros	0.4 m (1.3123 ft)
Ancho de carriles	3.55 m (11.6469 ft)
Porcentaje de zona de no rebase (%)	18%
Longitud del tramo	10 km (6.2137 millas)
Distribución direccional	50/50
Porcentajes de vehículos pesados	38.97

Fuente: Elaboración propia.

Primero se calculó la capacidad y nivel de servicio de la estación 37+960 del tramo Tipitapa – Malacatoya.

➤ Paso 1: Identificar la clase a la que pertenece la carretera de estudio

El tramo de estudio Tipitapa - Malacatoya cumple las características para ser clasificado como una carretera Clase I, según la descripción de la HCM.

Clase I de carreteras de dos carriles: Son carreteras donde los conductores esperan viajar a velocidades relativamente altas. Carreteras de dos carriles que son las principales rutas interurbanas, conectores principales de los principales generadores de tráfico, rutas de cercanías diarias, o principales eslabones de redes estatales o carretera nacional se asignan generalmente a la Clase I.

➤ Paso 2: Determinación de la velocidad de flujo libre

Para este cálculo utilizamos la formula brindada por la HCM 2010:

$$FFS: BFFS - FLS - Fa \text{ Ecuación 15}$$

Donde:

FFS = velocidad a flujo libre (mi/h)

BFFS = velocidad a flujo libre básica

FLS = factor de ajuste por ancho de carril y hombro (mi/h)

FA = factor de ajuste por densidad de puntos de acceso

Velocidad a flujo libre básica (BFFS):

$$BFFFS = \text{velocidad limite} + \text{condición base Ecuación 16}$$

$$BFFS = 49.7 \text{ mi/h} + 10 = 59.7 \text{ mi/h}$$

$$BFFS = 59.7 \text{ mi/h}$$

Tabla 63. Factor de ajuste por ancho de carril y hombro

Ancho de carril (ft)	Ancho de hombro			
	≥0 <2	≥2 <4	≥4 <6	≥6
≥9 <10	6.4	4.8	3.5	2.2
≥10 <11	5.3	3.7	2.4	1.1
≥11 <12	4.7	3	1.7	0.4
≥12	4.2	2.6	1.3	0

Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capítulo 15, Pág. 15

Tabla 64. Factor de ajuste por densidad de puntos de acceso

Puntos de acceso por milla (dos direcciones)	Reducción en FFS (mi/h)
0	0
10	2.5
20	5
30	7.5
40	10

Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capítulo 15, Pág. 15

$$FFS: 59.7 - 4.7 - 0 = 55 \text{ mph}$$

➤ Paso 3: Ajustes al volumen de demanda por velocidad Promedio (ATS).

$$V_{i,ATS} = V_i / FHMD * F_{g,ATS} * F_{HV,ATS} \quad \text{Ecuación 17}$$

$V_{i,ATS}$ = Porcentaje de flujo de demanda i para calcular la velocidad media de recorrido ATS (pc/h).

i = "d" (análisis en la dirección) ó "o" (dirección opuesta).

V_i = Volumen de demanda para la dirección i (veh/h).

$F_{g,ATS}$ = Factor de grado de ajuste.

$f_{HV,ATS}$ = Factor de ajuste por vehículos pesados.

FHMD (Factor de hora máxima demanda).

El factor de grado de ajuste se calcula utilizando el volumen de máxima demanda para una dirección, como en este caso las direcciones son 50/50 se divide el volumen de máxima demanda entre 2 y este resultado se divide entre el factor de hora pico.

$$Fg.ATS = \frac{\frac{VHMD}{2}}{FHMD} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$Fg.ATS = \frac{\frac{251}{2}}{0.81} = 155 \text{ veh/h}$$

Tabla 65. Factor de grado de ajuste

Flujo de demanda en una dirección	Factor de ajuste	
	Nivel de terreno plano	Terreno Ondulado
≤100	1	0.67
200	1	0.75
300	1	0.83
400	1	0.9
500	1	0.95
600	1	0.97
700	1	0.98
800	1	0.99
≥900	1	1

Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capítulo 15, Página 17

$$Fg.ATS = 1$$

$$FHV,ATS = 1 / 1 + pt(ET - 1) + PR(ER - 1) \quad \text{Ecuación 19}$$

FHV, ATS=Factor de ajuste por vehículos pesados para calcular la velocidad de desplazamiento promedio ATS.

PT=Porcentaje de vehículos pesados en el flujo vehicular (decimal).

ET=Equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados

ER=Equivalente de vehículos de pasajeros por Rv

Tabla 66. Equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados

Tipo de vehículo	Índice de flujo de demanda direccional (veh/h)	Nivel de terreno plano	Terreno ondulado
Trucks, ET	≤100	1.9	2.7
	200	1.5	2.3
	300	1.4	2.1
	400	1.3	2
	500	1.2	1.8
	600	1.1	1.7
	700	1.1	1.6
	800	1.1	1.4
	≥900	1	1.3
RVs, ER	All flows	1	1.1

Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capítulo 15, Página 18.

100 —————> 1.90

155 —————> 1.68

200 —————> 1.50

$$FHv, ATS = 1 / 1 + 0.3897(1.68 - 1) + 0(1 - 1)$$

$$FHv, ATS = \frac{1}{1 + 0.3897(0.68) + 0(0)}$$

$$FHv, ATS = \frac{1}{1 + 0.3897(0.68)}$$

$$FHv, ATS = \frac{1}{1 + 0.264996}$$

$$FHv, ATS = \frac{1}{1.264996}$$

$$FHv, ATS = 0.7902$$

$$Vi = \frac{VHMD}{2}$$

$$V_i = \frac{251}{2}$$

$$V_i = 125$$

$$V_{i,ATS} = \frac{125}{0.81 * 1 * 0.7902}$$

$$V_{i,ATS} = \frac{125}{0.641082}$$

$$V_{i,ATS} = 195 \text{ veh/h}$$

➤ Paso 4: Cálculo de velocidad promedio (ATS)

$$ATS_d = FFS - 0.00776(V_d + V_o) - F_{np,ATS} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

ATS_d = velocidad promedio en marcha de la dirección analizada) (mi/hr)

FFS = Velocidad de flujo libre

V_{d,ATS} = porcentaje de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección de análisis(pc/h)

V_{o,ATS} = porcentaje de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección opuesta.

F_{np,ATS} = Factor de ajuste para determinar el porcentaje de zonas de no rebase en la dirección de análisis.

Tabla 67. Factor de ajuste de porcentaje de zona de no rebase

Flujo de demanda opuesta	Porcentaje de zona de no rebase				
	≤20	40	60	80	100
FFS = 55 mi/h					
≤100	0.5	1.2	2.2	2.6	2.7
200	1.5	2.4	3.5	3.9	4.1
400	1.3	1.9	2.4	2.7	2.8
600	0.9	1.1	1.6	1.8	1.9
800	0.5	0.7	1.1	1.2	1.4
1000	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1
1200	0.5	0.6	0.7	0.9	1
1400	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9
≥1600	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7

Fuente: Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capítulo 15, Pág. 22

100 —————> 0.5

195 —————> 1.45

200 —————> 1.5

$$ATSd = 55 - 0.00776(195 + 195) - 1.45$$

$$ATSd = 50.52 \text{ mph}$$

Paso 5: Ajuste de demanda por PTSM

$$V_{i,ptfs} = (V_i / FHMD * F_{g,ptfs} * F_{HV,ptfs}) \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

Ecuación 16

$V_i, PTFS$ = porcentaje de flujo de demanda i para la determinación del porcentaje de demoras.

$$V_i = VHMD/2$$

FHMD = Factor Hora de Máxima Demanda.

I ="d" análisis en la dirección de estudio.

Fg, ptsf = factor de ajuste por pendiente para determinar el porcentaje de demoras.

FHV, ptsf = factor de ajuste por vehículos pesados para determinar el porcentaje de demoras.

$$Fg.PTSF = \frac{\frac{VHMD}{2}}{FHMD} \quad \text{Ecuación 22}$$

$$Fg.PTSF = \frac{\frac{251}{2}}{0.81} = 155 \text{ veh/h}$$

El factor de ajuste por pendiente es 1, como se puede ver en la *Figura 16*

$$Fg.PTSF = 1$$

Tabla 68. Factor de ajuste por pendiente

Flujo de demanda direccional (Veh/h)	Nivel de terreno plano	Terreno ondulado
≤100	1	0.73
200	1	0.8
300	1	0.85
400	1	0.9
500	1	0.96
600	1	0.97
700	1	0.99
800	1	1
≥900	1	1

Fuente: Fuente: *Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capítulo 15, Pág. 23.*

$$FHV, PTSF = 1/1 + pt(ET - 1) + PR(ER - 1)$$

FHV, PTSF = Factor de ajuste por vehículos pesados para calcular la velocidad de

desplazamiento promedio PTSF.

PT=Porcentaje de vehículos pesados en el flujo vehicular (decimal).

ET=Equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados

ER=Equivalente de vehículos de pasajeros por Rv

Tabla 69. Equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados PTSF

Tipo de vehículo	Flujo de demanda direccional (veh/h)	Nivel de terreno plano	Terreno ondulado
Trucks, ET	≤100	1.1	1.9
	200	1.1	1.8
	300	1.1	1.7
	400	1.1	1.6
	500	1	1.4
	600	1	1.2
	700	1	1
	800	1	1
	≥900	1	1
RVs, ER	All	1	1

Fuente: Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capitulo 15, Pág. 24.

$$FHv, PTSF = 1 / 1 + 0.3897(1 - 1) + 0(1 - 1)$$

$$FHv, PTSF = \frac{1}{1 + 0.3897(0) + 0(0)}$$

$$FHv, PTSF = \frac{1}{1 + 0 + 0}$$

$$FHv, PTSF = \frac{1}{1}$$

$$FHv, ATS = 1$$

➤ Paso 6: cálculo de porcentaje de demoras siguiendo a otro vehículo PTSF

$$PTSF_d = BPTSF + Fnp \left(\frac{Vi_{ATS}}{Vi_{ATS} + Vi_{ATS}} \right) \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

PTSF = Porcentaje de demora siguiendo a otro vehículo en la dirección analizada.

