

Área de conocimiento de Ingeniería y Afines

“ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA ROTONDA INTA A NINDIRÍ DE LA ESTACIÓN 27+000 A LA ESTACIÓN 34+000, DEPARTAMENTO DE MASAYA”.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Bryan Alexander
Muñoz Rojas
Carnet: 2019-04271

Br. Derek Alexander
Jemio Solano
Carnet: 2019-04301

Br. Melitta Patricia
Valdez Mendoza
Carnet: 2016-03851

Tutor:

Ing. Keving Roberto
Sanchez Rocha

14 de agosto de 2024
Managua, Nicaragua

Dedicatoria

Dedico este trabajo con mucho amor y orgullo a Dios primeramente por regalarme la fuerza e inteligencia para culminar este objetivo de gran importancia en mi vida.

A mis padres, que han sido instrumentos en las manos de Dios para traerme al mundo, y apoyarme en cada etapa de mi vida.

A mis abuelos que en paz descansen y a mi abuelita que sigue con vida que con su gran ejemplo y amor han contribuido a mi formación espiritual y académica.

A mis tíos, que siempre me han motivado a seguir adelante cada día y que a través de sus consejos me han ayudado a ser una mejor persona.

Al resto de mi familia que juegan un papel muy importante en mi vida.

Melitta Patricia Valdez Mendoza

Dedicatoria

A Dios, por darme la sabiduría necesaria para enfrentar día a día nuevos retos, a la Santísima Virgen del Rosario por bendecir a mi familia y guiarme por el camino de la vida.

A mis padres, que con mucho sacrificio me han apoyado para alcanzar esta meta.

A mis hermanos por siempre animarme a seguir adelante a pesar de las dificultades.

A mis tíos, que siempre me han motivado a seguir adelante día a día, y al resto de mi familia que juegan un papel muy importante en mi vida.

Bryan Alexander Muñoz Rojas

Dedicatoria

Dedico este logro, de manera especial a mis padres, los verdaderos protagonistas en todo lo que hago, este triunfo es más suyo que mío por ser guerreros infatigables que ha luchado sin escatimar fuerzas ni recursos para apoyarme en la demandante tarea de mi formación profesional y cada una de las metas académicas obtenidas hasta ahora.

A mis hermanos y demás familiares por todo el apoyo brindado a través de toda mi formación y cada etapa de todo este proyecto de vida.

Derek Alexander Jemio Solano

Agradecimientos

Agradecemos a Dios nuestro señor por darnos la sabiduría e inteligencia para culminar esta etapa tan importante en nuestras vidas y cumplirnos un sueño anhelado.

Agradecemos de todo corazón a nuestros padres, que con todo el sacrificio y esfuerzo sin condición alguna nos ayudaron en todo lo necesario en nuestra educación superior que hoy culminamos con gran dicha y orgullo.

Al Ing. Keving Roberto Sánchez Rocha, Docente de la carrera de Ingeniería, quien fue nuestro tutor que con sus grandes conocimientos nos orientó en la realización de nuestra monografía.

A todos nuestros docentes, que, con sus conocimientos, experiencias y valores aportados, nos guiaron a alcanzar una de nuestras metas profesionales y a ser mejores personas cada día.

¡Gracias!

RESUMEN DEL TEMA

En la presente monografía “**ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA ROTONDA INTA A NINDIRÍ DE LA ESTACIÓN 27+000 A LA ESTACIÓN 34+000, DEPARTAMENTO DE MASAYA**”, se realizó con el objetivo de servir como guía, para garantizar el buen funcionamiento de dicha vía, tomando en cuenta la necesidad de dar a conocer aspectos importantes de la ingeniería de Tránsito y Seguridad Vial, identificando las zonas con mayor accidentalidad y congestión vial, para examinar la problemática y así determinar específicamente las medidas de seguridad que deben emplearse, aplicando conocimientos en materia de seguridad vial e ingeniería de tránsito.

La monografía está conformada por los capítulos siguientes:

CAPÍTULO I: PRELIMINARES

En este capítulo se presentan todos los aspectos teóricos de gran importancia para la realización de este análisis de seguridad vial, se define el porqué de la elaboración de este documento y los alcances que el mismo tendrá.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Este capítulo proporciona el contexto y el fundamento conceptual para este estudio. Aquí se exponen los conceptos, teorías y antecedentes relevantes que sustentan este trabajo.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se considera de vital importancia este capítulo, puesto que fue desarrollado con el fin de conocer el estado en que se encuentra la vía en estudio, las características de la vía y de los vehículos que circulan por las vías seleccionadas, asimismo en este capítulo se abordan temas relacionados con los volúmenes de tránsito y la determinación del nivel de servicio en el punto de control analizado a través de los resultados obtenidos por aforos volumétricos manuales; los que permitieron definir los problemas de congestión en las vías.

Apoyándose en el **Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes Para el Control del Tránsito, en el capítulo VI**, se plantean los criterios indispensables y las bases teóricas en el diseño y la propuesta de señalización horizontal y vertical de la vía en estudio y los justificativos para su instalación, con el fin de resolver los conflictos del tránsito.

Luego de estudiar los datos recopilados en los capítulos anteriores, se presentan posibles soluciones que ayudarán a reducir la accidentalidad en cada zona analizada y mejorar las condiciones de circulación vehicular y peatonal, a fin de brindar un ambiente de seguridad vial apropiado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este último capítulo, se brindan recomendaciones y conclusiones, de cada uno de los capítulos anteriores y se identificó la problemática existente y algunas específicas a lo largo del tramo con el fin de dar medidas de solución a la problemática identificada.

Índice

CAPITULO I:PRELIMINARES

1.1. Introducción	1
1.2. Descripción del área de estudio.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación	5

CAPITULO II:MARCO TEÓRICO

2.1. Accidentalidad vial	6
2.1.1. Clasificación de los accidentes en Nicaragua	6
2.1.2. Causas por accidentes de tránsito	6
2.1.3. Tramos críticos de accidentes de tránsito	7
2.1.4. Magnitud del problema.....	7
2.2. Inventario vial.....	8
2.2.1. Elementos de la sección transversal.....	8
2.2.2. Clasificación de la red vial.....	9
A. Según tipo de construcción en la vía	9
B. Según su función	10
C. Administrativa.....	10
2.2.3. Clasificación de los dispositivos de control	10
A. Señales Verticales	10
B. Señales Horizontales	10
C. Dispositivos para protección de obras	11

D.	Semáforos.....	11
E.	Dispositivos de seguridad	11
2.3.	Estudio de tránsito	11
2.3.1.	Volúmenes de Tránsito	11
2.3.1.1.	Volúmenes de Tránsito Promedio Diario (TPD).....	12
2.3.1.2.	Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).....	12
2.3.1.3.	Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)	12
2.3.2.	Estudio de velocidad	13
2.3.2.1.	Estudios de velocidad de punto.....	14
2.3.2.2.	Tamaño de la muestra para los estudios de velocidad de punto.	14
2.3.3.	Carreteras de dos carriles.....	15
2.3.3.1.	Niveles de servicio.....	16
2.3.3.2.	Metodología de análisis.....	18

CAPITULO III:ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1.	Estudio de accidentalidad.....	23
3.1.1.	Introducción.....	23
3.1.2.	Estudio de accidentalidad 2018 – 2022	24
3.1.3.	Distribución por accidente.....	28
3.1.4.	Identificación de puntos críticos de accidentes en estudio.....	30
3.1.5.	Magnitud del problema.....	32
3.1.6.	Introducción.....	34
3.1.7.	Identificación del tramo en estudio.....	34
3.1.8.	Descripción del trabajo de campo	34
3.1.9.	Clasificación funcional.....	35
3.1.10.	Uso del suelo	35

3.1.11.	Datos generales de la vía	36
3.1.12.	Características del terreno	36
3.1.13.	Calzada y hombro.....	37
3.1.14.	Derecho de vía.....	40
3.1.15.	Drenaje menor	43
3.1.16.	Alcantarillas	46
3.1.17.	Estructuras.....	48
3.1.18.	Señalización	49
3.1.18.1.	Señalización vertical.....	49
3.1.18.2.	Señalización horizontal	53
3.1.19.	Defensa metálica	55
3.2.	Estudio de tránsito	57
3.2.1.	Introducción.....	57
3.2.2.	Puntos de aforo vehicular.....	57
3.2.3.	Descripción del trabajo desarrollado en campo sobre el aforo vehicular.....	59
3.3.	Estudio de accidentalidad.....	77
3.3.1.	Introducción.....	77
3.3.2.	Puntos de prueba para el estudio de velocidad	77
3.3.3.	Descripción del trabajo desarrollado en campo sobre el estudio de velocidad.....	79
3.3.4.	Selección de muestra para realizar el estudio de velocidad.....	79
3.4.	Nivel de servicio.....	83
3.4.1.	Análisis en la estación 27+000.....	83
3.5.	Propuesta técnica	86
3.5.1.	Introducción.....	86

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Índice de figura

Figura 1. Macro localización del municipio de Nindirí, departamento de Masaya.....	2
Figura 2. Micro localización del tramo Rotonda INTA a Nindirí estación 27+000 a la estación 34+000	3
Figura 3. Sección transversal de una carretera	9
Figura 4. Cantidad de accidentes por año del tramo de carretera rotonda INTA a Nindirí de la estación 27+000 a la estación 34+000, Departamento de Masaya.....	25
Figura 5. Causas de accidente por años	27
Figura 6. Accidentes por día de los años 2021 a 2022	28
Figura 7. Accidentes por hora de los años 2021 a 2022.....	29
Figura 8. Puntos críticos de los últimos años (2021 – 2022).....	31
Figura 9. Cuneta medianamente azolvada, banda izquierda, estación 27+000.....	43
Figura 10. Sección transversal de cuneta triangular, banda izquierda, estación 27+000.....	44
Figura 11. Canal trapezoidal medianamente azolvado, banda derecha, estación 27+660 – 28+000	45
Figura 12. Sección transversal de canal trapezoidal en ambas bandas, estación 28+300.....	45
Figura 13. Alcantarilla doble, banda derecha, estación 33+150	46
Figura 14. Sección transversal de alcantarilla sencilla, banda izquierda, estación 27+190.....	47
Figura 15. Caja puente, banda derecha, estación 31+750	48
Figura 16. Señal vertical ALTO, banda derecha, estación 33+210.....	52
Figura 17. Señal horizontal, cruce peatonal, estación 28+100	54

Figura 18.	Defensa metálica, banda derecha, estación 27+600	56
Figura 19.	Puntos de aforo vehicular	58
Figura 20.	Composición de tránsito diurno semanal en la estación 27+000	61
Figura 21.	Composición de tránsito diurno semanal en la estación 30+700	63
Figura 22.	Composición de tránsito diurno semanal en la estación 33+250	65
Figura 23.	Composición de tránsito diurno semanal en la estación 33+470	67
Figura 24.	Composición de tránsito diurno semanal en la estación 34+000	69
Figura 25.	Puntos del estudio de velocidad	78
Figura 26.	Velocidad promedio en la estación 27+000 – 27+080	80
Figura 27.	Velocidad promedio de la estación 28+000 – 28+080	81
Figura 28.	Velocidad promedio en la estación 32+000 – 32+080	81
Figura 29.	Velocidad promedio en la estación 32+920 – 33+000	82
Figura 30.	Señal vertical, CRUZ NEGRA DESPACIO 45 KPH, banda izquierda, estación 30+840	I
Figura 31.	Señal vertical, CEDA EL PASO, banda derecha, estación 33+228 ...	I
Figura 32.	Señal vertical, NO ADELANTAR, banda izquierda, estación 28+700	II
Figura 33.	Señal horizontal, Línea doble combinada, estación 27+000 – 27+100.....	II
Figura 34.	Señal horizontal, Línea sencilla, estación 27+100 – 27+412	III
Figura 35.	Señal horizontal, Flechas direccionales, estación 30+520	III
Figura 36.	Tipología vehicular	IV