BPTSF = Porcentaje de demora básica siguiendo a otro vehículo en la dirección Analizada.

Fnp = factor de ajustes del porcentaje de demoras siguiendo a otro vehículo (ptsf), por el porcentaje de zonas de no rebase del tramo analizado

Vi,ats = porcentaje de flujo de demanda en la dirección analizada.

$$BPTSF_d = 100 [1 - \exp(av_d^b)] \quad \text{Ecuación 24}$$

Tabla 70. Porcentaje de demora básica

Flujo de demanda opuesto	Coefficiente a	Coefficiente b
≤200	-0.0014	0.973
400	-0.0022	0.923
600	-0.0033	0.87
800	-0.0045	0.833
1000	-0.0049	0.829
1200	-0.0054	0.825
1400	-0.0058	0.821
≥1600	-0.0062	0.817

Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capítulo 15, Pág. 26.

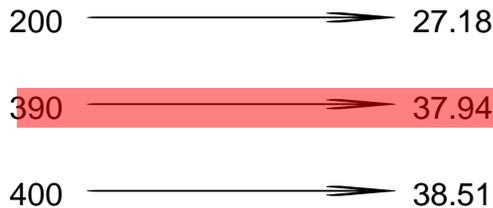
$$BPTSF_d = 100 [1 - \exp((-0.0014 * 195)^{0.973})]$$

$$BPTSF_d = 23.33\%$$

Tabla 71. Porcentaje zona de no rebase

Taza de flujo bidireccional	Porcentaje de zona de no rebase					
	0	20	40	60	80	100
División direccional = 50/50						
≤200	9	29.2	43.4	49.4	51	52.6
400	16.2	41	54.2	61.6	63.8	65.8
600	15.8	38.2	47.8	53.2	55.2	56.8
800	15.8	33.8	40.4	44	44.8	46.8
1400	12.8	20	23.8	26.2	27.4	28.6
2000	10	13.6	15.8	17.4	18.2	18.6
2600	5.5	7.7	8.7	9.5	10.1	10.3
3200	3.3	4.7	5.1	5.5	5.7	6.1

Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capitulo 15, Pág. 26.



$$PTSFd = BPTSF + Fnp \left(\frac{Vi_{ATS}}{Vi_{ATS} + Vi_{ATS}} \right) \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

PTSF = Porcentaje de demora siguiendo a otro vehículo en la dirección analizada.

BPTSF = Porcentaje de demora básica siguiendo a otro vehículo en la dirección

Analizada.

Fnp = factor de ajustes del porcentaje de demoras siguiendo a otro vehículo (ptsf), por el porcentaje de zonas de no rebase del tramo analizado

Vi,ats = porcentaje de flujo de demanda en la dirección analizada.

$$PTSFd = 23.33 + 37.94 \left(\frac{195}{195 + 195} \right)$$

$$PTSFd = 42.30\%$$

- Paso 7: Estimación del porcentaje de velocidad a flujo libre (PFFS)

Este paso sólo se aplicará a carretera de clase 3 y dado que el tramo de estudio es de clase 1 no se aplicará este paso.

- Paso 8: Determinación del nivel de servicio y la capacidad vial

Tabla 72. Niveles de servicio para clasificación de carreteras

Niveles de servicio	Carretera clase I	
	ATS (mi/h)	PTSF (%)
A	>55	≤35
B	>50 - 55	>35 - 50
C	>45 - 50	>50 - 65
D	>40 - 45	>65 - 80
E	≤40	>80

Fuente: Highway Capacity Manual, Volumen 2, Capítulo 15, Página 7.

El nivel de servicio se determinó con el ATS y PTSF, aplicando los criterios establecidos por el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) 2010. Los resultados de esta investigación indicaron que la carretera opera con un nivel de servicio tipo B. Esto implica que la vía está funcionando de manera eficiente, ofreciendo un equilibrio adecuado entre la capacidad y la comodidad del conductor. Este nivel de servicio sugiere que la carretera es capaz de manejar un volumen considerable de tráfico sin comprometer la calidad del viaje.

El nivel de servicio B representa una calidad de servicio buena, donde los conductores experimentan una leve influencia del tráfico en su velocidad y libertad de maniobra. Los hallazgos muestran que, aunque hay una ligera reducción en la comodidad, el flujo de tráfico sigue siendo estable y razonablemente libre. Las velocidades se mantienen en niveles aceptables y las demoras son mínimas, proporcionando una experiencia de conducción generalmente satisfactoria.

Capacidad de la carretera

$$Cd,ATS = 1700 * Fg,Ats * FHv,ATS \quad \text{Ecuación 26}$$

Cd,ATS = capacidad en la dirección de análisis bajo condiciones básicas de desplazamiento promedio(ATS)(V/H).

Fg,ATS = Factor de ajuste por pendiente por la velocidad promedio de desplazamiento

FHv,ATS = Factor de ajuste por vehículos pesados en la velocidad promedio de desplazamiento.

$$Cd,ATS = 1700 * 1 * 0.7902$$

$$Cd,ATS = 1342.34$$

$$Cd.PTSFf = 1700 * Fg,ptsf * FHv,ptsf \quad \text{Ecuación 27}$$

Cd.PTSF = capacidad en la dirección de análisis bajo condiciones básicas con el porcentaje de tiempo gastado siguiendo a otro vehículo (PTSF)(v/h).

Fg,PTSF= Factor de ajuste por pendiente por demoras.

FHv,Ptsf = Factor de ajuste por vehículos pesados por demoras.

$$Cd.PTSFf = 1700 * 1 * 1$$

$$Cd.PTSFf = 1700$$

El análisis inicial indicó que cada carril de la carretera puede manejar un flujo de hasta 1700 vehículos por hora. Este valor es consistente con los estándares de carreteras de dos carriles, reflejando un tráfico denso pero manejable bajo condiciones óptimas. Sin embargo, al considerar la distribución direccional del

tráfico en un esquema 50/50, la capacidad total bidireccional de la carretera se eleva a 3400 vehículos por hora.

Tabla 73. Capacidad y niveles de servicio de la estación 37+960

Resumen	
Clase	I
Estimación del porcentaje base de tiempo empleado en seguir la dirección de análisis, BPTSFD (%)	23.33%
Estimación de ajuste en el flujo vehicular por demoras por no rebase, PTSF (%)	42.30%
Nivel de servicio para carreteras de dos carriles	B
Capacidad de la carretera de dos carriles (veh/h)	3400

Fuente: Elaboración propia.

Se repiten los mismos cálculos en la estación 41+600 obteniendo:

Tabla 74. Capacidad y niveles de servicio de la estación 41+600

Resumen	
Clase	I
Estimación del porcentaje base de tiempo empleado en seguir la dirección de análisis, BPTSFD (%)	23.33%
Estimación de ajuste en el flujo vehicular por demoras por no rebase, PTSF (%)	42.30%
Nivel de servicio para carreteras de dos carriles	B
Capacidad de la carretera de dos carriles (veh/h)	3400

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Estudio de velocidad

El término velocidad, aplicado al movimiento de los vehículos, se utiliza de diferentes maneras de acuerdo con los estudios que se efectúan y los objetivos que se persigan. Esto significa que existen conceptualmente varios tipos de velocidad, los cuales deben de ser definidos y aplicados claramente.

Los puntos para la recolección de datos de velocidades en la carretera en estudio se determinaron bajo los siguientes criterios.

- Los tramos de calle que carecen de intersecciones (altos y/o semáforos), situaciones que permiten desarrollar altas velocidades.
- Existencia de rotulación donde se especifica la velocidad máxima permitida.
- Tramos en condición geométrica continua (rectas).
- Tramos donde observamos que el flujo vehicular excedía el límite de velocidad, estos tramos los pudimos detectar durante los días de aforo vehicular.

Obtención de la cantidad de datos a tomar en el estudio de velocidad se utilizó el Anuario de Aforos de Trafico del año 2022.

La estación de corta duración respectiva al tramo de estudio es la NIC39-A Malacatoya- El Papayal. Dicha estación de corta duración depende de la Estación de Mayor Cobertura, Granada-Tipitapa, a como se muestra en la tabla 8, en Anexos, pág.

En el cálculo del TPDA, se decidió utilizar un 20% del TPDA de la estación de corta duración Victoria de Julio Malacatoya, del Anuario de Aforos de Trafico del año 2022, esto debido a que los estudios de tránsito y de velocidad se realizaron de forma simultánea por cuestión de reducir costos y movilización.

Cabe señalar que la variación que existe en el TPDA calculado y el obtenido del manual (ver *Figura 8*) hay variación en el volumen de tráfico para los datos que se obtuvieron en el 2022 ya que se muestra un crecimiento en comparación a los

obtenidos en el año 2019, debido a esto el TPDA calculado (ver *Tabla 75*) presenta valores altos por lo que los volúmenes de tráfico están en aumento.

Figura 8. TPDA MTI



OFICINA DE DIAGNOSTICO, EVALUACION DE PAVIMENTOS

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL HISTORICO POR TIPO DE CLASE

AÑO 2022



N°	ZOBIGO	NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Tipo de Superficie	Clasificación Funcional	AÑO	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	Clase 14	Clase 15	TPDA	
235	NIC-38B	3902	ECD	Granada (INTECNA) - Malacatay	Equinada/Conc.Hidráulico	Colectora Principal		2020	610	165	301	18	47	108	0	0	11	0	0	0	0	0	0	4	1,264
						EMC			206																
						T.CREC.	2.93%	2023	665	180	328	20	51	118	0	0	12	0	0	0	0	0	4	1,378	
						LIV			1,173																
									85%																
236	NIC-38A	141	ECD	Empalme Victoria de Julio - Victoria de Julio	Asfaltada	Colectora Principal		2020	777	533	861	53	134	76	0	0	144	0	0	0	0	0	0	9	2,587
						EMC			200																
						T.CREC.	4.67%	2023	891	611	987	61	154	87	0	0	165	0	0	0	0	0	0	10	2,967
						LIV			2,480																
237	NIC-38A	133	ECD	Victoria de Julio - Malacatay	Conc.Hidráulico	Colectora Principal		2020	356	301	567	9	114	57	0	1	143	0	0	0	0	0	0	6	1,554
						EMC			206																
						T.CREC.	2.93%	2023	388	328	618	10	124	62	0	1	156	0	0	0	0	0	0	7	1,695
						LIV			1,335																
									79%																
238	NIC-38A	3901	ECD	Malacatay - El Papayal	Conc.Hidráulico	Colectora Principal		2021	664	531	1055	43	221	137	0	1	323	0	0	0	0	0	0	19	2,994
						EMC			187																
						T.CREC.	5.34%	2023	737	589	1,171	46	245	132	0	1	338	0	0	0	0	0	0	21	3,322
						LIV			2,487																
									75%																

Fuente: Anuario de tráfico 2022, Pág. 127

Conforme a la tabla número, de acuerdo con el anuario de aforo de tráfico del año 2022 se obtuvo un TPDA de 2994, al cual se le aplicó el 20% para obtener las muestras de vehículos a analizar.

$$TPDA = 1695$$

$$TPDA = 20\% \text{ de } 169$$

$$TPDA = 339 \text{ vpd}$$

Tabla 75. Cantidad de vehículos analizados en el estudio de velocidad

Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos
Motos	78
Autos	66
Jeep / SUV	124
Pick-Up	2
Microbús <15 pax	25
Minibús 15-30 pax	12
Grande	0
Camión Ligero	0
C2 > 4 ton	31
C3	0
C4	0
≤ 4 ejes	0
≥ 5 ejes	0
T2-S1	0
T2-S2	0
T3-S2	0
T3-S3	0
Agrícola	1
Total	339

Fuente: Elaboración propia

Para el estudio de velocidad se dividieron los vehículos en dos estaciones, una en una señal de tránsito de límite de velocidad de 60 kilómetros por hora ubicada en la estación 41+600, y otra en una señal de límite de velocidad de 80 kilómetros por hora ubicada en la estación 44+150, esto para ver si se cumplía el límite de velocidad de ambas estaciones.

Se utilizó el método de los dos puntos para calcular la velocidad de los vehículos en un tramo específico de carretera. Esta metodología consistió en seleccionar dos puntos fijos, A y B, separados por una distancia de 100 metros previamente medida con precisión. Se utilizó un cronómetro para registrar el tiempo que tardaban los vehículos en recorrer esta distancia. Posteriormente, la velocidad de cada vehículo se calculó dividiendo la distancia entre los puntos por el tiempo

registrado. Esta técnica permitió obtener datos precisos y confiables sobre la velocidad vehicular.

A como se puede observar en la *Tabla 76 y 77*, en mucho de los casos los conductores bajaban la velocidad al notar nuestra presencia mientras realizábamos el aforo, por eso observamos que los datos recolectados carecían de naturalidad.

Tabla 76. Velocidad permitida 60 kph

Malacatoya-Tipitapa / Velocidad Permitida 60Kph				
Tipo de vehículo	Clase	Exceden	No exceden	∑ tipos
Motos	C1	8	24	32
Autos	C2	15	18	33
Jeep / SUV	C2	1	0	1
Pick-Up	C2	46	14	60
Microbús <15 pax	C4	6	5	11
Minibús 15-30 pax	C4	4	3	7
Grande	C4	0	0	0
Camión Ligero	C5	0	0	0
C2 > 4 ton	C5	6	10	16
C3	C5	0	0	0
C4	C5	0	0	0
≤ 4 ejes	C8	0	0	0
≥ 5 ejes	C9	0	0	0
T2-S1	C11	0	0	0
T2-S2	C12	0	0	0
T3-S2	C13	0	0	0
T3-S3	C14	0	0	0
Agrícola	C15	0	1	1
total		86	75	161

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77. Velocidad permitida 80 kph

Tipitapa-Malacatoya / Velocidad Permitida 80Kph				
Tipo de vehículo	Clase	Exceden	No exceden	∑ tipos
Motos	C1	14	25	46
Autos	C2	19	14	33
Jeep / SUV	C2	0	2	2
Pick-Up	C2	54	8	64
Microbús <15 pax	C4	3	9	12
Minibús 15-30 pax	C4	0	0	5
Grande	C4	0	0	0
Camión Ligero	C5	4	11	15
C2 > 4 ton	C5	0	0	0
C3	C5	0	0	0
C4	C5	0	0	0
≤ 4 ejes	C8	0	0	0
≥ 5 ejes	C9	0	0	0
T2-S1	C11	0	0	0
T2-S2	C12	0	0	0
T3-S2	C13	0	0	0
T3-S3	C14	0	0	0
Agrícola	C15	0	1	1
total		94	70	178

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Resumen del estudio de velocidad

Estación	41+600	44+150
Velocidad permisible	60 kph	80 kph
Vehículos que exceden	86	94
Vehículos que no exceden	75	70
% que exceden el límite	47.78	52.22
% que no exceden el límite	51.72	48.28

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la *Tabla 78*, alrededor de la mitad de los vehículos excedían la velocidad permitida por el sector por el que circulaban, no cumpliendo con las señales de tránsito localizadas en la carretera. Como observación se debe mencionar que el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad debería ser más alto, pero era difícil tomar datos reales debido a que reducían la velocidad al notar nuestra presencia.

3.5. Propuestas

1. Se propone en el tramo km 37 al km 47 Tipitapa-Malacatoya realizar monitoreo más seguido o más presencia policial para evitar futuros accidentes, cabe destacar que todo el tramo no cuenta con ningún punto crítico; el kilómetro más propenso en convertirse en uno es el kilómetro 38 por lo que requiere ahí meramente presencia policial para que monitoree el comportamiento de los conductores ya que la mayor causa de accidentes es la colisión entre vehículos por no guardar distancia.
2. Para la señalización horizontal se requiere mantenimiento en su pintura ya que el único paso peatonal que se encuentra en el tramo presenta desgaste en su pintura y demarcación al igual que las líneas longitudinales y para la señalización vertical se necesita mantenimiento en la única señal vertical en mal estado que se encuentra en todo el tramo, es la señal que indica la cercanía de un puente; además encontramos demanda de más señales verticales a lo largo del tramo y se verán a continuación:
 - Punto 1: Inicio del tramo

En sentido de Malacatoya-Tipitapa debe haber una señal donde informe a los conductores la cercanía de un poblado, en este caso, se trata de la comarca el Timal, pertenece al municipio de Tipitapa y la señal será reglamentaria R-2-1 ya que en zonas urbanas los límites de velocidad deben reducirse a valores entre 40 km/h y 60 km/h.

- Punto 2: Puente

En sentido Tipitapa-Malacatoya se debe plantear una señal de la aproximación de un puente (señal preventiva), la señal P-5-6 indica la proximidad de un puente que tenga un ancho de calzada menor que el de la carretera, excluyendo los espaldones y debe usarse en carreteras de doble vía siempre que el ancho del puente sea inferior a 5.5 m. Ubicación 41+530.

De igual manera, se debe plantear una señal reglamentaria donde se regule el límite de velocidad, de modo que los conductores se informen de los valores de la velocidad máxima y mínima que rigen en esa vía. Bien puede ser la señal R-2-1 con el límite de 60 km/h en sentido Malacatoya-Tipitapa, Ubicación 41+735.

- Punto 3: Curvas

En sentido Tipitapa-Malacatoya deberá implementarse la señal P-1-4 que indica la proximidad de curvas peligrosas en sentido contrario separadas. Ubicación 46+440.