Índice de tabla

Tabla 1. Valores de la constante “Z”	15
Tabla 2. Niveles de servicio para carreteras de dos carriles Clase I, Clase II y Clase III.....	16
Tabla 3. Accidentes por año por tipo de vehículos	24
Tabla 4. Clasificación por causa de accidentes	26
Tabla 5. Clasificación por tipología de los accidentes.....	27
Tabla 6. Tramos con mayor concentración de accidentes en los últimos años 30	
Tabla 7. Sección transversal.....	37
Tabla 8. Derecho de vía.....	40
Tabla 9. Drenaje cuneta.....	43
Tabla 10. Canal	44
Tabla 11. Alcantarillas	46
Tabla 12. Caja puente	48
Tabla 13. Características del estado de las señales verticales.....	49
Tabla 14. Señalización vertical actual.....	50
Tabla 15. Señalización horizontal actual: línea sencilla, continua y doble combinada.....	53
Tabla 16. Señalización horizontal actual: flechas direccionales y cruce peatonal.....	54
Tabla 17. Defensa metálica	55
Tabla 18. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 27+000.....	60
Tabla 19. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 30+700.....	62
Tabla 20. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 33+250.....	64
Tabla 21. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 33+470.....	66
Tabla 22. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 34+000.....	68

Tabla 23. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 27+000, el día viernes 19 de enero de 2024	71
Tabla 24. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 30+700, el día martes 23 de enero de 2024.....	72
Tabla 25. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 33+250, el día miércoles 23 de enero de 2024	73
Tabla 26. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 33+470, el día viernes 19 de enero de 2024	74
Tabla 27. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 34+000, el día sábado 20 de enero de 2024	75
Tabla 28. Factores horarios de máxima demanda en cada punto de aforo vehicular.....	76
Tabla 29. Propuesta técnica de señalización vial	87
Tabla 30. Factor de ajuste $f_{g,ATS}$ para determinar la velocidad sobre segmentos de dos vías y direccionales	IX
Tabla 31. Factor de ajuste $f_{g,ATS}$ para determinar la velocidad sobre segmentos de dos vías y direccionales	IX
Tabla 32. Equivalente del número de vehículos por camión y vehículo recreacional para determinar la velocidad en segmentos de dos vías y direccional.....	IX
Tabla 33. Equivalente del número de vehículos por camión y vehículo recreacional para determinar la velocidad en segmentos de dos vías y direccional.....	X
Tabla 34. Ajuste $f_{np,ATS}$ para la velocidad promedio de viaje debido al porcentaje.....	X

CAPITULO I: PRELIMINARES



1.1. Introducción

La seguridad vial, en la actualidad es un tema de suma importancia en todos los países desarrollados, ya que los accidentes de tránsito representan un problema de salud pública a nivel mundial, ocasionando un sinnúmero de pérdidas de vidas humanas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, Who, 2017) cada año mueren alrededor de 1,3 millones de personas, y más de 50 millones resultan lesionados, cifras que se van en aumento anualmente.

Es muy importante y fundamental garantizar la seguridad a los ciudadanos con el buen funcionamiento de los conductores conociendo la educación vial, cumpliendo los reglamentos y leyes establecidos. para referirse a todo el conjunto de medidas y disposiciones que existen en torno a la circulación de personas y automóviles por las vías, que tiene la clara misión de prevenir accidentes de tránsito. Para cumplir con esta gran tarea se encuentran involucrados diferentes instituciones entre esta la Policía Nacional, que cuenta con los Departamentos de Prevención y Seguridad Vial e Ingeniería de Tránsito.

El presente trabajo monográfico presentará la realización de un estudio el cual consistirá en el análisis de seguridad vial en la carretera hacia Masaya, en el tramo de carretera de la estación 27+000 a la estación 34+000 en el municipio de Nindirí, el tramo en estudio tiene una longitud de 7 kilómetros (figura 1 - 2, pág. 1 – 2). El propósito de la investigación, aplica los criterios de la Ingeniería de Tránsito para poder determinar las afectaciones y las posibles soluciones que se pueden implementar, clasificación de los tipos de accidentes que ocurren en la misma y deterioro de los elementos que componen la vía para poder garantizar la seguridad en la carretera.

1.2. Descripción del área de estudio

Nindirí es un municipio del departamento de Masaya de la República de Nicaragua, fundado el 23 de agosto de 1995, posee una extensión territorial de 142.9 kilómetro cuadrado con una altitud media de 223 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con los municipios de Managua y Tipitapa, al sur con los municipios de Masatepe y La Concepción, al este con el municipio de Masaya y al oeste con el municipio de Ticuantepe.

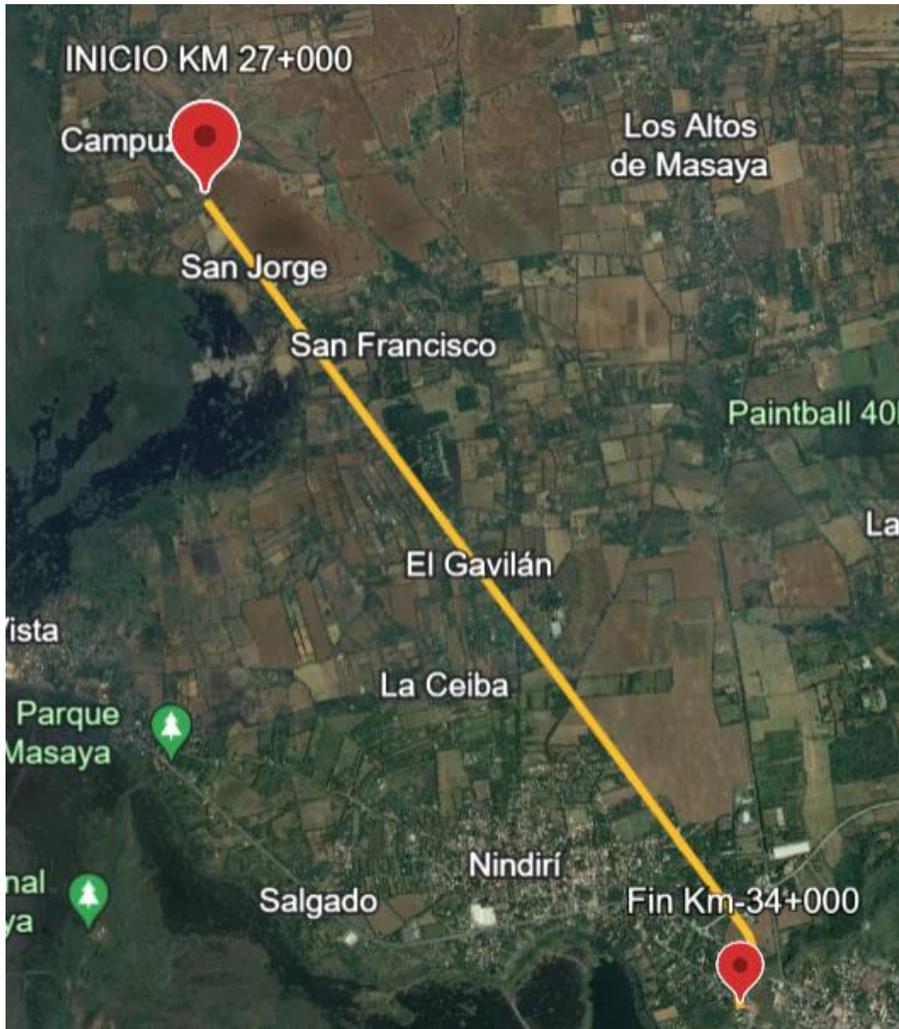
Figura 1. Macro localización del municipio de Nindirí, departamento de Masaya



Fuente: Google chrome

https://telcor.gob.ni/?da_image=masaya

Figura 2. Micro localización del tramo Rotonda INTA a Nindirí estación 27+000 a la estación 34+000



Fuente: Google earth

https://earth.google.com/web/search/Tortuguero/@12.02392271,-86.11325637,202.36011478a,17790.98879885d,35y,9.40842975h,0.6181499t,0r/data=CigiJgokCe6t5XluAShAEXSQc3xf_idAGbEMK_uAhIXAIYYgdRMh1XAMikKJwolCiExa0VsMFipRTUwcGZfNGFGbGthbGU5MThiSIVQX1FUX3ogAToDCgEw

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- ❖ Elaborar un estudio de seguridad vial del tramo de carretera “Rotonda INTA a Nindirí” de la estación 27+000 a la estación 34+000, departamento de Masaya.

1.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Analizar las causas y efectos de incidencia por medio de datos estadísticos de accidentalidad proporcionados por el Departamento de Tránsito de la Policía Nacional en el tramo.
- ❖ Realizar un inventario vial detallado permitiendo el diagnóstico de los elementos de la vía y su señalización dando una perspectiva real y actual del estado de los componentes del tramo de la carretera en estudio.
- ❖ Efectuar un aforo vehicular que permita el cálculo de volúmenes de circulación, tipología vehicular y nivel de servicio del tramo de estudio.
- ❖ Elaborar un estudio de velocidad que permita conocer la velocidad de punto en diferente sección transversal del tramo en estudio y compararlo con la velocidad de diseño para determinar si los vehículos cumplen con los límites de velocidad establecidos.
- ❖ Proponer medidas de seguridad vial de acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios que permita mejorar la funcionalidad en el tramo de estudio.

1.4. Justificación

Este proyecto está orientado a comprender la importancia que en la vida cotidiana tiene el reconocimiento y el respeto por las normas viales. Por ende, hablar de cultura vial es referirnos a la manera que las personas se relacionan en la vía, es decir la interacción de sus acciones cuando transitan en las calles o aceras, entre conductores y peatones. Cada individuo tiene la responsabilidad de tener el conocimiento adecuado de las leyes y normas viales, de esta manera se puede fomentar el respeto y convivencia y poder reducir la falta de control de las vías y los accidentes de tránsito.

En el debido proyecto se quiere contribuir de manera objetiva a verificar el estado de la carretera y la fluidez de los usuarios día a día para que sea una vía de acceso segura, debido a que esta vía conecta con la carretera principal hacia carretera Masaya donde hay escuelas en el sector urbano. Como ingenieros civiles somos responsables de que toda obra, proyecto o estudio siempre prevalezca la seguridad de las personas. Por tal razón este trabajo monográfico va a servir para mejorar la circulación vial y reducir los accidentes de tránsito, porque una buena carretera no solo depende la estructura que fue edificada si no de la seguridad que esta misma brinde.

Con este estudio se pretende brindar una solución viable a la problemática actual con la que se pueden ver afectados a diario los usuarios que circulan en el tramo de carretera Rotonda INTA a Nindirí, carretera hacia Masaya. Analizando puntos críticos de la zona y carencias, así como también el estado físico actual de la carretera que juegan un papel importante para la posible prevención de los accidentes de tránsito, en términos de seguridad vial para plantear alternativas de soluciones factibles desde el punto de vista ingenieril, técnicamente brindar condiciones más seguras y eficiente para todos los usuarios como es también la condición de iluminación en estas carreteras que dificulta la visualización a los usuarios conductores al momento de transitar sobre la vía.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

	<p>Ministerio de Transporte e Infraestructura</p>			<p>Cal y Mayor. Ingeniería de Tránsito</p>		<p>Red Vial de Nicaragua 2020</p>
	<p>Departamento de Tránsito de la Policía Nacional</p>	<p>Instituto Nacional de Información de Desarrollo</p>		<p>Anuario de Aforos de Tráfico 2022</p>		<p>Ley NO - 431</p>
	<p>Fondo de Mantenimiento Vial</p>			<p>SIECA 2000- 2014 (Control del Tránsito)</p>		<p>SIECA 2010- 2011 (Gestión de Riesgo y Seguridad Vial)</p>
	<p>Instituto Regulador de Transporte del Municipio de Managua</p>					

2.1. Accidentalidad vial

Se entiende la accidentalidad vial como una ciencia básica y necesaria para mejorar la seguridad vial, dado que es el primer nivel de estudio sobre la génesis, el desarrollo y los efectos de esos fenómenos físicos complejos y heterogéneos que son los accidentes de tráfico. Por lo tanto, es importante para la sociedad que la accidentalidad vial se practique correctamente, con libertad e independencia, tanto en el ámbito público como en el privado, dado que es necesario saber la verdad sobre lo que es y sucede en los accidentes de tráfico, porque sin ella es imposible desarrollar eficazmente la seguridad vial (OIAV, 2019).

2.1.1. Clasificación de los accidentes en Nicaragua

En Nicaragua se establecen las infracciones de accidentes de tránsito por medio de la ley dictada del consejo Nacional de Seguridad Vial por medio de la ley No 431, artículo 45; capítulo VII de la seguridad vial, la tipología de accidente se clasifica de la siguiente manera:

- Colisión entre vehículos.
- Atropello a peatón.
- Colisión con semoviente.