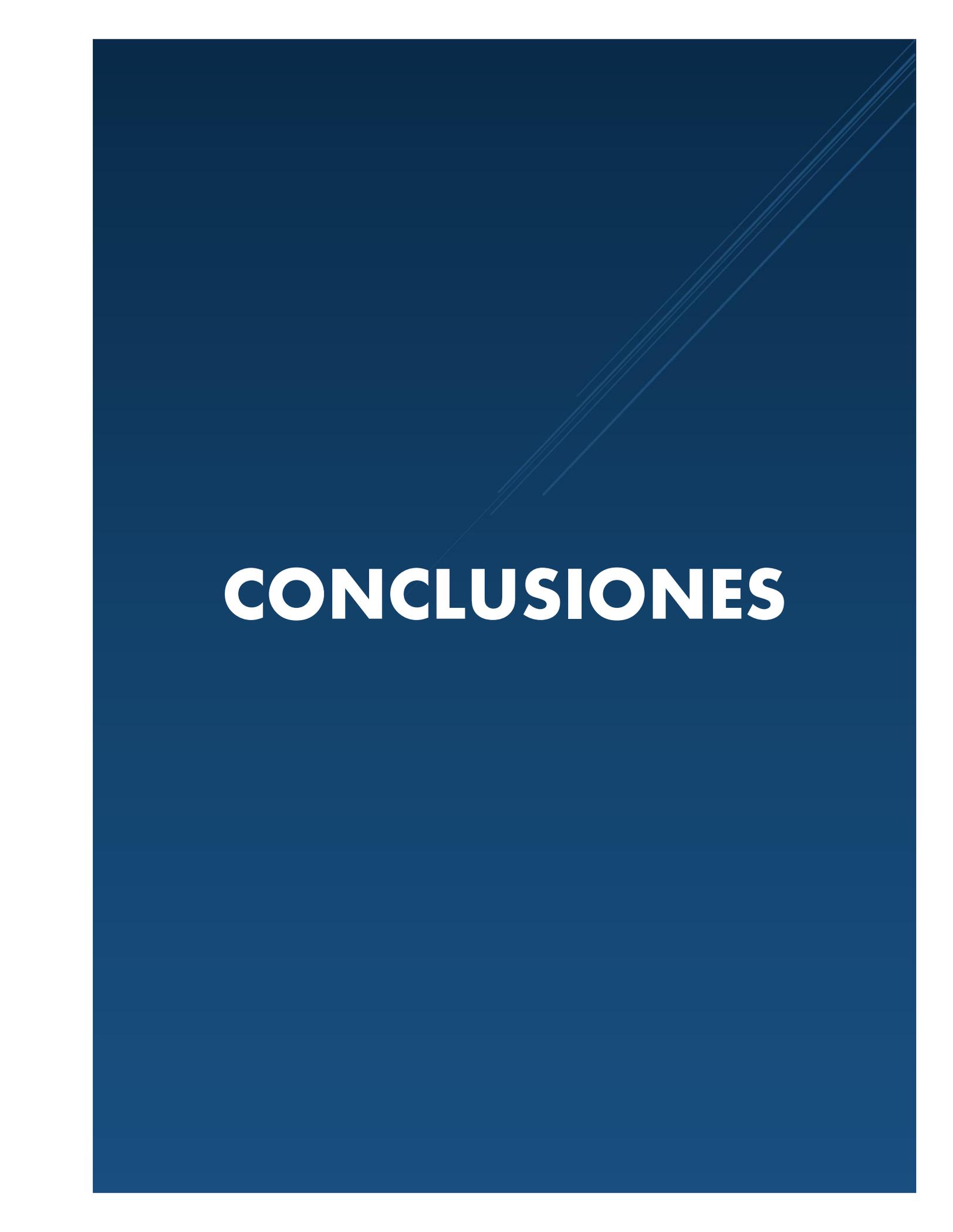
- Punto 4: Intersección

También deberá colocarse la señal de No Adelantar al comienzo de intersecciones, porque resulta peligroso adelantar a otro vehículo, ya que pueden poner en peligro la seguridad de las demás personas y de otros vehículos. La señal R-13 deberá utilizarse para indicar al conductor que a partir del sitio donde está colocada la señal, está prohibido adelantar o rebasar a otro vehículo que marche en el mismo sentido. Ubicación 44+490.

3. En este estudio se obtuvo que el tramo de estudio tiene un nivel de servicio tipo B, que se traduce a un nivel de calidad bueno; no llega el nivel de tipo A por el porcentaje de zona de no rebase de la vía afectando el resultado; este porcentaje de zona de no rebase está justificado por el bien de la seguridad vial de la vía, debido a que en el tramo existe la cercanía de una comunidad por la cual transitan muchos peatones, así como la existencia de una curva y

el nacimiento de una segunda, por lo cual no se encontró necesario realizar ninguna propuesta.

4. Se propone presencia policial para monitorear con pistola de control de velocidad para que los vehículos que siempre pasan a gran velocidad sin respetar las señales reglamentarias que indican el límite de velocidad, disminuyan esta y así evitar futuros accidentes e incluso evitar pérdidas humanas.



CONCLUSIONES

Conclusiones

- A través de la recopilación y categorización de los datos proporcionados por el departamento de ingeniería de Tránsito de la Policía Nacional, se han establecido patrones y tendencias que ofrecen una visión integral de la problemática. A pesar de que la cantidad de accidentes en el tramo estudiado es baja en comparación al de otros estudios se observa un incremento desde la inauguración de la carpeta de rodamiento en el año 2020; entre los hallazgos más relevantes se destaca que la causa principal de accidentes es “no guardar distancia”, “invadir carril” y “giro indebido” concluyendo que las principales causas son de factor humano.

Se realizó el inventario vial en el tramo Tipitapa-Malacatoya y se encontraron las siguientes condiciones:

- A pesar de ser una carretera con poca cantidad de accidentes en comparación a otras vías estudiadas, los índices de accidentes van aumentando con el crecimiento del tránsito que sufre cada año. El tramo en el que han ocurrido más accidentes ha sido el km 38, esto ubicado justo en la salida de la zona más poblada pero no se encuentra ningún punto crítico en el tramo por los pocos casos de accidentalidad.
- La carpeta de rodamiento es de concreto hidráulico, excepto el puente, este está recubierto de asfalto. Y el estado del pavimento del tramo en estudio está en buenas condiciones, no presenta ningún deterioro, bache, descascamiento, etc.
- La señalización vertical se dividió en un total de 57 señales preventivas, 11 señales reglamentarias y 2 de ellas son servicios generales (Puente Palo Blanco y Parada de autobuses). En el estado de estas, se tiene que el 92% de ellas están en buen estado, el 7% se encuentran en estado regular y un 1% en mal estado. Los postes kilométricos y postes guías se encuentran en buen estado, con buena visibilidad y posición, excepto el poste kilométrico 37+000 por estar mal posicionado, en el tramo no tiene visibilidad.

- En la señalización horizontal, las líneas longitudinales y líneas transversales presentan desgaste en la pintura en algunas secciones del tramo y por pequeñas distancias.
- Se encontró sólo una bahía de buses con caseta en buen estado.
- En el drenaje transversal se encontró un total de 10 alcantarillas y en el drenaje longitudinal se encontraron 3 cunetas; ambas en buen estado.
- Debido a los datos recopilados en el estudio de tránsito por medio del aforo vehicular, se llegó a la conclusión que el martes, emerge como el día de mayor volumen, y la hora registrada de 7:00 a 8:00 AM es un momento crítico donde la densidad vehicular alcanza su punto máximo. Esta carretera, además, enfrenta el desafío adicional de un alto porcentaje de vehículos pesados transitando.
- En el estudio exhaustivo sobre la velocidad en la carretera, se identificó un fenómeno preocupante: aproximadamente la mitad de los vehículos exceden los límites de velocidad establecidos. Sin embargo, es importante señalar que la recolección de datos se vio obstaculizada por el comportamiento de los conductores, quienes reducían la velocidad al percatarse de nuestra presencia, lo que quiere decir que sin duda alguna sí transitan rebasando el límite de velocidad.



RECOMENDACIONES

Recomendaciones

En base a las necesidades y problemáticas observadas en el tramo comprendido entre la estación 37+960 y la estación 41+600, se presenta a continuación una serie de recomendaciones que ayudarían a contribuir con el bienestar de las personas que transitan por el sector:

- Aumentar la vigilancia del tránsito por parte de la Policía Nacional en horas de máxima demanda en el km 37+960 (7:00 a 8:00 a.m.) y km 41+600 (7:00 a 8:00 a.m.).
- Instalar las señales verticales correspondientes y que sea apoyado con los programas de inspección y a su vez acompañados de programas de mantenimiento que son dirigidos por el Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- El MTI en conjunto con la Alcaldía de Tipitapa debe realizar mantenimiento en la vía, por lo menos, una vez al año; este mantenimiento debe incluir: carpeta de rodamiento, drenaje, señales verticales y señales horizontales.
- Coordinación y ejecución de vigilancia por la Policía Nacional para el control del vandalismo de las señales de tránsito, teniendo en cuenta que generan un alto costo anual.

Los vehículos exceden la velocidad establecida, este hecho subraya la necesidad urgente de implementar medidas efectivas para promover el cumplimiento de los límites de velocidad, con el fin de garantizar la seguridad vial y reducir el riesgo de accidentes en nuestras vías.

BIBLIOGRAFÍA

- (MTI), M. d. (2008). *Manual para la Revisión de Estudios de Estudios Hidrotécnicos de drenaje menor*. Managua, Nicaragua.
- (SIECA), S. d. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Ferrovial*. (2023). Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/sistema-de-drenaje/>
- Menéndez, J. R. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico*.
- MTI. (2008). *Manual para la revisión de estudios de tránsito*.
- Secretaría de la Integración Económica Centroamericana; Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con gestión de riesgo y seguridad vial. (2011).
- Zúniga Alaniz, K. M. (Agosto de 2013). *Universidad Nacional de Ingeniería*.
- Gral. Oscar Mojica Obregón, I. T. (2023). *ANUARIO DE AFOROS DE TRÁFICO 2022*. Managua: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN VIAL.
- HCM. (2010). *Highway Capacity Manual 2010*. Washington DC: TRB.
- Méndez, M. I. (2009). *Propedeutico de vías terrestres*. Managua.
- MTI. (2008). *Manual para la revisión de estudios de tránsito*.
- Rafael Cal y Mayor R., J. C. (2018). *Ingeniería de Tránsito FUNDAMENTOS Y APLICACIONES Novena Edición*. Bogotá: Alfaomega Colombiana S.A.