2.1.2. Causas por accidentes de tránsito

- Invasión de carril.
- No guardar distancia.
- Desatender señales de tránsito.
- Interceptar el paso.
- Giros indebidos.
- Aventajar en línea continua amarilla.
- Imprudencia peatonal.
- Semoviente en la vía.
- Desperfecto mecánico.
- Aventajar por la vía derecha.
- Obstrucción a la libre circulación.

- Distracción en el manejo.

2.1.3. Tramos críticos de accidentes de tránsito

Los llamados tramos críticos de accidentes de tránsito son ubicaciones en una red vial donde la frecuencia de incidentes de tráfico es significativamente alta. Por lo general es difícil para los agentes de tránsito dar una ubicación exacta al momento de llenar el informe de accidentes, además las probabilidades de que se mantenga una localización exacta de los accidentes son baja o casi inexistente, por ello el uso del término tramos críticos.

2.1.4. Magnitud del problema

Al relacionar los saldos en muertos y heridos, proporcionalmente con la población, con los vehículos, o con el kilometraje recorridos, se dispondrá de cifras o índices que permitirán hacer comparaciones acerca del comportamiento de la accidentalidad. Estas darán la escala para juzgar la magnitud del problema. Esta comparación puede hacerse entre ciudades, entidades políticas, tramos de carreteras, países, o bien un sistema o red vial a través del tiempo. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019), pág. 576 – 577, sección 15.2.2.

Para estas relaciones, los indicadores más utilizados son los siguientes:

- Índices con respecto a la población (P)

Los índices son el de accidentalidad (# de accidentes), el de morbilidad (# de heridos) y el de mortalidad (# de muertos), con respecto al número de habitantes (# de habitantes) en el año de que se trate, por cada 100,000 habitantes. Matemáticamente se expresa como:

Índice de accidentalidad: $I_{A/P}$

$$I_{A/P} = \frac{(\# \text{de accidentes en el año})(100,000)}{(\# \text{de habitantes})} \quad (1)$$

Índica el número de accidentes en el año por cada 100,000 habitantes. Es útil para comparar ciudades, entidades políticas o sistemas de carreteras y calles, semejantes en la base económica.

Índice de accidentalidad: $I_{\text{morb/P}}$

$$I_{\text{morb/P}} = \frac{(\# \text{de heridos en el año})(100,000)}{(\# \text{de habitantes})} \quad (2)$$

Índice de accidentalidad: $I_{\text{mort/P}}$

$$I_{\text{mort/P}} = \frac{(\# \text{de muertos en el año})(100,000)}{(\# \text{de habitantes})} \quad (3)$$

2.2. Inventario vial

El inventario de infraestructura vial se emplea para conocer las condiciones de operabilidad y funcionalidad de una vía, a partir de una descripción detallada de sus condiciones físicas, geométricas y de diseño; la forma más usual de elaborar este inventario es a través de una inspección visual, que consiste en hacer un reconocimiento a lo largo del sector o tramo objeto de estudio, para cuantificar y calificar sus condiciones (M.C. Jimenez Fonseca, 2007).

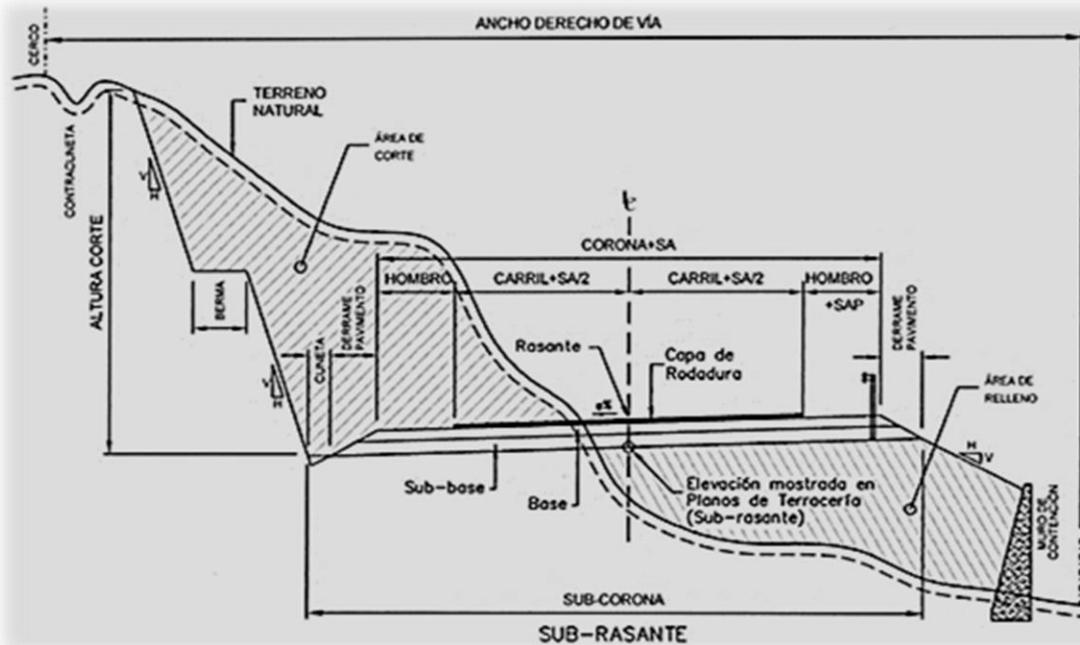
2.2.1. Elementos de la sección transversal

La Sección Transversal de una carretera o calle en área urbana, muestra sus características geométricas, según un plano normal vertical a la superficie que contiene el eje de la carretera o calle (SIECA, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, 2011), pág. 137, capítulo 4.

- Plataforma o corona.
- Sub-corona o Sub-rasante.
- Bordillos.
- Bahías para Autobuses y Áreas de Estacionamiento.
- Las Calles Marginales o Frontales.
- Acondicionamientos.
- Barreras de Tránsito.
- Ciclovías.
- Retornos.
- Acceso a Propiedades.

- Cajas puentes.
- Defensas metálicas.
- Alcantarilla.

Figura 3. Sección transversal de una carretera



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de carretera con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad vial, pág. 137, Capítulo IV, figura 4.1.(a).

2.2.2. Clasificación de la red vial

De acuerdo a la clasificación propuesta por la firma consultora Wilbur Smith Asociados y Cisneros y Conrado (1976) esta es la siguiente:

A. Según tipo de construcción en la vía

- ❖ Carreteras pavimentadas.
- ❖ Caminos revestidos.
- ❖ Caminos de todo tiempo.
- ❖ Caminos de estación seca.

B. Según su función

- ❖ Troncal principal.
- ❖ Troncal secundaria.
- ❖ Colectora principal.
- ❖ Colectora secundaria.
- ❖ Caminos vecinales.

C. Administrativa

- ❖ Nacionales de primera clase.
- ❖ Nacionales de segunda clase.
- ❖ Departamentales de primera clase.
- ❖ Departamentales de segunda clase.
- ❖ Caminos vecinales.

2.2.3. Clasificación de los dispositivos de control

Se denominan dispositivos para el control del tránsito a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas y de acuerdo a (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019) estos se clasifican en:

A. Señales Verticales

- Preventivas (SP).
- Restrictivas (SR).
- Informativas (SI).
- Turísticas y de servicios (STS).
- Señales diversas (OD).

B. Señales Horizontales

- Rayas.
- Marcas.
- Botones.

C. Dispositivos para protección de obras

- Barreras levadizas.
- Barreras fijas.
- Conos.
- Tambos.
- Dispositivos luminosos.
- Señales manuales.

D. Semáforos

- Semáforos no accionados por el tránsito (de tiempo fijo).
- Semáforos accionados por el tránsito.
- Semáforos para pasos peatonales.
- Semáforos especiales.

E. Dispositivos de seguridad

- Barreras de protección.
- Alertadores de salida de la vialidad.

2.3. Estudio de tránsito

Un estudio de tránsito tiene como finalidad analizar la movilidad en una zona determinada, contemplando de manera coordinada los diferentes elementos que la componen y simulando la interacción de los nuevos proyectos viales con la red proyectada o existente, realizando un diagnóstico que proporcione soluciones ajustadas a cada proyecto con el fin de obtener una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente (Moreno, 2016).

2.3.1. Volúmenes de Tránsito

Se define volumen de tránsito como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado y estos según (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019), pág.182, capítulo 08, son:

2.3.1.1. Volúmenes de Tránsito Promedio Diario (TPD)

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019), pág. 184, sección 8.2.3.

De acuerdo al número de días del periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por hora:

2.3.1.2. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019), pág. 185, sección 8.2.4.

2.3.1.3. Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo, (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019) , pág. 192 – 193, sección 8.4.2.

En cualquiera de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda VHMD, y el volumen máximo Q_{tmax} , que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{tmax})} \quad (4)$$

Donde:

N = número de períodos durante la hora de máxima demanda

t = duración del período en minutos

Las duraciones (t) de los períodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{15max})} \quad (5)$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos en cada periodo durante toda la hora.

Valores bastante menores que la unidad indica concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. Matemáticamente, para periodos de 15 minutos, su mínimo valor es 0.25, indicando que el volumen máximo de la hora está concentrado en un solo periodo de 15 minutos, lo que representaría una situación anormal, provocada quizás por bloqueos de tránsito en los demás periodos.

2.3.2. Estudio de velocidad

Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h), (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019) , pág. 257, capítulo 9, sección 9.3.

Para el caso de una velocidad constante, esta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la formula:

$$V = \frac{d}{t} \quad (6)$$

Donde:

V = velocidad constante (kilómetros por hora)

d = distancia recorrida (kilómetros)

t = tiempo de recorrido (horas)

2.3.2.1. Estudios de velocidad de punto

Los estudios de velocidad de punto están diseñados para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del estado del tiempo en el momento de llevar a cabo el estudio (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019), pág. 274, sección 9.4.1.

2.3.2.2. Tamaño de la muestra para los estudios de velocidad de punto

La velocidad promedio calculada se utiliza para representar el valor medio verdadero para todas las velocidades de los vehículos que circulan en una determinada ubicación. Típicamente, la duración es por lo menos 1 hora y el tamaño de muestra es por lo menos de 30 vehículos. Esto se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$N = \left(\frac{Z\sigma}{d} \right)^2 \quad (7)$$

Donde:

N = tamaño de mínimo requerido de la muestra

Z = constante que depende del nivel de confianza deseado

σ = desviación estándar (km/h)

d = error admisible (km/h)

Tabla 1. Valores de la constante “Z”

Nivel de confianza (%)	Constante Z
68.3	1
86.6	1.50
90	1.64
95	1.96
95.5	2
98.8	2.50
99	2.58
99.7	3

Fuente: Texto Guía de Ingeniería de Tráfico, Capítulo 5, pág. 113.

2.3.3. Carreteras de dos carriles

Se define como una calzada que tiene un carril disponible para cada sentido de circulación. Los rebases a los vehículos lentos se efectúan en el carril del sentido opuesto, siempre y cuando lo permitan las condiciones físicas o geométricas de la carretera (suficiente distancia de visibilidad) y del tránsito (magnitud de los intervalos entre los vehículos del sentido opuesto). Esto significa que las características geométricas que restringen la distancia de visibilidad de rebase, también restringen en la capacidad, (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019) , pág. 439, capítulo 12, sección 12.6.

Las carreteras de dos carriles se clasifican en tres clases para el análisis:

- **Clase I:** son aquellas carreteras donde los conductores esperan viajar a velocidades altas. Generalmente son rutas interurbanas mayores, arterias primarias que conectan grandes de tráfico, o tramos de la red primaria de carretera nacionales; que sirven más a menudo de los viajes de larga distancia.
- **Clase II:** son aquellas carreteras donde los conductores no necesariamente esperan viajar a altas velocidades. Funcionan como rutas de acceso para las carreteras Clase I, no son arterias primarias y generalmente atraviesan terrenos escarpados. Usualmente prestan servicios a viajes relativamente cortos.

- **Clase III:** son aquellas carreteras que sirven áreas moderadamente desarrolladas. Pueden ser porciones de las carreteras de las clases I y II, que pasan por pequeñas poblaciones o áreas recreacionales. En tales segmentos el tránsito local se mezcla con el tránsito de paso y la densidad de puntos de acceso es mucho mayor que en aquellas áreas puramente rurales, limitando en gran manera la velocidad.