ANEXOS

ANEXOS DEL INVENTARIO
VIAL

Figura 9. Niveles de señal recibida por los satélites



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Promedio para tener un nivel de aceptación confiable



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82. Formato Sección Transversal, Estación 39+000

Estudio de Inventario de sección transversal de camino													
Estudio No.		Hoja de Estudio No. 3					Fecha de Estudio: Enero 27, 2023						
Origen (Nombre Departamento/ Municipio)		Tipitapa											
Destino (Nombre Departamento/ Municipio)		Malacatoya											
Nombre del Supervisor													
Nombre del Encuestador													
Nombre de carretera/ Código Nic.		NIC-39A del KM 37 al KM 47 carretera Tipitapa-Malacatoya.											
Nombre/punto estudio, Estación (PK)		39+000											
Coordenada GPS		Longitud (X)					12°13'52"N						
		Latitud (Y)					85°59'02"W						
Terreno		<input checked="" type="checkbox"/> Plano <input type="checkbox"/> Ondulado <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/> Sinuoso											
Uso de tierra al lado de carretera		<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Bosque <input type="checkbox"/> Río <input type="checkbox"/> Montaña											
Estructura de carretera		<input checked="" type="checkbox"/> Llano (H<2.0m) <input type="checkbox"/> Corte (H >=2.0m) <input type="checkbox"/> Terraplén (H>=2.0m) <input type="checkbox"/> Muro de contención <input type="checkbox"/> Pared de contención <input type="checkbox"/> Pared parapeto <input type="checkbox"/> Talud de tierra											
Taludes de carretera		<input type="checkbox"/> Llano <input checked="" type="checkbox"/> Pendiente i<5% <input type="checkbox"/> Pendiente 5%< 10%, <input type="checkbox"/> Pendiente i>10% Condiciones del Talud: <input checked="" type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Derrumbe de tierra <input type="checkbox"/> Piedras sueltas <input type="checkbox"/> Erosión de Tierra											
Tipo de superficie de carretera		Con Pavimento: <input type="checkbox"/> Asfalto <input checked="" type="checkbox"/> Los de Concreto Hidráulico <input type="checkbox"/> Adoquín Sin Pavimento: <input type="checkbox"/> Revestido <input type="checkbox"/> Uso de Todo Tiempo <input type="checkbox"/> Uso en Estación Seca											
Condición de superficie de calzada		<input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Buena											
Información del Diseño de Carretera		Ancho de calzada m, DDV m, Plan de Ampliación de Calzada m											
Otros ① ② ③ ④ ⑤		Anden sendero	Drenaje (Izq.)	Ciclo vía	Cuneta	Hombro	Calzada	Hombro	Cuneta	Ciclo vía	Drenaje (Der.)	Anden sendero	Otros ① ② ③ ④ ⑤
9.7		1.27	-	-	-	0.35	7	0.35	-	-	-	-	6.5
Nombre del tipo de drenaje		<input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> llano de tierra <input type="checkbox"/> Llano de roca <input type="checkbox"/> Llano de monte <input checked="" type="checkbox"/> Mampostería <input type="checkbox"/> De piedra <input type="checkbox"/> De concreto <input type="checkbox"/> Otros ()											
Condición de superficie de Drenajes		<input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Buena											
Características del volumen de tráfico (por día)		<input type="checkbox"/> Poco (V <100) <input checked="" type="checkbox"/> Mediano (100 < V <500) <input type="checkbox"/> Pesado (más de 500) () () ()											
Tipo de trafico actualmente en la carretera		<input checked="" type="checkbox"/> Motocicleta <input checked="" type="checkbox"/> carro/Jeep <input checked="" type="checkbox"/> Camioneta <input checked="" type="checkbox"/> Microbús <input type="checkbox"/> Minibús <input checked="" type="checkbox"/> Bus Grande <input checked="" type="checkbox"/> Camión Liviano <input checked="" type="checkbox"/> Camión Pesado (Eje > 2) <input checked="" type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Construcción											
Foto del punto de encuesta (Vista de: Adelante Para: Atrás)		Croquis de la sección transversal actual											
Condición de superficie de calzada		<ul style="list-style-type: none"> Malo: Estado deteriorado que requiere rehabilitación inmediata. La superficie es muy rugosa. Velocidad de desplazamiento típico por carro de pasajeros es inferior a 20 km /h. Regular: Visibles algunas pocas grietas y agujeros hasta muchos baches y grietas que necesita reparación inmediata. La superficie es regular y con frecuencia en mal estado. Velocidad de desplazamiento típico por carro de pasajeros es < 50 km/ h. Buena: Sin problema con el pavimento / condición de la superficie. Velocidad de desplazamiento típico es > 50 km / h. Estructura de Carretera <ul style="list-style-type: none"> Muro de Contención: Muro grande construido para servir de apoyo o prevenir el avance de una masa de tierra. Pared de Contención: Pared baja construida para contener la cara de un banco natural de tierra. Pared parapeto: Parte de una pared que está enteramente por encima del hombro de la carretera. Información del Diseño de Carretera: <ul style="list-style-type: none"> Otros Significado ancho de: ① Pared Parapeto (Bordillo) ② Muro de Contención ③ Pared de Contención ④ Hombro del Terraplén ⑤ Longitud del Talud de Terraplén. 											

Fuente: Plan Nacional de Transporte.

Tabla 87. Formato Sección Transversal, Estación 44+000

(Estudio de Inventario de sección transversal de camino)													
Estudio No.		Hoja de Estudio No. 8					Fecha de Estudio: Enero 27, 2023						
Origen (Nombre Departamento/ Municipio)		Tipitapa											
Destino (Nombre Departamento/ Municipio)		Malacatoya											
Nombre del Supervisor													
Nombre del Encuestador													
Nombre de carretera/ Código Nic.		NIC-39A del KM 37 al KM 47 carretera Tipitapa-Malacatoya.											
Nombre/punto estudio, Estación (PK)		44+000											
Coordenada GPS		Longitud (X)					12°12'00"N						
		Latitud (Y)					85°57'01"W						
Terreno		<input checked="" type="checkbox"/> Plano <input type="checkbox"/> Ondulado <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/> Sinuoso											
Uso de tierra al lado de carretera		<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Bosque <input type="checkbox"/> Río <input type="checkbox"/> Montaña											
Estructura de carretera		<input checked="" type="checkbox"/> Llano (H<2.0m) <input type="checkbox"/> Corte (H >=2.0m) <input type="checkbox"/> Terraplén (H>=2.0m) <input type="checkbox"/> Muro de contención <input type="checkbox"/> Pared de contención <input type="checkbox"/> Pared parapeto <input type="checkbox"/> Talud de tierra											
Taludes de carretera		<input type="checkbox"/> Llano <input checked="" type="checkbox"/> Pendiente i<5% <input type="checkbox"/> Pendiente 5%< 10% <input type="checkbox"/> Pendiente i>10% Condiciones del Talud: <input checked="" type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Derrumbe de tierra <input type="checkbox"/> Piedras sueltas <input type="checkbox"/> Erosión de Tierra											
Tipo de superficie de carretera		Con Pavimento: <input type="checkbox"/> Asfalto <input checked="" type="checkbox"/> Losa de Concreto Hidráulico <input type="checkbox"/> Adoquin Sin Pavimento: <input type="checkbox"/> Revestido <input type="checkbox"/> Uso de Todo Tiempo <input type="checkbox"/> Uso en Estación Seca											
Condición de superficie de calzada		<input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Buena											
Información del Diseño de Carretera		Ancho de calzada m, DDV m, Plan de Ampliación de Calzada m											
Otros ① ② ③ ④ ⑤		Anden sendero	Drenaje (Izq.)	Ciclo vía	Cuneta	Hombro	Calzada	Hombro	Cuneta	Ciclo vía	Drenaje (Der.)	Anden sendero	Otros ① ② ③ ④ ⑤
6.5			-	-	0.6	0.35	7	0.35	-	-	-	-	5.2
Nombre del tipo de drenaje		<input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> llano de tierra <input type="checkbox"/> Llano de roca <input type="checkbox"/> Llano de monte <input checked="" type="checkbox"/> Mamostería <input type="checkbox"/> De piedra <input type="checkbox"/> De concreto <input type="checkbox"/> Otros ()											
Condición de superficie de Drenajes		<input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Buena											
Características del volumen de tráfico (por día)		<input type="checkbox"/> Poco(V <100) <input checked="" type="checkbox"/> Mediano (100 < V <500) <input type="checkbox"/> Pesado (más de 500) () () ()											
Tipo de trafico actualmente en la carretera		<input checked="" type="checkbox"/> Motocicleta <input checked="" type="checkbox"/> carro/Jeep <input checked="" type="checkbox"/> Camioneta <input checked="" type="checkbox"/> Microbús <input type="checkbox"/> Minibús <input checked="" type="checkbox"/> Bus Grande <input checked="" type="checkbox"/> Camión Liviano <input checked="" type="checkbox"/> Camión Pesado (Eje > 2) <input checked="" type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Construcción											
Foto del punto de encuesta (Vista de: Adelante Para: Atrás)						Croquis de la sección transversal actual							
Condición de superficie de calzada		<ul style="list-style-type: none"> Malo: Estado deteriorado que requiere rehabilitación inmediata. La superficie es muy rugosa. Velocidad de desplazamiento típico por carro de pasajeros es inferior a 20 km /h. Regular: Visibles algunas pocas grietas y agujeros hasta muchos baches y grietas que necesita reparación inmediata. La superficie es regular y con frecuencia en mal estado. Velocidad de desplazamiento típico por carro de pasajeros es < 50 km/ h. Buena: Sin problema con el pavimento / condición de la superficie. Velocidad de desplazamiento típico es > 50 km / h. Estructura de Carretera <ul style="list-style-type: none"> Muro de Contención: Muro grande construido para servir de apoyo o prevenir el avance de una masa de tierra. Pared de Contención: Pared baja construida para contener la cara de un banco natural de tierra. Pared parapeto: Parte de una pared que está enteramente por encima del hombro de la carretera. Información del Diseño de Carretera: <ul style="list-style-type: none"> Otros Significado ancho de: ① Pared Parapeto (Bordillo) ② Muro de Contención ③ Pared de Contención ④ Hombro del Terraplén ⑤ Longitud del Talud de Terraplén. 											

Fuente: Plan Nacional de Transporte.