2.3.3.1. Niveles de servicio

Las medidas primarias del nivel de servicio para las carreteras de dos carriles Clase I, donde se espera una alta movilidad, son la velocidad media de viaje ATS y el porcentaje del tiempo consumido en seguimiento PTSF. Para las carreteras Clase II, donde la velocidad de viaje no es lo más importante, pero si la accesibilidad, el nivel de servicio se basa únicamente en el porcentaje del tiempo consumido en seguimiento PTSF. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019), pág. 440 - 450, sección 12.6.3.

Finalmente, para las carreteras Clase III, donde no se esperan altas velocidades y los rebases no son relevantes, por lo que los conductores viajan cerca a la velocidad límite, el nivel de servicio se basa en el porcentaje de la velocidad a flujo libre PFFS.

Tabla 2. Niveles de servicio para carreteras de dos carriles Clase I, Clase II y Clase III.

Nivel de servicio	Clase 1		Clase 2	Clase 3
	Velocidad media de viaje ATS (km/h)	% de tiempo consumido en seguimiento PTSF	% de tiempo consumido en seguimiento PTSFF	% de la velocidad a flujo libre PFFS
A	> 88	≤ 35	≤ 40	> 91.7
B	> 80 – 88	> 35 – 50	> 40 – 55	> 83.3 – 91.7
C	> 72 – 80	> 50 – 65	> 55 – 70	> 75 – 83.3
D	> 64 – 72	> 65 – 80	> 70 – 85	> 66.7 – 75
E	≤ 64	> 80	> 85	≤ 66.7

Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2010. Adaptada en unidades métricas

- Nivel de servicio A

En las carreteras de Clase I, los conductores experimentan altas velocidades y poca dificultad para rebasar, y es raro observar la formación grupos de tres o más vehículos. En las carreteras de la Clase II, las velocidades son controladas principalmente por las condiciones de la carretera, con pequeñas cantidades de grupos vehiculares. En las carreteras de Clase III, los conductores conservan velocidades de operación muy cercanas o iguales a la velocidad a flujo libre.

- Nivel de servicio B

La demanda por rebase es más significativa y se aproxima a la capacidad de rebase. Para las carreteras de Clase I y II, el número de grupos vehiculares se incrementan significativamente. En las carreteras Clase III, es difícil mantener la velocidad a flujo libre, aunque la reducción en velocidad es pequeña.

- Nivel de servicio C

Para las tres clases de carreteras, se tienen más incrementos en el flujo, lo que resulta en aumentos notables en la formación de grupos vehiculares, tamaño y frecuencia de zonas de no rebase, disminuyendo significativamente la capacidad de rebase y la velocidad.

- Nivel de servicio D

La formación de grupos vehiculares se incrementa notablemente. En las carreteras de Clases I y II, la demanda por rebase es alta y la capacidad de rebase se aproxima a cero. En las carreteras de Clase III, las velocidades ya son bastante menores que la velocidad a flujo libre.

- Nivel de servicio E

La demanda se aproxima a la capacidad. En las carreteras de Clase I y II, el rebase es prácticamente imposible y el porcentaje de tiempo consumido en seguimiento es mayor del 80%. En las carreteras de Clase III, la velocidad es

menor de los dos tercios de la velocidad a flujo libre. El volumen más alto que se puede alcanzar en este nivel de servicio, define la capacidad de la carretera.

- Nivel de servicio F

Este nivel ocurre cuando la demanda en un sentido o en ambos, excede la capacidad del segmento en cuestión. Las condiciones de operación son inestables, prestándose severa congestión en las tres clases de carreteras.

2.3.3.2. Metodología de análisis

Paso 1: Datos de entrada

Deberá disponerse de los datos geométricos, los volúmenes de demanda de tránsito, la clase de carretera a analizar (I, II o III), la velocidad medida en campo (SFM, si existe) o la velocidad a flujo libre base (BFFS) supuesta.

Paso 2: Estimación de la velocidad a flujo libre (FFS)

Un paso importante en la valoración del nivel de servicio de una carretera de dos carriles, es la determinación de la velocidad a flujo libre FFS. La velocidad a flujo libre FFS es una medida de la velocidad media del tránsito en condiciones de bajos volúmenes (hasta 200 vehículos livianos/h en ambos sentidos).

Para determinar la velocidad a flujo libre pueden utilizarse dos métodos: mediante la medición directa en campo o por estimación.

Medición directa en campo

La velocidad a flujo libre FFS puede determinarse directamente de un estudio de velocidad dirigido en campo, en una sección representativa del segmento de carretera evaluado, durante periodos de flujo de tránsito bajo (hasta 200 vehículos livianos/h en ambos sentidos), tomando una muestra aleatoria representativa de al menos 100 vehículos en cada uno de los sentidos.

Si la medición en campo se realiza cuando los vehículos bidireccionales son mayores a 200 vehículos livianos/h, deberá efectuarse un ajuste al volumen y

calcularse la velocidad a flujo libre, con rebase en los datos de campo, mediante la siguiente expresión:

$$FFS = S_{FM} + 0.0124 \left(\frac{v}{f_{HV,ATS}} \right) \quad (8)$$

Donde:

FFS = velocidad a flujo libre estimado (km/h)

S_{FM} = velocidad media del tránsito medida en campo (km/h), cuando $v > 200$ vehículos/hora/ambos sentidos

v = tasa de flujo observado, durante el período cuando fueron obtenidos los datos de campo (vehículos/hora/ambos sentidos)

$f_{HV,ATS}$ = factor de ajuste por presencia de vehículos pesados, el calculo de la velocidad media de viaje ATS

Paso 3: Ajuste al volumen demanda en la estimación de la velocidad media de viaje (ATS)

Este paso se aplica a las carreteras de las clases I y III, puesto que los niveles de servicio tienen como indicador de efectividad la velocidad media de viaje ATS. Como las carreteras de la Clase II no se basan en esta velocidad, este paso para ella deberá omitirse.

El volumen de demanda en ambos sentidos (en el sentido de análisis y en el sentido opuesto), deberá convertirse a tasa de flujo condiciones base equivalentes, mediante la siguiente ecuación:

$$V_{i,ATS} = \frac{v_i}{FHMD(f_{g,ATS})(f_{HV,ATS})} \quad (9)$$

Donde:

$V_{i,ATS}$ = tasa de flujo de demanda i (vehículos livianos/hora/sentido), en la estimación de la velocidad media de viaje ATS

i = significa: $i=d$ (sentido de análisis), $i=o$ (sentido opuesto)

v_i = volumen de demanda en el sentido de análisis i (vehículos ixto/hora/sentido)

FHMD = factor de hora de máxima demanda

$f_{g,ATS}$ = factor de ajuste por tipo de terreno y pendiente (anexo pág. IX, tabla 30 y tabla 31)

$f_{HV,ATS}$ = factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

El factor de ajuste por tipo de terreno y pendientes $f_{g,ATS}$ considera el efecto del terreno en las velocidades de viaje, aun cuando ningún vehículo pesado este presente.

El factor de ajuste por presencia de vehículos pesados, se calcula con la siguiente expresión:

$$f_{HV,ATS} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (10)$$

Donde:

$f_{HV,ATS}$ = factor de ajuste por efecto de vehículos pesados, en la estimación de la velocidad media de viaje ATS

P_T = porcentaje de vehículos pesados (camiones y autobuses)

E_T = automóviles equivalentes a un vehículo pesado (anexo pág. IX – X, tabla 32, para tramos extensos y tabla 33, para pendientes específicas)

P_R = porcentaje de vehículos recreativos

E_R = automóviles equivalentes a un vehículo recreativo (anexo pág. IX – X, tabla 32, para tramos extensos y tabla 33, para pendientes específicas)

Paso 4: Estimación de la velocidad media de viaje (ATS)

Como se menciona en el paso anterior, la velocidad media de viaje solo se aplica a las carreteras de la Clase I y III. Por lo tanto, para las carreteras de Clase II, este paso deberá omitirse. La velocidad media de viaje se estima a partir de la velocidad a flujo libre, la tasa de flujo de demanda en la dirección analizada, la

tasa de flujo de demanda opuesta y un factor de ajuste por el porcentaje de zonas de no rebase en el sentido de análisis, mediante la siguiente ecuación:

$$ATS_d = FFS - 0.0124(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS} \quad (11)$$

Donde:

ATS_d = velocidad media de viaje en la dirección analizada (km/h)

FFS = velocidad a flujo libre (km/h)

$v_{d,ATS}$ = tasa de flujo de demanda equivalente en la dirección analizada (vehículos livianos/hora/sentido), en la estimación de la velocidad media de viaje ATS

$v_{o,ATS}$ = tasa de flujo de demanda equivalente en la dirección opuesta (vehículos livianos/hora/sentido), en la estimación de la velocidad media de viaje ATS

$f_{np,ATS}$ = ajuste por porcentajes de zonas de no rebase en la dirección analizada (anexo pág. X, tabla 34), en la estimación de la velocidad media de viaje ATS

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

Este paso se incluye solamente para carreteras de la Clase III. A esta altura del análisis, con los pasos anteriores, se conoce la velocidad a flujo libre FFS y la velocidad media de viaje en la dirección analizada ATS_d . Por lo tanto, el porcentaje de la velocidad a flujo libre PFFS, se calcula como:

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS} \quad (12)$$

Paso 8: Determinación del nivel de servicio y la capacidad

Determinación del nivel de servicio

En este momento, los valores de todas las medidas de efectividad han sido determinados. El nivel de servicio se encuentra, comparando las medidas de efectividad de la carretera analizada, con las dadas en la tabla 2. Como las carreteras Clase I, tienen dos medidas de servicio, la peor de las dos indica el nivel de servicio prevaleciente.

Determinación de la capacidad

Bajo condiciones base equivalentes, la capacidad en una dirección, de una carretera de dos carriles es 1,700 vehículos livianos/h/sentido.

La capacidad bajo condiciones prevalecientes, expresada como tasa de flujo horaria, se calcula mediante las dos ecuaciones siguientes:

$$c_{d,ATS} = 1,700(f_{g,ATS})(f_{HV,ATS}) \quad (13)$$

Donde:

$c_{d,ATS}$ = capacidad en la dirección de análisis bajo condiciones prevalecientes (vehículos mixtos/hora/sentido), con base en la velocidad media de viaje ATS

Para las carreteras de la Clase I, ambas capacidades deberán ser calculadas, el menor valor representa la capacidad. Para las carreteras de la Clase II, solamente se calcula la capacidad con base en el porcentaje de tiempo empleado PTSF. Y para las carreteras de Clase III, solamente se calcula la capacidad base en la velocidad media de viaje ATS.

CAPITULO III: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



3.1. Estudio de accidentalidad

3.1.1. Introducción

Los accidentes de tránsito en Nicaragua son considerados el principal problema, debido a la demanda de resultados lamentables, pérdidas humanas, heridos y grandes pérdidas económicas. Un estudio de accidentalidad se realiza para recopilar datos con el propósito de comprender los accidentes en un determinado contexto, relacionando el factor humano, seguridad vial y tráfico vehicular en la vía.

En este apartado su principal objetivo es demostrar un análisis a detalle de la situación actual haciendo uso de los datos estadísticos de accidentes registrados, en un lapso de tiempo de cinco años. Proporcionados por el Departamento de Tránsito de la Policía Nacional en el tramo de carretera rotonda INTA a Nindirí de la estación 27+000 a la estación 34+000, departamento de Masaya.

Para poder lograr este objetivo es necesario identificar los factores principales de riesgo que inciden en un accidente de tránsito, para esto es de gran relevancia la información que se pueda requerir como es la ubicación exacta, la causa, con qué frecuencia, condiciones climáticas, pero una de las más importantes es el factor humano para poder comprender el comportamiento de los conductores y proponer recomendaciones concretas en la seguridad vial.

Se determina como puntos críticos aquellos lugares donde se registran accidentes no menos de 5 en un lapso de tiempo de 12 meses, lo que llevaba a cabo combinar datos estadísticos especialmente en las zonas críticas encontradas en la vía, para establecer las causas y el cumplimiento de las Normativas de Tránsito como se estipulas en la Ley No. 431 de la República de Nicaragua.

Asimismo, es crucial destacar que para poder mitigar el riesgo es necesario mejoras destinadas a la infraestructura vial, se puede recalcar que la carretera tiene cuatro años de haberse construido, como iluminación en la señales horizontales e iluminación en la vía.