Tabla 88. Formato Sección Transversal, Estación 45+000

(Estudio de Inventario de sección transversal de camino)													
Estudio No.		Hoja de Estudio No. 9					Fecha de Estudio: Enero 27, 2023						
Origen (Nombre Departamento/ Municipio)		Tipitapa											
Destino (Nombre Departamento/ Municipio)		Malacatoya											
Nombre del Supervisor													
Nombre del Encuestador													
Nombre de carretera/ Código Nic.		NIC-39A del KM 37 al KM 47 carretera Tipitapa-Malacatoya.											
Nombre/punto estudio, Estación (PK)		45+000											
Coordenada GPS	Longitud (X)	12°11'38"N											
	Latitud (Y)	85°56'37"W											
Terreno		<input checked="" type="checkbox"/> Plano <input type="checkbox"/> Ondulado <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/> Sinuoso											
Uso de tierra al lado de carretera		<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Bosque <input type="checkbox"/> Río <input type="checkbox"/> Montaña											
Estructura de carretera		<input checked="" type="checkbox"/> Llano (H<2.0m) <input type="checkbox"/> Corte (H >=2.0m) <input type="checkbox"/> Terraplén (H>=2.0m) <input type="checkbox"/> Muro de contención <input type="checkbox"/> Pared de contención <input type="checkbox"/> Pared parapeto <input type="checkbox"/> Talud de tierra											
Taludes de carretera		<input type="checkbox"/> Llano <input checked="" type="checkbox"/> Pendiente i<5% <input type="checkbox"/> Pendiente 5%< 10%, <input type="checkbox"/> Pendiente i>10% Condiciones del Talud: <input checked="" type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Derrumbe de tierra <input type="checkbox"/> Piedras sueltas <input type="checkbox"/> Erosión de Tierra											
Tipo de superficie de carretera		Con Pavimento: <input type="checkbox"/> Asfalto <input checked="" type="checkbox"/> Losa de Concreto Hidráulico <input type="checkbox"/> Adoquín Sin Pavimento: <input type="checkbox"/> Revestido <input type="checkbox"/> Uso de Todo Tiempo <input type="checkbox"/> Uso en Estación Seca											
Condición de superficie de calzada		<input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Buena											
Información del Diseño de Carretera		Ancho de calzada m, DDV m, Plan de Ampliación de Calzada m											
	Otros ① ② ③ (4, 5)	Andén sendero	Drenaje (Izq.)	Ciclo via	Cuneta	Hombro	Calzada	Hombro	Cuneta	Ciclo via	Drenaje (Der.)	Andén sendero	Otros ① ② ③ (4, 5)
	5.9	—	—	—	—	0.35	7	0.35	—	—	—	—	6.8
Nombre del tipo de drenaje		<input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> llano de tierra <input type="checkbox"/> Llano de roca <input type="checkbox"/> Llano de monte <input checked="" type="checkbox"/> Mampostería <input type="checkbox"/> De piedra <input type="checkbox"/> De concreto <input type="checkbox"/> Otros ()											
Condición de superficie de Drenajes		<input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Buena											
Características del volumen de tráfico (por día)		<input type="checkbox"/> POCO (V <100) <input checked="" type="checkbox"/> Mediano (100 < V <500) <input type="checkbox"/> Pesado (más de 500) () () ()											
Tipo de trafico actualmente en la carretera		<input checked="" type="checkbox"/> Motocicleta <input checked="" type="checkbox"/> carro/Jeep <input checked="" type="checkbox"/> Camioneta <input checked="" type="checkbox"/> Microbús <input type="checkbox"/> Minibús <input checked="" type="checkbox"/> Bus Grande <input checked="" type="checkbox"/> Camión Liviano <input checked="" type="checkbox"/> Camión Pesado (Eje > 2) <input checked="" type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Construcción											
Foto del punto de encuesta (Vista de: Adelante Para: Atrás)		Croquis de la sección transversal actual											
Condición de superficie de calzada		<ul style="list-style-type: none"> Malo: Estado deteriorado que requiere rehabilitación inmediata. La superficie es muy rugosa. Velocidad de desplazamiento típico por carro de pasajeros es inferior a 20 km /h. Regular: Visibles algunas pocas grietas y agujeros hasta muchos baches y grietas que necesita reparación inmediata. La superficie es regular y con frecuencia en mal estado. Velocidad de desplazamiento típico por carro de pasajeros es < 50 km/ h. Buena: Sin problema con el pavimento / condición de la superficie. Velocidad de desplazamiento típico es > 50 km / h. 											
Estructura de Carretera		<ul style="list-style-type: none"> Muro de Contención: Muro grande construido para servir de apoyo o prevenir el avance de una masa de tierra. Pared de Contención: Pared baja construida para contener la cara de un banco natural de tierra. Pared parapeto: Parte de una pared que está enteramente por encima del hombro de la carretera. 											
Información del Diseño de Carretera:		<ul style="list-style-type: none"> Otros Significado ancho de: ① Pared Parapeto (Bordillo) ② Muro de Contención ③ Pared de Contención ④ Hombro del Terraplén ⑤ Longitud del Talud de Terraplén. 											

Fuente: Plan Nacional de Transporte.

ANEXOS DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO

Tabla 97. Tabla de conteo vehicular

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
INGENIERÍA DE TRÁNSITO
PRACTICA DE CAMPO**

CONTEO VEHICULAR

ESTACION
□ □ □

Tramo: _____

FECHA

SECUENCIAL

CONTADOR DE TRAFICO

□ □ _____

Sentido : _____

□ □ □ □ □ □

COORDINADOR DE SITIO

□ □ _____

Hora	VEHICULOS DE PASAJEROS							VEHICULOS DE CARGA							OTROS VEHICULOS PESADOS						
	Vehículos Livianos				Autobuses			Camiones				Camión Remolque Cx-Rx		Trailer Articulado Tx-Sx			Agrícolas	Construc.	Otros		
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2				T3-S3	

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería.