3.1.2. Estudio de accidentalidad 2018 – 2022

Para la elaboración de este ítem fue necesario el apoyo de la Policía de Tránsito Nacional brindando datos estadísticos recopilados para obtener el análisis de accidentalidad en el tramo de estudio, con los datos obtenidos se identificó el Departamento y municipio para la ejecución de este estudio.

Una vez identificado los accidentes que nos brindó el Departamento de Tránsito de la Policía Nacional, se elaboró un análisis en un periodo de 5 años con el fin de identificar tipos de accidentes, puntos críticos y factores que inciden en la seguridad vial.

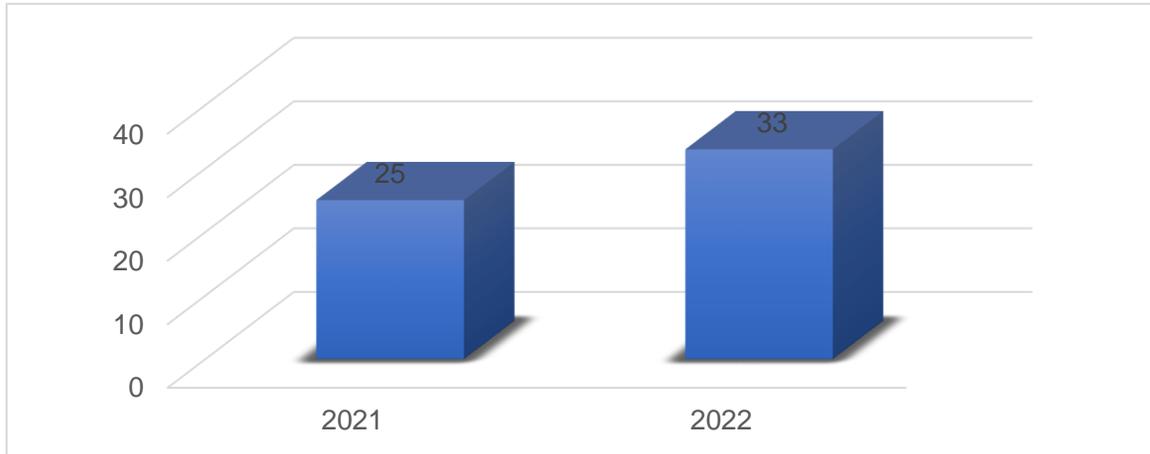
A continuación, en la siguiente tabla y figura se muestra lo descrito anteriormente/

Tabla 3. Accidentes por año por tipo de vehículos

Tipo de vehículo	2021	2022	Total de vehículo por clase
Motocicleta	9	15	24
Camión	2	2	4
Automóvil	7	11	18
Camioneta	3	1	4
Bicicleta	0	1	1
Cabecal	1	1	2
Carreta	0	1	1
Microbús	1	1	2
Autobús	1	0	1
Triciclo	1	0	1
Total	25	33	58

Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 4. Cantidad de accidentes por año del tramo de carretera rotonda INTA a Nindirí de la estación 27+000 a la estación 34+000, Departamento de Masaya



Fuente: Elaborado por sustentantes

Una vez realizado los estudios el análisis de datos nos muestra como resultado la siguiente información:

Mediante el análisis la tabla 3, muestra la categorización de tipo de vehículos que se ven involucrados en los accidentes de tránsito durante los últimos dos años. Los datos que están evidenciados muestran que entre el año 2021 las motocicletas mantienen una incidencia relativa con respecto a los automóviles no obstante en el año 2022 se muestra un incremento notable para ambos automotores, debido a la falta de educación vial de los conductores, como se mostrará en el siguiente ítem de causas de accidentes.

Como se muestra en la figura 4, en un lapso de dos años 2021 – 2022, ocurrieron 58 accidentes de tránsito del cual se registraron 25 accidentes en el año 2021, para el año 2022, hubo un incremento notable con 33 accidentes de tránsito, menos que en el 2021, esto muestra que los accidentes ascienden cada vez más a futuro con respecto al último año.

Como se logró mostrar anteriormente se hace énfasis en el análisis de los últimos 2 años, como muestra la figura 4, no hay datos de accidentalidad a causa de que

la carretera en ese lapso del tiempo se encontraba en mal estado según el Ministerio de Transporte e Infraestructura a lo largo del año 2018 – 2019 y para los conductores no era muy apropiada más que solo para los pobladores de las cercanías que se movilizaban en bicicleta, motocicleta, carretas, entre otros.

Según el MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura) en la Red Vial de Nicaragua 2018, (pág. 335), biblioteca virtual en su mapas registrados por departamento y municipio se encontró como un tramo de un tipo de superficie de pavimento semi-rígido (adoquinado) hasta ese año, cabe recalcar que parte de la carretera se identificó como camino todo tiempo, por ende, no había acceso en la intersección de la estación 33+250, por esto la carretera quedaba como colectoras secundaria en su clasificación funcional y no encontraba completamente habilitada.

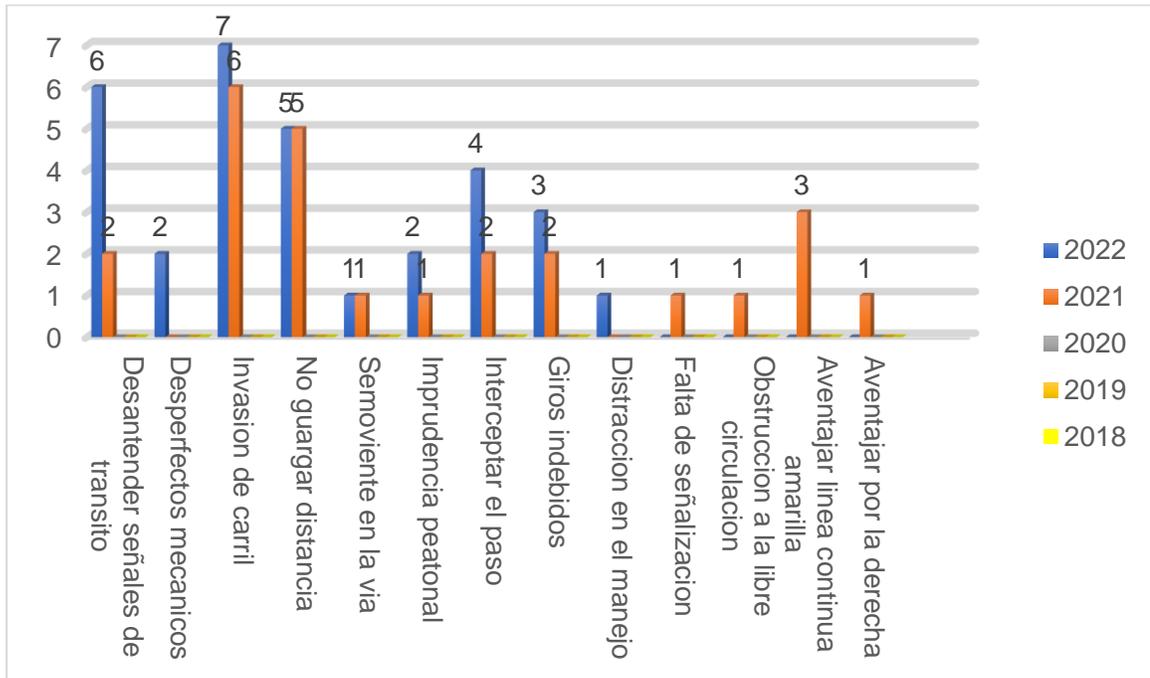
Fue hasta el año 2020 aun sin tener una fecha específica se encontró registrado en la Red Vial de Nicaragua 2020, (pág. 307), que la carretera fue completamente una carretera asfaltada según su tipo de superficie, a pesar de que la vía se encontraba en un excelente estado se clasificó como una carretera troncal secundaria según su clasificación funcional.

Tabla 4. Clasificación por causa de accidentes

Causas de accidentes	2021	2022	Total
Desentender señales de tránsito	2	6	8
Desperfectos mecánicos	0	2	2
Invasión de carril	6	7	13
No guardar distancia	5	5	10
Semoviente en la vía	1	1	2
Imprudencia peatonal	1	2	3
Interceptar el paso	2	4	6
Giros indebidos	2	3	5
Distracción en el manejo	0	1	1
Falta de señalización	1	0	1
Obstrucción a la libre circulación	1	0	1
Aventajar línea continua amarilla	3	0	3
Aventajar por la derecha	1	0	1

Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 5. Causas de accidente por años



Fuente: Elaborado por sustentantes

A lo largo de los dos años (2020 – 2021) diversas causas de accidentes de tráfico ocurrieron en la vía, la invasión de carril prevalece como una de las más alta con 13 causas provocadas por el factor humano y la falta del debido cuidado, datos registrados por el departamento de tránsito brindan que la causante de estos son los motociclistas al presentar ellos que una motocicleta tiene preferencias especiales, esto se debe a la imprudencia de conducir alterado y no tener educación vial.

En cuanto a las demás causas desatender señales de tránsito y no guardar la distancia son las que no disminuyen ni aumentan durante esos dos años.

Tabla 5. Clasificación por tipología de los accidentes

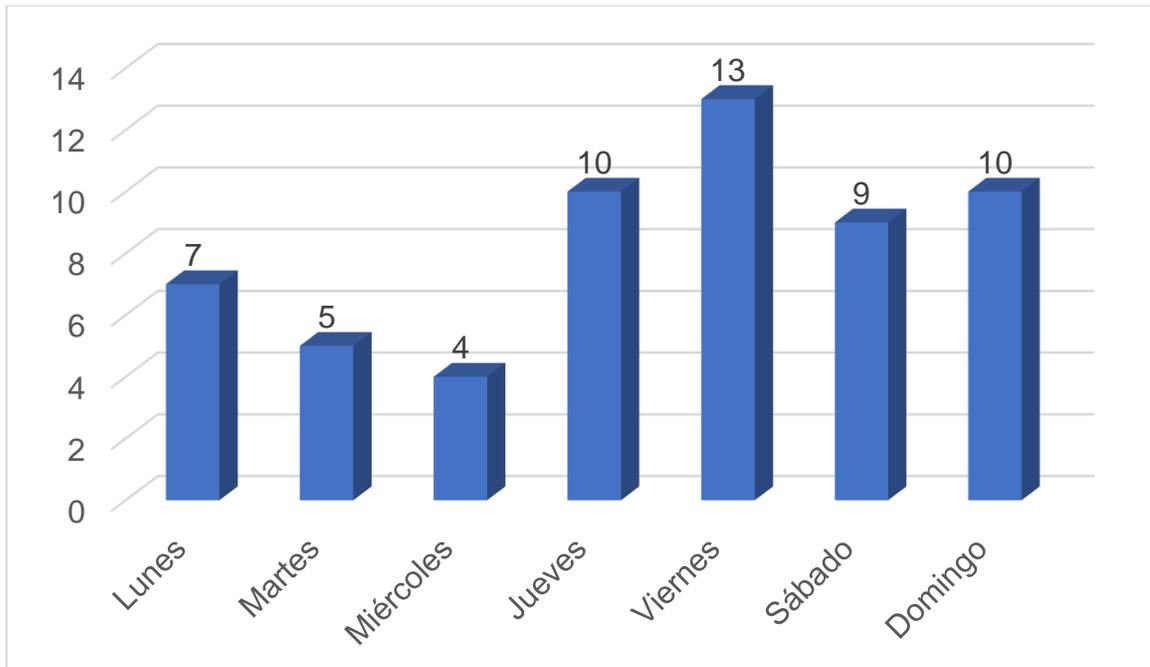
Tipología de accidentes	2021	2022	Total
Colisión entre vehículos	24	31	55
Atropello	1	2	3
Colisión con semoviente	1	1	2

Fuente: Elaborado por sustentantes

Como se observa en la tabla 5, la colisión entre vehículos es la más vulnerable, para un total de 55 de accidentes, 3 atropello al peatón y 2 accidentes con semoviente, siendo los menos vulnerables la colisión por semoviente y atropello al peatón debido a que en la vía se tiene debidamente señalizado donde se cruza un semoviente, teniendo en cuenta que el tramo de estudio es una zona con población cercana donde no es una carretera principal para viajar continuamente a una velocidad mayor a lo estipulado.