Tabla 98. Datos de aforo 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERIA DE TRANSITO PRACTICA DE CAMPO																							
ESTACION: 37+960																							
TRAMO: KM 37 - KM 47		SENTIDO: Tipitapa - Malacatoya			FECHA: Martes 07 de Noviembre de 2023				SECUENCIAL: 15 Minutos				CONTADOR DE TRAFICO: Sofia Hildamara Rizo Alaniz COORDINADOR DE SITIO: Miurell Sarai Velazquez Velazquez										
HORA	VEHÍCULOS DE PASAJEROS							VEHÍCULOS DE CARGA													Otros Vehiculos Pesados		
	Vehículos Livianos				Autobuses			Camiones				Camion Remolque Cx - Rx		Trailer Articulado Tx-Sx									
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbus <15 pax	Minibus 15-30 pax	Grande	Camion Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agricola	Construccion	Otros			
6:00/6:15	1	2	0	6	0	0	1	1	2	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0			
6:15/6:30	3	6	0	5	1	1	1	4	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
6:30/6:45	7	8	3	11	1	2	1	2	3	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0			
6:45/7:00	3	5	1	9	2	0	3	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
7:00/7:15	5	6	1	12	0	2	1	3	4	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0			
7:15/7:30	3	5	0	8	0	0	1	7	4	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0			
7:30/7:45	7	6	0	13	1	1	0	5	2	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0			
7:45/8:00	3	1	0	9	0	0	0	2	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0			
8:00/8:15	8	2	1	7	1	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0			
8:15/8:30	3	4	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8:30/8:45	2	2	1	8	0	0	0	3	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
8:45/9:00	1	0	1	6	0	0	0	4	5	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0			
9:00/9:15	3	3	3	12	0	1	0	4	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0			
9:15/9:30	4	3	0	7	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
9:30/9:45	5	4	3	6	1	1	0	2	2	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0			
9:45/10:00	2	5	0	9	1	1	1	1	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0			
10:00/10:15	3	2	0	13	0	1	1	1	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0			
10:15/10:30	2	1	2	4	0	0	1	0	3	1	1	5	1	0	1	0	0	1	0	0			
10:30/10:45	1	2	0	4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10:45/11:00	5	4	0	9	0	0	1	4	5	1	0	1	1	0	1	0	2	0	0	0			
11:00/11:15	4	1	1	7	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11:15/11:30	5	4	0	5	1	0	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11:30/11:45	3	1	0	7	0	0	0	1	6	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0			
11:45/12:00	4	2	0	6	0	1	1	0	5	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0			
12:00/12:15	4	2	0	6	0	1	1	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0			
12:15/12:30	4	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0	0	0	0			
12:30/12:45	0	1	0	6	0	0	0	0	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0			
12:45/13:00	7	1	0	6	1	1	0	1	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
13:00/13:15	6	3	0	5	0	0	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
13:15/13:30	1	5	0	8	0	1	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
13:30/13:45	3	4	0	4	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
13:45/14:00	3	3	0	10	0	0	1	2	6	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0			
14:00/14:15	1	3	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
14:15/14:30	2	0	0	9	3	0	1	2	1	1	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0			
14:30/14:45	3	4	0	3	2	0	0	2	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0			
14:45/15:00	3	6	0	7	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
15:00/15:15	3	4	0	8	0	0	1	4	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0			
15:15/15:30	5	2	0	8	3	0	1	3	1	1	0	6	2	0	0	0	0	1	0	0			
15:30/15:45	1	1	0	9	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
15:45/16:00	2	3	0	7	2	1	1	2	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0			
16:00/16:15	11	7	0	10	2	0	2	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16:15/16:30	6	6	0	15	1	0	3	4	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
16:30/16:45	4	6	0	6	0	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
16:45/17:00	3	5	0	7	1	0	0	1	1	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0			
17:00/17:15	0	6	0	12	0	0	2	1	3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
17:15/17:30	0	2	0	4	0	0	0	3	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
17:30/17:45	2	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17:45/18:00	0	1	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 99. Datos de aforo 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERIA DE TRANSITO PRACTICA DE CAMPO																					
ESTACION: 37+960																					
TRAMO: <u>KM 37 - KM 47</u>		SENTIDO: <u>Malacatoya - Tipitapa</u>				FECHA: <u>Martes 07 de Noviembre de 2023</u>				SECUENCIAL: <u>15 Minutos</u>				CONTADOR DE TRAFICO: <u>Sofia Hildamara Rizo Alaniz</u> COORDINADOR DE SITIO: <u>Miurell Sarai Velazquez Velazquez</u>							
HORA	VEHÍCULOS DE PASAJEROS							VEHÍCULOS DE CARGA										Otros Vehiculos Pesados			
	Vehiculos Livianos				Autobuses			Camiones				Camion Remolque Cx - Rx		Trailer Articulado Tx-Sx				Agricola	Construccion	Otros	
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbus <15 pax	Minibus 15-30 pax	Grande	Camion Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3				
6:00/6:15	5	2	1	8	1	1	1	8	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
6:15/6:30	9	3	4	5	1	0	1	11	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
6:30/6:45	7	2	2	8	3	0	0	10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
6:45/7:00	4	1	0	8	0	1	1	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
7:00/7:15	1	2	0	6	0	0	1	6	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	
7:15/7:30	3	3	3	4	1	0	0	6	9	1	0	2	4	0	0	0	0	2	0	0	
7:30/7:45	8	4	0	12	1	1	0	4	3	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	
7:45/8:00	2	1	0	8	0	0	1	5	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
8:00/8:15	0	1	0	10	2	3	1	7	11	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
8:15/8:30	0	4	0	1	1	0	0	6	5	0	0	4	3	0	1	0	0	0	0	0	
8:30/8:45	5	6	1	2	2	0	1	8	2	0	0	5	1	0	1	0	0	1	0	0	
8:45/9:00	1	5	0	4	1	1	0	4	7	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	
9:00/9:15	1	6	0	5	0	0	0	8	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	
9:15/9:30	1	2	3	7	0	0	1	2	6	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	
9:30/9:45	0	4	0	11	1	0	2	6	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
9:45/10:00	5	1	0	6	1	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	
10:00/10:15	2	5	1	5	0	0	1	4	1	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	
10:15/10:30	3	1	1	5	0	0	2	3	2	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:30/10:45	3	2	0	4	1	0	1	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
10:45/11:00	2	1	0	1	0	0	2	6	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:00/11:15	2	1	3	7	1	0	1	2	4	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	
11:15/11:30	1	3	1	3	0	0	0	3	4	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	
11:30/11:45	2	2	0	6	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:45/12:00	6	5	1	0	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	
12:00/12:15	5	0	0	5	0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:15/12:30	2	2	0	8	0	0	2	3	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
12:30/12:45	1	4	0	4	0	0	2	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
12:45/13:00	6	4	1	4	0	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
13:00/13:15	3	2	3	3	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
13:15/13:30	0	1	0	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13:30/13:45	5	0	1	2	1	0	1	2	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
13:45/14:00	4	2	0	2	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
14:00/14:15	0	3	1	11	0	1	2	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
14:15/14:30	0	2	0	11	1	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
14:30/14:45	2	0	1	2	0	0	2	1	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
14:45/15:00	4	3	0	6	2	0	1	4	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
15:00/15:15	0	2	0	9	1	0	0	1	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
15:15/15:30	3	2	1	8	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15:30/15:45	3	4	0	6	0	0	0	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
15:45/16:00	2	2	0	6	0	0	0	1	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
16:00/16:15	10	5	0	2	1	0	0	0	6	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
16:15/16:30	10	3	0	7	0	1	1	2	4	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	
16:30/16:45	2	4	0	13	0	0	0	3	4	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
16:45/17:00	3	3	0	7	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
17:00/17:15	5	2	0	5	2	0	0	3	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
17:15/17:30	1	1	0	5	0	1	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:30/17:45	3	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17:45/18:00	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 100. Datos de aforo 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERIA DE TRANSITO PRACTICA DE CAMPO																					
ESTACION: 37+960		TRAMO: KM 37 - KM 47				SENTIDO: Tipitapa - Malacatoya				FECHA: Miercoles 08 de Noviembre de 2023				SECUENCIAL: 15 Minutos				CONTADOR DE TRAFICO: Sofia Hildamara Rizo Alaniz COORDINADOR DE SITIO: Miurell Sarai Velazquez Velazquez			
HORA	VEHICULOS DE PASAJEROS								VEHICULOS DE CARGA								Otros Vehiculos Pesados				
	Vehiculos Livianos				Autobuses				Camiones				Camion Remolque Cx - Rx		Trailer Articulado Tx-Sx				Agricola	Construccion	Otros
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbus <15 pax	Minibus 15-30 pax	Grande	Camion Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3				
6:00/6:15	5	2	0	6	0	0	2	1	2	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0		
6:15/6:30	4	5	0	8	1	0	0	2	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0		
6:30/6:45	3	4	0	13	1	0	1	1	4	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0		
6:45/7:00	3	1	0	12	1	2	0	3	4	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0		
7:00/7:15	4	4	0	12	1	0	1	2	5	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0		
7:15/7:30	3	3	1	8	1	0	0	0	7	0	0	4	0	1	0	0	0	1	0		
7:30/7:45	3	1	1	9	1	0	1	1	8	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0		
7:45/8:00	6	2	2	12	2	0	1	1	9	1	0	3	0	2	0	0	0	0	0		
8:00/8:15	9	5	1	3	0	0	0	1	6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0		
8:15/8:30	2	3	2	5	0	1	0	0	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0		
8:30/8:45	2	2	0	3	1	1	0	0	1	1	0	1	5	0	0	0	0	0	0		
8:45/9:00	2	1	0	7	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
9:00/9:15	5	2	0	7	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9:15/9:30	0	4	0	1	2	0	0	0	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0		
9:30/9:45	0	2	0	8	1	0	0	0	3	3	0	1	4	0	0	0	0	0	0		
9:45/10:00	0	3	0	9	0	0	3	2	0	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0		
10:00/10:15	1	1	1	3	2	0	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
10:15/10:30	2	1	1	4	0	0	0	4	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0		
10:30/10:45	1	2	0	4	0	0	0	5	5	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0		
10:45/11:00	5	3	0	8	3	0	0	1	4	0	0	0	4	4	1	0	2	0	0		
11:00/11:15	2	4	0	10	0	1	0	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
11:15/11:30	1	3	0	5	0	1	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0		
11:30/11:45	5	2	0	7	1	0	0	1	2	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0		
11:45/12:00	5	2	0	1	0	1	2	2	9	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0		
12:00/12:15	2	2	0	6	0	1	1	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
12:15/12:30	6	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0	0	0		
12:30/12:45	1	1	0	4	0	0	0	0	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0		
12:45/13:00	3	1	0	6	1	1	0	1	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
13:00/13:15	3	3	0	5	0	0	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
13:15/13:30	1	5	0	3	0	1	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
13:30/13:45	2	4	0	4	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13:45/14:00	1	3	0	4	0	0	1	2	6	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0		
14:00/14:15	2	3	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14:15/14:30	1	0	0	9	3	0	1	2	1	1	0	8	2	0	0	0	0	0	0		
14:30/14:45	4	4	0	3	2	0	0	2	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0		
14:45/15:00	2	6	0	7	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
15:00/15:15	3	4	0	3	0	0	1	4	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0		
15:15/15:30	3	2	0	8	3	0	1	3	1	1	0	6	2	0	0	0	0	1	0		
15:30/15:45	1	1	1	9	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
15:45/16:00	2	3	0	2	2	1	1	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
16:00/16:15	5	7	0	5	2	0	2	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:15/16:30	3	6	0	15	1	0	3	4	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0		
16:30/16:45	4	2	0	6	0	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
16:45/17:00	0	5	0	7	1	0	0	1	1	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0		
17:00/17:15	0	2	0	12	0	0	2	1	3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0		
17:15/17:30	0	2	0	4	0	0	0	3	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
17:30/17:45	2	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17:45/18:00	0	1	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 101. Datos de aforo 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERIA DE TRANSITO PRACTICA DE CAMPO																						