3.1.3. Distribución por accidente

Figura 6. Accidentes por día de los años 2021 a 2022



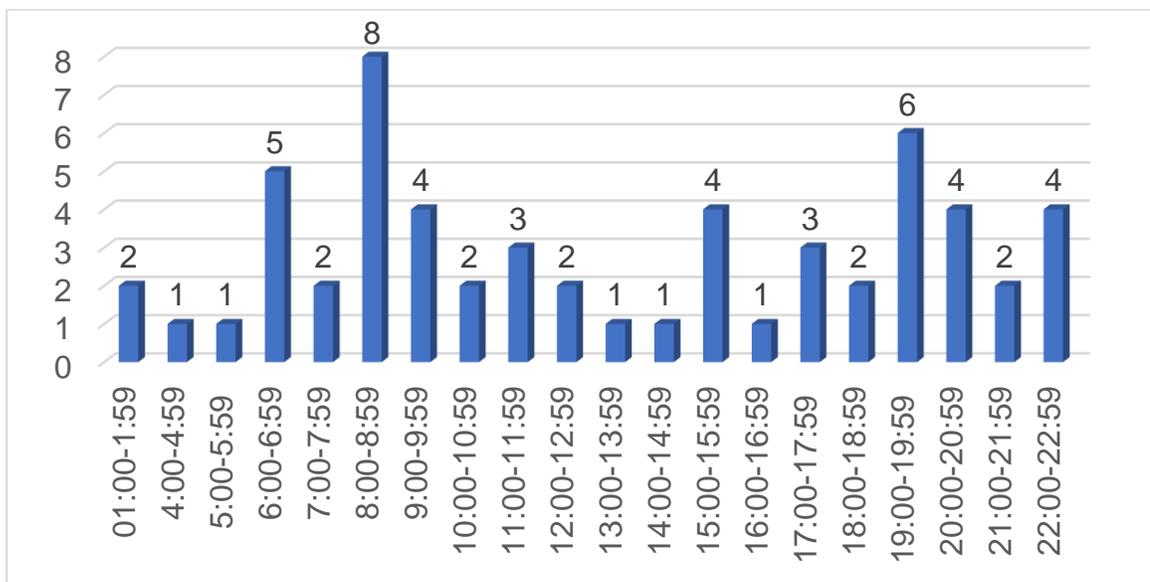
Fuente: Elaborado por sustentantes

En la figura 6, se muestran los siete días de la semana identificando que el día más vulnerable en accidentes es el día viernes, siendo un día de cierre laboral o para salir a distraerse, lo cual aumenta la probabilidad de que los conductores viajen con estrés laboral, imprudencia o máxima velocidad.

Los días jueves y domingo relativamente se mantienen estable con las mismas cantidades.

Como se aprecia la mayor vulnerabilidad se da en los días a finalizar la semana y fin de semana, estos días pueden verse influenciados a la fatiga con la que manejan los conductores, sin embargo, con la recopilación de datos obtenidos mediante los aforos se identificó que los días de fin de semana son menos transitados.

Figura 7. Accidentes por hora de los años 2021 a 2022



Fuente: Elaborado por sustentantes

En la figura 7, están representadas la forma de distribuciones totales en el tramo Rotonda INTA a Nindirí durante los años de estudio del 2021 – 2022, se puede observar en el eje horizontal, las horas en que ocurrieron los accidentes en intervalos de una hora, si bien solo están las horas en que se encontró un accidente de tránsito, el eje vertical representa la cantidad de accidentes totales ocurridos, en cada barra de histograma se presenta la frecuencia de accidentes ocurridos.

Como se observa en la figura 7, las cantidades más fuertes de incidentes ocurrieron en el periodo de las 8:00 – 8:59, la hora con más vulnerabilidad de

incidentes registrados en los dos últimos años en estudio, los periodos con menos incidencia se registraron entre las 9:00 – 9:59, 15:00 – 15:59, 20:00 – 20:59 y 22:00 – 22:59.

3.1.4. Identificación de puntos críticos de accidentes en estudio

Para la identificación de los tramos se necesita conocer los siguientes criterios, según la institución de la dirección general de tránsito nacional afirma que donde se encuentra una concurrencia de 5 accidentes no mayor a 12 meses se ha de considerar tramo de vulnerabilidad crítica, dicho esto se puede comparar en la (publicación del diccionario panhispánico jurídico decreto no 345/2011, publicado en la (revista de tráfico y seguridad vial, nº 194 / 2009) define: *Tramos de carreteras no superior a 3 km que presenta una frecuencia de accidentes significativamente superior a la media de tramos de características semejantes.*

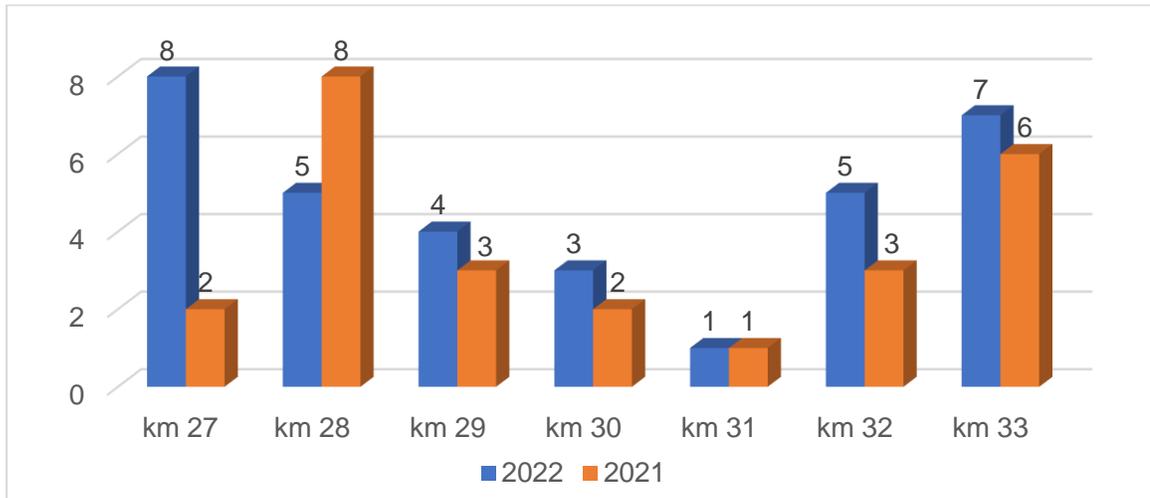
Tabla 6. Tramos con mayor concentración de accidentes en los últimos años

Estación	2021	2022
27+000	2	8
28+000	8	5
29+000	3	4
30+000	2	3
31+000	1	1
32+000	3	5
33+000	6	7
34+000	0	0

Fuente: Elaborado por sustentantes

Cada una de la fila en la tabla 6, representa un tramo crítico diferente. Los números en las columnas correspondientes a los años indican la cantidad de accidentes registrados en cada uno de los puntos críticos.

Figura 8. Puntos críticos de los últimos años (2021 – 2022)



Fuente: Elaborado por sustentantes

Los tramos con más vulnerabilidad de la carretera con código (NN - 154), para el año 2021 son:

- Estación 1. km 28+000
- Estación 2. km 33+000

Para este año según los datos proporcionados por el Departamento de Tránsito de la Policía Nacional no se encontraron datos registrados por ende se dio a entender que no hubieron muertos ni lesionados únicamente heridas leves en los accidentes de tránsito.

En términos de ingeniería vial, hay aspectos que la tabla anterior no muestra, pero que están reflejados en la parte grafica detalladamente, de esta manera:

- En el Km 27 y 28 la circulación vial es muy amplia para la cantidad de vehículos que concurren día a día, normalmente ocurren accidentes por adelantar vehículos sobre una línea continua.
- En el km 32 al 33 La geometría del tramo permite altas velocidades incluso en zonas ligeramente poblada, los accidentes más comunes son por no guardar la debida distancia y desatender señales de tránsito.

Para lograr identificar los tramos más vulnerables, se tomaron en consideración lo dicho anteriormente que un tramo mayor o igual a 5 accidentes en un año es considerado punto crítico.

Los tramos con más vulnerabilidad de la carretera con código (NN – 154), para el año 2022 son:

- Estación 1. km 27+000
- Estación 2. km 28+000
- Estación 3. km 32+000
- Estación 4. km 33+000

Con un total de 33 accidentes en el año dichos tramos se concentran que en un 6% de fallecidos, 27% de lesionados y un 67% de ciudadanos que sufrieron heridas leves, esto con ayuda de los datos estadísticos facilitados por el departamento de tránsito de la policía nacional siendo más predominantemente colisión con otros vehículos; y la colisión con objetos fijos. únicamente mortal dos casos de imprudencia peatonal, a pesar de la cantidad de accidentes muy pocos de estos terminan con muertos o lesionados, sin embargo, la falta del cuidado puede ocasionar pérdidas lamentables.

3.1.5. Magnitud del problema

Para determinar los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad, se utilizó la ecuación 1, ecuación 2 y ecuación 3, planteadas en el marco teórico, pág. 7 – 8.

Cálculo para el año 2021

- Índice de accidentalidad

$$I_{A/P} = \frac{(25)(100,000)}{(63,093)} = 39.62$$

Cálculo para el año 2022

- Índice de accidentalidad: $I_{A/P}$

$$I_{A/P} = \frac{(33)(100,000)}{(63,093)} = 52.30$$

- Índice de morbilidad: $I_{morb/P}$

$$I_{morb/P} = \frac{(31)(100,000)}{(63,093)} = 49.13$$

- Índice de mortalidad: $I_{mort/P}$

$$I_{mort/P} = \frac{(2)(100,000)}{(63,093)} = 3.16$$

Cálculo para el Departamento de Masaya para el año 2022

Índice de accidentalidad: $I_{A/P}$

$$I_{A/P} = \frac{(1894)(100,000)}{(409,265)} = 463$$

Cálculo a nivel nacional de Nicaragua para el año 2022

Índice de accidentalidad: $I_{A/P}$

$$I_{A/P} = \frac{(12730)(100,000)}{(6,948,000)} = 183.22$$

Observando los resultados del año 2021 con un índice de accidentalidad de 39.62 y del 2022 con un índice de accidentalidad del 52.30, muestra el nivel de accidente progresivamente a causa del crecimiento del parque vehicular y la población, No obstante, se puede apreciar que para el departamento de Masaya el índice de accidentalidad para el año 2022 es de 463, haciendo una comparación con respecto al índice nacional de 183.22 se encuentra por encima de la media y el departamento de Masaya se considera un departamento crítico. Así mismo el

tramo en estudio no se considera un tramo crítico, pero no está ausente que con los años sea de alta vulnerabilidad. Inventario vial

3.1.6. Introducción

La importancia del inventario vial consiste en obtener información detallada y actualizada de las características físicas y geométricas del tramo en estudio, el estado en que se encuentra, longitud del mismo, así mismo conocer la ubicación, estado de las señales verticales y horizontales a lo largo del tramo. Permitiendo la selección y priorización de posibles soluciones en cuanto a los problemas de accidentabilidad que presenta la vía.

3.1.7. Identificación del tramo en estudio

El tramo de carretera en estudio está localizado en el Municipio de Nindirí, iniciando en la estación 27+000 y finalizando en la estación 34+000, con una extensión de 7 kilómetros, formando parte de la clasificación funcional como una carretera troncal secundaria; el tramo de acceso a Nindirí entre los años 2018-2019 fue registrada según el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), registrado en sus acápites de Infraestructura Vial en sus mapas de la Red Vial de Nicaragua (pag.307) como una carretera de pavimento semi-rígido (adoquinado) y otra parte del tramo se identificó como camino todo tiempo, posterior a ese año en el 2020 la carretera fue completamente asfaltada.

3.1.8. Descripción del trabajo de campo

Para la realización del inventario vial, fue necesario realizar un recorrido a lo largo del tramo con el objetivo de recopilar toda la información requerida a fin de cuantificar y calificar sus condiciones, utilizando la Guía para el Inventario de Elementos para la Conservación Vial, Banco Mundial (2012).

A continuación, se describirán las actividades realizadas en el trabajo de campo y las herramientas utilizadas:

- Levantamientos de mediciones y longitudes de las secciones transversales
 - Cunetas
 - Hombros

- Calzada
- Alcantarillas
- Derecho de vía
- Localización de señales en la vía.
 - Verticales
 - Horizontales
- Localización y medición de estructuras
 - Cajas puentes
 - Defensas metálicas
- Cinta métrica de 10 m y 50 m.
 - Teléfono móvil y uso de la aplicación Distancia y medida de superficie terrestre

El inventario vial se realizó cada 100 metros a lo largo del tramo en estudio, esto permitió conocer el estado en que se encontró en diferentes secciones transversales de la vía.

3.1.9. Clasificación funcional

El tramo en estudio está clasificado como una carretera troncal secundaria según los registros (Red Vial de Nicaragua, 2020) del Ministerio de Transporte e Infraestructura. (pág. 307), el tramo está localizado dentro de la carretera que conecta el Municipio de Managua con Nindirí y Masaya, se encuentra en el (Anuario de Aforos de Tráfico, 2022) con un TPDA de 2,162 vehículos (pág. 467).

3.1.10. Uso del suelo

Según (Alvaro Rodas) agricultores de esta zona cultivan el maíz como uno de los principales rubros para el consumo familiar. La superficie que se explota en la actividad agrícola es de 11,263 manzanas, el 60.7% del suelo, siendo estos los principales cultivos: maíz, frijol, yuca, arroz, ajonjolí, maní, hortalizas perennes y frutales.

Otra actividad económica significativa en la vida del municipio es la ganadería, este se desarrolla en la zona noreste y suroeste en una superficie de 2,110 manzanas existiendo granjas porcinas y avícola.

3.1.11. Datos generales de la vía

Todo el tramo en estudio se encontró pavimentado a diferencia de la estación 33+200 a la estación 33+300 con 100 metros de concreto hidráulico. El tramo conecta a Managua, Nindirí y Masaya.

Datos generales de la vía

Tramo:	Rotonda INTA- Nindirí	Fecha inventario: 29/01/2024
Departamento:	Masaya	Estación inicial: 27+000
Municipio:	Nindirí	Estación final: 34+000
Comunidades dentro del tramo:	Campuzano, San Francisco, San Jorge, Lomas del Gavilán, Piedra Menuda, La Ceiba, Nindirí, Los Chilamates.	
El tramo ha tenido mantenimiento rutinario (si/no)	No	

Fuente: Elaborado por sustentantes

3.1.12. Características del terreno

La mayoría de las comunidades del Municipio de Nindirí conforme a (Alvaro Rodas) pertenecen a los suelos de la unidad geológica de la zona, formando partes de las provincias fisiográficas “Planicie de Tipitapa” constituidas por deposiciones aluviales y fluviales respectivamente.

Los suelos de la zona generalmente presentan una permeabilidad moderada y una capacidad de humedad moderadamente alta, tienden a ser planos con pendientes de 0% - 1.5% y ligeramente ondulada de 1.5% - 4%.

3.1.13. Calzada y hombro

Tabla 7. Sección transversal

Estación	Ancho de Calzada		Ancho de Hombro	
	Concreto Asfáltico (CA) m	Concreto Hidráulico (CH) m	Derecho	Izquierdo
27+000	7.2	-	1.64	1.47
27+100	7.2	-	1.68	1.55
27+200	7.2	-	2.01	1.57
27+300	7.2	-	1.87	1.58
27+400	7.2	-	1.83	1.58
27+500	7.2	-	1.84	1.57
27+600	7.2	-	1.78	1.55
27+700	7.2	-	1.75	1.58
27+800	7.2	-	1.95	1.74
27+900	7.2	-	1.88	1.74
28+000	7.3	-	2	1.59
28+100	7.3	-	5.68	1.83
28+200	7.3	-	1.72	1.66
28+300	7.3	-	1.79	1.55
28+400	7.3	-	1.74	1.55
28+500	7.3	-	1.77	1.55
28+600	7.3	-	1.78	1.29
28+700	7.3	-	1.77	1.55
28+800	7.3	-	1.72	1.55
28+900	7.3	-	1.68	1.55
29+000	7.3	-	1.68	1.6
29+100	7.3	-	1.7	1.6
29+200	7.3	-	1.68	1.55
29+300	7.3	-	1.64	1.6
29+400	7.3	-	1.65	1.66
29+500	7.3	-	1.68	1.6
29+600	7.3	-	1.68	1.6
29+700	7.3	-	1.68	1.75

Fuente: Elaborado por sustentantes

Estación	Ancho de Calzada		Ancho de Hombro	
	Concreto Asfáltico (CA) m	Concreto Hidráulico (CH) m	Derecho	Izquierdo
29+800	7.3	-	1.68	1.75
29+900	7.3	-	1.74	1.74
30+000	7.3	-	1.7	1.67
30+100	7.3	-	1.68	1.71
30+200	7.3	-	1.78	1.75
30+300	7.3	-	1.82	1.7
30+400	7.2	-	5.7	1.74
30+500	7.2	-	No delimitado	No delimitado
30+600	7.2	-	No delimitado	No delimitado
30+700	7.2	-	No delimitado	No delimitado
30+800	7.2	-	1.74	1.78
30+900	7.2	-	1.72	1.7
31+000	7.2	-	1.72	1.58
31+100	7.2	-	1.75	1.7
31+200	7.2	-	1.53	1.6
31+300	7.2	-	1.48	1.68
31+400	7.2	-	1.64	1.78
31+500	7.2	-	1.62	1.7
31+600	7.2	-	1.72	1.85
31+700	7.2	-	1.68	1.7
31+800	7.2	-	1.68	1.7
31+900	7.2	-	1.7	1.66
32+000	7.2	-	1.64	1.64
32+100	7.2	-	1.58	1.7
32+200	7.2	-	1.75	1.7
32+300	7.1	-	1.64	1.7
32+400	7.1	-	1.65	1.7
32+500	7.1	-	1.68	1.7
32+600	7.1	-	1.7	1.7
32+700	7.1	-	No delimitado	No delimitado
32+800	7.1	-	No delimitado	No delimitado
32+900	7.1	-	No delimitado	No delimitado

Fuente: Elaborado por sustentantes

Estación	Ancho de Calzada		Ancho de Hombro	
	Concreto Asfáltico (CA) m	Concreto Hidráulico (CH) m	Derecho	Izquierdo
33+000	7.1	-	No delimitado	No delimitado
33+100	7.1	-	No delimitado	No delimitado
33+200	-	7.5	0.68	0.9
33+300	-	7.5	1.74	1.4
33+400	7.75	-	No delimitado	No delimitado
33+500	7.72	-	No delimitado	No delimitado
33+600	7.1	-	No delimitado	No delimitado
33+700	7.1	-	No delimitado	No delimitado
33+800	7.1	-	No delimitado	No delimitado
33+900	7.1	-	No delimitado	No delimitado
34+000	7.1	-	1.94	1.9

Fuente: Elaborado por sustentantes

La tabla 7, muestra que a lo largo del tramo en la mayoría se cumple con el ancho de calzada establecido en el (SIECA, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, 2011) pág. 141, capítulo 4, que considera que el ancho de carril debe ser 3.60 m, para carreteras rurales y urbanas.

Durante la visita de campo se observó que el tramo presenta hombros variables, este ancho de hombro debe oscilar entre 1.20 y 1.80 metros, se logra apreciar que solo una parte cumple con el ancho mínimo y máximo establecido, así mismo se encontraron secciones donde no está delimitado, esto debido a factores como presupuesto limitado, falta de espacio, razones de seguridad o porque no se ha realizado actualización en el diseño.

3.1.14. Derecho de vía

Tabla 8. Derecho de vía

Estación	Carril derecho	Carril izquierdo
27+000	11.38	14
27+100	12	12.7
27+200	13.13	12.97
27+300	13.53	12.32
27+400	13.75	11.85
27+500	12.54	11.6
27+600	11.13	12.6
27+700	15.9	11.6
27+800	16.1	8.85
27+900	16.03	8.5
28+000	16.26	7.65
28+100	No delimitado	8.87
28+200	No delimitado	No delimitado
28+300	13.5	No delimitado
28+400	13.92	No delimitado
28+500	14	No delimitado
28+600	14.35	No delimitado
28+700	14.22	No delimitado
28+800	14.18	8.78
28+900	14.12	8.9
29+000	14.05	8.9
29+100	14.15	9.7
29+200	15.77	10
29+300	13.45	10.15
29+400	12.07	10.1
29+500	12.18	10.25
29+600	12.1	10.15
31+800	10.48	No delimitado
31+900	12.15	13.65
32+000	No delimitado	12.35
32+100	No delimitado	10.65

Fuente: Elaborado por sustentantes

Estación	Carril derecho	Carril izquierdo
27+000	11.38	14
27+100	12	12.7
27+200	13.13	12.97
27+300	13.53	12.32
27+400	13.75	11.85
27+500	12.54	11.6
27+600	11.13	12.6
27+700	15.9	11.6
27+800	16.1	8.85
27+900	16.03	8.5
28+000	16.26	7.65
28+100	No delimitado	8.87
28+200	No delimitado	No delimitado
28+300	13.5	No delimitado
28+400	13.92	No delimitado
28+500	14	No delimitado
28+600	14.35	No delimitado
28+700	14.22	No delimitado
28+800	14.18	8.78
28+900	14.12	8.9
29+000	14.05	8.9
29+100	14.15	9.7
29+200	15.77	10
29+300	13.45	10.15
29+400	12.07	10.1
29+500	12.18	10.25
29+600	12.1	10.15
31+800	10.48	No delimitado
31+900	12.15	13.65
32+000	No delimitado	12.35
32+100	No delimitado	10.65
32+200	10.84	No delimitado
32+300	No delimitado	No delimitado
32+400	No delimitado	No delimitado
32+500	No delimitado	No delimitado

Fuente: Elaborado por sustentantes

Estación	Carril derecho	Carril izquierdo
32+600	No delimitado	No delimitado
32+700	No delimitado	No delimitado
32+800	No delimitado	No delimitado
32+900	No delimitado	No delimitado
33+000	No delimitado	No delimitado
33+100	No delimitado	No delimitado
33+200	12.56	10.9
33+300	13.04	11.3
33+400	10.2	6.98
33+500	No delimitado	No delimitado
33+600	No delimitado	No delimitado
33+700	No delimitado	No delimitado
33+800	No delimitado	No delimitado
33+900	No delimitado	No delimitado
34+000	No delimitado	No delimitado

Fuente: Elaborado por sustentantes

En el caso de las carreteras troncal secundaria de dos carriles, siendo el caso el tramo en estudio, se estipula en el documento (Red Vial de Nicaragua, 2020), pág. 25, sección 3.2.1.2. que el ancho mínimo del derecho de vía debe ser de 50 metros, como se muestra en la tabla 8, no se cumple con este ancho mínimo, así mismo, se encontraron partes de la carretera que no están delimitadas esto a causa que las personas han construido jardines que colindan con la carretera, espacios que ellos han nombrado de propiedad privada obstaculizando el derecho de vía convirtiéndose en un riesgo inminente ya que el tramo es parte de la entrada a diferentes comunidades.

3.1.15. Drenaje menor

En la siguiente tabla, se describe el estado actual de las cunetas que se encuentran a lo largo del tramo, clasificándolos en azolvados los cuales contienen asientos de lodo, arena u otros materiales, a diferencia de los medianamente azolvados que contienen menor sedimentación y limpios.

Tabla 9. Drenaje cuneta

cunetas Marcar con - - - Izquierda (CR-CN)		
Líneas: Derecha (CR-CN)		
CR: Cuneta Revestida CN: Cuneta No Revestida		
Estación	Cuneta Derecha	Cuneta Izquierda
	Medianamente Azolvados (MA)	Medianamente Azolvados (MA)
27+000 – 27+100	MA	MA
27+100 – 27+900	-	MA

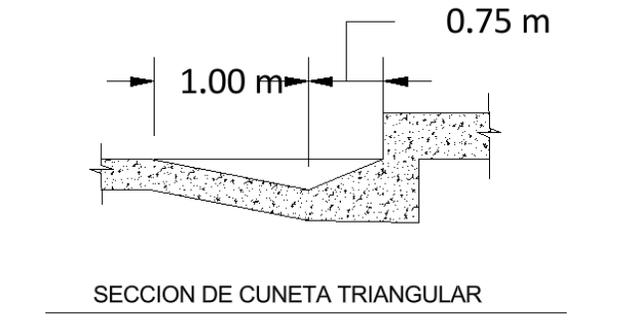
Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 9. Cuneta medianamente azolvada, banda izquierda, estación 27+000



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 10. Sección transversal de cuneta triangular, banda izquierda, estación 27+000



Fuente: Elaborado por sustentantes

En la tabla 9, se aprecia que solo se cuenta con la presencia de cunetas a lo largo de 900 metros y estas a su vez presentan forma triangular, encontrándose medianamente azolvadas lo que provoca el estancamiento del agua debido a los sedimentos encontrados por lo tanto afecta a la seguridad vial y al medioambiente.