ESTACION: 37+960		TRAMO: KM 37 - KM 47				SENTIDO: Malacatoya - Tipitapa				FECHA: Miercoles 08 de Noviembre de 2023				SECUENCIAL: 15 Minutos				CONTADOR DE TRAFICO: Sofia Hildamara Rizo Alaniz COORDINADOR DE SITIO: Miurell Saraí Velazquez Velazquez				
HORA	VEHÍCULOS DE PASAJEROS								VEHÍCULOS DE CARGA										Otros Vehículos Pesados			
	Vehículos Livianos				Autobuses				Camiones				Camion Remolque Cx - Rx		Trailer Articulado Tx-Sx				Agricola	Construcción	Otros	
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbus <15 pax	Minibus 15-30 pax	Grande	Camion Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3					
6:00/6:15	6	3	0	9	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6:15/6:30	11	2	0	5	2	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6:30/6:45	3	3	0	6	0	0	1	7	4	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0		
6:45/7:00	2	11	0	9	0	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7:00/7:15	1	6	0	13	1	2	2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
7:15/7:30	11	5	1	12	2	3	2	1	1	1	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0		
7:30/7:45	2	4	0	6	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
7:45/8:00	7	3	0	15	1	1	1	1	1	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0		
8:00/8:15	3	6	0	5	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
8:15/8:30	2	2	0	3	1	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
8:30/8:45	1	8	0	12	1	1	2	2	0	0	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0		
8:45/9:00	1	5	1	5	0	0	0	1	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
9:00/9:15	2	4	0	3	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
9:15/9:30	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0		
9:30/9:45	4	3	0	6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0		
9:45/10:00	4	2	1	4	0	0	1	3	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
10:00/10:15	0	5	0	6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0		
10:15/10:30	2	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0		
10:30/10:45	1	3	2	5	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10:45/11:00	2	0	0	2	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
11:00/11:15	2	5	1	14	0	1	0	0	2	2	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0		
11:15/11:30	1	2	1	5	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11:30/11:45	2	0	0	5	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
11:45/12:00	4	1	0	5	1	1	1	0	1	0	1	1	3	0	1	0	0	0	0	0		
12:00/12:15	5	0	0	5	0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
12:15/12:30	2	2	0	8	0	0	2	3	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0		
12:30/12:45	1	4	0	4	0	0	2	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0		
12:45/13:00	6	4	1	4	0	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
13:00/13:15	3	2	3	3	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
13:15/13:30	0	1	0	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13:30/13:45	5	0	1	2	1	0	1	2	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0		
13:45/14:00	4	2	0	2	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
14:00/14:15	0	3	1	11	0	1	2	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0		
14:15/14:30	0	2	0	11	1	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
14:30/14:45	2	0	1	2	0	0	2	1	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0		
14:45/15:00	4	3	0	6	2	0	1	4	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0		
15:00/15:15	0	2	0	9	1	0	0	1	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:15/15:30	3	2	1	8	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:30/15:45	3	4	0	6	0	0	0	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
15:45/16:00	2	2	0	6	0	0	0	1	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:00/16:15	10	5	0	2	1	0	0	0	6	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:15/16:30	10	3	0	7	0	1	1	2	4	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0		
16:30/16:45	2	4	0	13	0	0	0	3	4	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:45/17:00	3	3	0	7	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		
17:00/17:15	5	2	0	5	2	0	0	3	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		
17:15/17:30	1	1	0	5	0	1	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
17:30/17:45	3	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17:45/18:00	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 102. Datos de aforo 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERIA DE TRANSITO PRACTICA DE CAMPO																								
ESTACION: 37+960		TRAMO: KM 37 - KM 47 SENTIDO: Tipitapa - Malacatoya										FECHA: Jueves 09 de Noviembre de 2023				SECUENCIAL: 15 Minutos					CONTADOR DE TRAFICO: Sofia Hildamara Rizo Alaniz COORDINADOR DE SITIO: Miurell Sarai Velazquez Velazquez			
HORA	VEHICULOS DE PASAJEROS								VEHICULOS DE CARGA								Otros Vehiculos Pesados							
	Vehiculos Livianos				Autobuses				Camiones				Camion Remolque Cx - Rx		Trailer Articulado Tx-Sx				Otros Vehiculos Pesados					
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbus <15 pax	Minibus 15-30 pax	Grande	Camion Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agricola	Construccion	Otros				
6:00/6:15	6	2	0	4	1	1	1	6	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0				
6:15/6:30	5	1	0	6	1	0	1	12	2	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0				
6:30/6:45	4	2	2	10	0	0	0	11	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
6:45/7:00	7	4	0	8	1	1	1	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
7:00/7:15	2	2	0	6	0	0	1	3	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0				
7:15/7:30	3	3	3	4	1	0	0	2	9	1	0	2	4	0	0	0	0	1	0	0				
7:30/7:45	4	5	0	14	1	1	0	6	3	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0				
7:45/8:00	1	1	0	8	0	0	1	5	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0				
8:00/8:15	1	1	0	12	2	3	1	7	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0				
8:15/8:30	1	4	0	1	1	0	0	6	5	0	0	4	3	0	1	0	0	0	0	0				
8:30/8:45	3	6	1	2	2	0	1	8	2	0	0	5	1	0	1	0	0	1	0	0				
8:45/9:00	0	5	0	4	1	1	0	4	7	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0				
9:00/9:15	0	6	0	5	0	0	0	8	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0				
9:15/9:30	0	2	0	7	0	0	1	2	6	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0				
9:30/9:45	1	4	0	12	1	0	2	6	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0				
9:45/10:00	4	1	0	6	1	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0				
10:00/10:15	2	5	1	5	0	0	1	4	1	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0				
10:15/10:30	1	1	1	5	0	0	2	3	2	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0				
10:30/10:45	2	2	0	4	1	0	1	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0				
10:45/11:00	1	1	0	1	0	0	2	6	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0				
11:00/11:15	0	1	3	7	1	0	1	2	4	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0				
11:15/11:30	1	3	1	3	0	0	2	3	4	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0				
11:30/11:45	2	2	0	6	1	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
11:45/12:00	3	5	1	0	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0				
12:00/12:15	2	0	0	5	0	0	1	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
12:15/12:30	1	2	0	8	1	0	2	3	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0				
12:30/12:45	1	4	0	4	0	0	2	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0				
12:45/13:00	5	4	1	4	0	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0				
13:00/13:15	5	2	3	3	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
13:15/13:30	0	1	0	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
13:30/13:45	5	0	1	2	1	0	1	2	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0				
13:45/14:00	4	2	0	2	0	2	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0				
14:00/14:15	0	3	1	14	0	1	2	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0				
14:15/14:30	0	2	0	11	1	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0				
14:30/14:45	2	0	1	2	0	0	2	1	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0				
14:45/15:00	4	3	0	6	1	0	1	4	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0				
15:00/15:15	0	2	0	9	1	0	0	1	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0				
15:15/15:30	3	2	1	8	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
15:30/15:45	3	4	0	6	0	0	0	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0				
15:45/16:00	2	2	0	6	0	0	0	1	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0				
16:00/16:15	3	5	0	2	1	0	0	0	6	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0				
16:15/16:30	5	3	0	7	0	1	1	2	4	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0				
16:30/16:45	2	4	0	13	0	0	0	3	4	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0				
16:45/17:00	3	1	0	7	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
17:00/17:15	5	2	0	5	2	0	0	3	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
17:15/17:30	1	1	0	5	0	1	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0				
17:30/17:45	3	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
17:45/18:00	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 103. Datos de aforo 6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA																									
INGENIERIA DE TRANSITO																									
PRACTICA DE CAMPO																									
ESTACION: 37+960		TRAMO: KM 37 - KM 47				SENTIDO: Malacatoya - Tipitapa				FECHA: Jueves 09 de Noviembre de 2023				SECUENCIAL: 15 Minutos				CONTADOR DE TRAFICO: Sofia Hildamara Rizo Alaniz				COORDINADOR DE SITIO: Miurell Sarai Velazquez Velazquez			
HORA	VEHÍCULOS DE PASAJEROS								VEHÍCULOS DE CARGA								Otros Vehiculos Pesados								
	Vehículos Livianos				Autobuses				Camiones				Camion Remolque Cx - Rx		Trailer Articulado Tx-Sx										
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbus <15 pax	Minibus 15-30 pax	Grande		Camion Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agricola	Construccion	Otros				
6:00/6:15	5	2	0	6	0	0	2	1	2	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0						
6:15/6:30	4	5	0	5	1	0	0	2	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0						
6:30/6:45	3	4	0	8	1	0	1	3	5	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0						
6:45/7:00	3	1	0	13	1	2	0	5	4	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0						
7:00/7:15	4	4	0	9	1	0	1	2	5	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0						
7:15/7:30	3	3	1	8	1	0	0	3	7	0	0	4	0	1	1	0	0	0	0						
7:30/7:45	3	1	1	4	1	0	1	1	8	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0						
7:45/8:00	6	2	2	6	2	0	1	2	9	1	0	3	0	2	0	0	0	0	0						
8:00/8:15	9	5	1	4	0	0	0	1	6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0						
8:15/8:30	2	3	2	5	0	1	0	0	3	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0						
8:30/8:45	2	2	0	3	1	1	0	2	1	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0						
8:45/9:00	2	1	0	3	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0						
9:00/9:15	5	2	0	8	1	1	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
9:15/9:30	0	4	0	1	2	0	0	0	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0						
9:30/9:45	0	2	0	4	1	0	0	0	3	3	0	1	4	0	0	0	0	0	0						
9:45/10:00	0	3	0	9	0	0	3	2	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0						
10:00/10:15	1	1	1	3	0	0	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0						
10:15/10:30	2	1	1	4	0	0	0	4	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0						
10:30/10:45	1	2	0	12	0	0	0	5	5	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0						
10:45/11:00	5	3	0	8	0	0	0	1	4	0	0	0	4	4	1	0	2	0	0						
11:00/11:15	2	4	0	10	0	1	0	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						
11:15/11:30	1	3	0	5	0	1	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0						
11:30/11:45	5	2	0	7	1	0	0	1	2	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0						
11:45/12:00	5	2	0	1	0	1	2	2	9	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0						
12:00/12:15	2	2	0	6	0	1	1	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						
12:15/12:30	6	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0	0	0						
12:30/12:45	1	1	0	4	0	0	0	0	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0						
12:45/13:00	3	1	0	6	1	1	0	1	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0						
13:00/13:15	3	3	0	5	0	0	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0						
13:15/13:30	1	5	0	3	0	1	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0						
13:30/13:45	2	4	0	4	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
13:45/14:00	1	3	0	4	0	0	1	2	6	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0						
14:00/14:15	2	3	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
14:15/14:30	1	0	0	9	3	0	1	2	1	1	0	8	2	0	0	0	0	0	0						
14:30/14:45	4	4	0	3	2	0	0	2	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0						
14:45/15:00	2	6	0	7	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0						
15:00/15:15	3	4	0	3	0	0	1	4	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0						
15:15/15:30	3	2	0	8	3	0	1	3	1	1	0	6	2	0	0	0	0	0	0						
15:30/15:45	1	1	1	9	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0						
15:45/16:00	2	3	0	2	2	1	1	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0						
16:00/16:15	5	7	0	5	2	0	2	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
16:15/16:30	3	6	0	9	1	0	3	4	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0						
16:30/16:45	4	2	0	6	0	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0						
16:45/17:00	0	5	0	7	1	0	0	1	1	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0						
17:00/17:15	0	2	0	9	0	0	2	1	3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0						
17:15/17:30	0	2	0	4	0	0	0	3	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0						
17:30/17:45	2	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
17:45/18:00	0	1	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0						

Fuente: Elaboración propia.