En el tramo de carretera de 7 km de longitud partiendo en la estación 27+000 a la estación 34+000, no se observó presencia de contra cuneta.

Tabla 10. Canal

Estación	CR: Canal Revestido	CN: Canal No Revestido
	Canal derecho	Canal izquierdo
	Medianamente Azolvados (MA)	Medianamente Azolvados (MA)
27+660 – 28+000	MA	MA
28+200 – 28+400	MA	MA
29+000 – 31+000	MA	MA
31+250 – 32+300	MA	MA

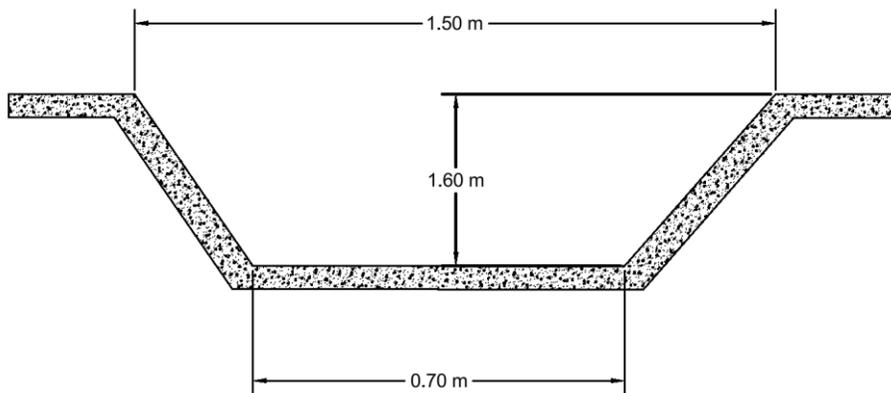
Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 11. Canal trapezoidal medianamente azolvado, banda derecha, estación 27+660 – 28+000



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 12. Sección transversal de canal trapezoidal en ambas bandas, estación 28+300



Fuente: Elaborado por sustentantes

La información recolectada en la tabla 10, muestra que de todo el tramo hay presencia de canales en 3,590 metros, así mismo presentan medio azolvamiento provocando obstrucciones lo que afecta su funcionamiento normal y por ende ocasiona atascamiento del agua que a su vez generara infección.

3.1.16. Alcantarillas

En la siguiente tabla se detalla la estación en la que se encuentran, el tipo de material con el que fueron construidas, y la longitud que estas tienen, además expone si los cabezales encontrados, cuentan con disipadores de energía que de los cuales, ninguno de los encontrados contaba con esta característica.

Tabla 11. Alcantarillas

Estación	Longitud en metros	Dimensiones sección o diámetro de tubo	Tipo de material de la alcantarilla	Sencilla (S) Doble (D) Triple (T)	Azolvadas (A) (%)	Posee cabezales (E: entrada, S: salida, A: Ambos)
27+190	2.1	1.07	CH	S	5%	A
31+400	2.1	1.07	CH	S	10%	A
31+940	2.1	1.07	CH	S	5%	A
32+020	2.38	0.7	CH	S	5%	A
33+150	4.8	1	CH	D	5%	A
33+250	1.9	1	CH	S	5%	A

Fuente: Elaborado por sustentantes

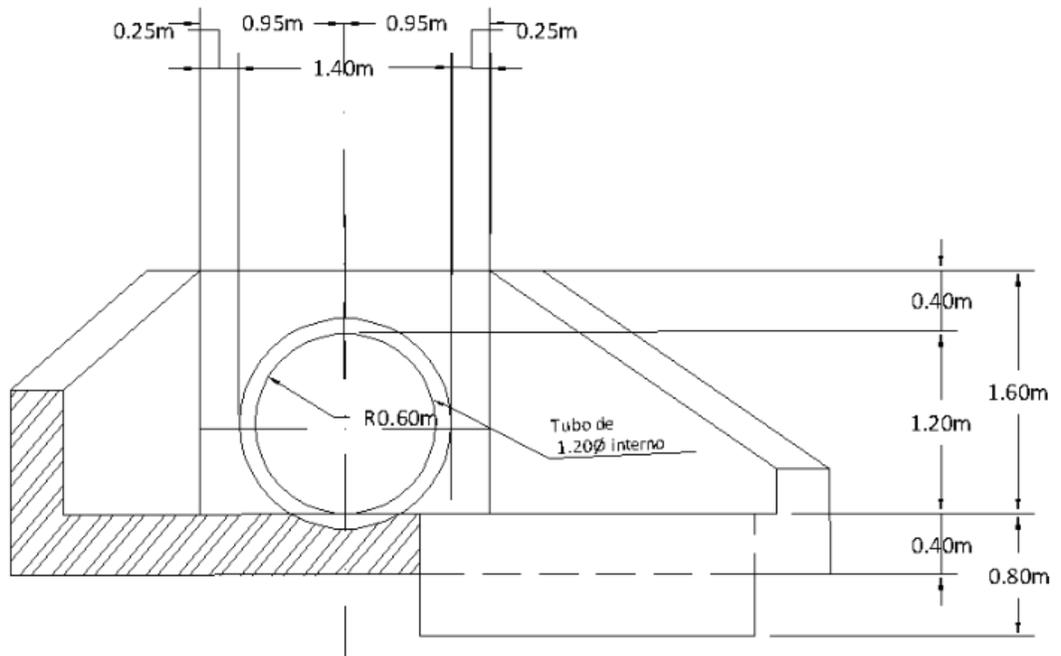
Ch: concreto hidráulico

Figura 13. Alcantarilla doble, banda derecha, estación 33+150



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 14. Sección transversal de alcantarilla sencilla, banda izquierda, estación 27+190



Fuente: Elaborado por sustentantes

En la tabla 11, se puede apreciar la información recolectada sobre las alcantarillas encontrándose medianamente azolvadas debido a la presencia de basura y escombros, provocando que el agua se estanque lo que a su vez provoca contaminación al medio ambiente y a las personas mismas.

3.1.17. Estructuras

Tabla 12. Caja puente

Estación	Nombre Río o Quebrada	Puente en hormigón	Longitud en metros	Ancho de calzada en metros	Estado general puente (B-R-M)	Ancho de cauce	Cauce Azolvado (A) Medio Azolvado (MA) Limpio (L)	Drenaje de puentes (Imbornales): Azolvado (A) Medio Azolvado (MA) Limpio (L)
27+450	San Francisco	PH	6.51	6.22	R	5.78	MA	MA
31+750	-	PH	3	-	B	3.8	MA	L
32+500	-	PH	1.9	16.9	B	1.9	MA	L

Fuente: Elaborado por sustentantes

M: malo

B: bueno

R: regular

Figura 15. Caja puente, banda derecha, estación 31+750



Fuente: Tomada por sustentantes

En la tabla 12, se logra observar que el tramo intervenido se presenta en buen estado, no se identificó problemas estructurales graves, así mismo se detectó que las cajas puentes contaban con sedimentos u escombros, causando aglomeración de estos mismo y el atoramiento para la libre circulación del agua, de igual modo no presentan amenaza a la seguridad de los pobladores.

3.1.18. Señalización

3.1.18.1. Señalización vertical

El estado de las señales será clasificado según el (SIECA, Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito , 2000) página 291, sección 500 – indicadores de estado de la señalización vial, si se conservan completos. El código de señalización vial vertical existente se detalla según el manual centroamericano de dispositivo uniformes para el control del tránsito, SIECA año 2000. Así mismo, la siguiente tabla se usará como una guía para identificar el estado en que se encuentran las señales verticales.

Tabla 13. Características del estado de las señales verticales

Condición	Descripción
Buena	Cumplen con lo estipulado en el Manual centroamericano de Dispositivo de Control de Tránsito, SIECA 2000, medidas, ubicación, mensaje legible y capa reflectora intacta.
Regular	Manchadas, pero no obstruye el mensaje y pintura desprendida de los laterales
Mala	Mala visibilidad, oxidadas, manchadas, decoloración, capa reflectora desprendida o incluso caídas sobre la vía.

Fuente: Manual centroamericano de Dispositivo de Control de Tránsito, SIECA 2000

Tabla 14. Señalización vertical actual

Nº	Estación	Código de la señalización	Descripción	Estado	Banda
1	27+100	II-5-1	Población cercana	R	Izquierdo
2	27+150	II-5-2	Campuzano despacio 45 kph	B	Izquierdo
3	27+400	R-13-1	No adelantar	B	Derecho
4	27+670	II-5-1	Población cercana	B	Derecho
5	27+920	P-9-12	Reductor de velocidad	B	Derecho
6	27+950	R-1-1	Alto	B	Derecho
7	28+000	P-9-1	Paso peatonal	B	Derecho
8	28+100	IS-1-8	Centro de salud	B	Derecho
9	28+120	R-10-1	Parada de buses	B	Derecho
10	28+185	P-9-1	Paso peatonal	B	Derecho
11	28+330	IS-1-8	Centro de salud	B	Izquierdo
12	28+410	R-2-1	60 KPH velocidad máxima	B	Derecho
13	28+410	R-2-1	60 KPH velocidad máxima	B	Izquierdo
14	28+700	R-13-1	No adelantar	B	Izquierdo
15	28+810	II-5-1	Población cercana	B	Izquierdo
16	28+930	II-5-2	San Francisco despacio 45 KPH	R	Izquierdo
17	29+997	E-1-1	Zona escolar	B	Derecho
18	30+050	P-9-1	Paso peatonal	B	Derecho
19	30+100	P-10-1	Cruce de ganado	B	Derecho
20	30+175	II-5-1	Población cercana	B	Izquierdo
21	30+185	E-1-1	Zona escolar	B	Izquierdo

Fuente: Elaborado por sustentantes

Nº	Estación	Código de la señalización	Descripción	Estado	Banda
22	30+193	P-9-1	Paso peatonal	B	Izquierdo
23	30+300	P-9-1	Paso peatonal	B	Derecho
24	30+360	R-10-1	Parada de buses	B	Derecho
25	30+500	IID-1-3	Referencia	B	Derecho
26	30+512	P-10-1	Cruce de ganado	B	Izquierdo
27	30+520	R-1-1	Alto	R	Izquierdo
28	30+597	R-1-1	Alto	B	Derecho
29	30+775	IID-1-3	Referencia	B	Izquierdo
30	30+805	P-9-1	Paso peatonal	B	Izquierdo
31	30+840	II-5-2	Cruz negra despacio 45 KPH	B	Izquierdo
32	31+017	R-13-1	No adelantar	B	Izquierdo
33	32+407	IID-1-3	Referencia	B	Derecho
34	32+443	P-9-1	Paso peatonal	R	Izquierdo
35	32+466	P-9-1	Paso peatonal	R	Derecho
36	32+473	IID-1-3	Referencia	B	Derecho
37	32+525	R-10-1	Parada de buses	B	Derecho
38	32+700	R-2-1	Velocidad máxima 45 KPH	B	Izquierdo
39	32+860	R-2-1	Velocidad máxima 45 KPH	B	Derecho
40	33+072	P-2-1	Intersección de cruce	B	Derecho
41	33+125	P-9-1	Paso peatonal	B	Izquierdo
42	33+210	R-1-1	Alto	B	Derecho
43	33+220	R-1-2	Ceda el paso	R	Izquierdo
44	33+220	R-1-2	Ceda el paso	B	Derecho
45	33+250	R-1-2	Ceda el paso	B	Derecho
46	33+355	PP-1-2	Curva	B	Derecho
47	33+355	PP-1-2	Curva	B	Izquierdo
48	33+372	P-2-1	Intersección de cruce	B	Derecho
49	33+390	R-2-1	Velocidad máxima de 45 kph	B	Derecho
50	33+625	R-1-2	Ceda el paso	B	Izquierdo
51	33+625	R-1-1	Alto	B	Derecho

Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 16. Señal vertical ALTO, banda derecha, estación 33+210



Fuente: Tomada por sustentantes

El estado de las señales verticales a lo largo de los 7 kilómetros de estudio no varía mucho, así mismo para poder identificar el estado en el que se encuentran las señales se determina guiándose de los parámetros detallados en la tabla 13. Como se aprecia en la tabla 14, se encontraron 51 señales verticales, de estas señales se encontraron 45 en buen estado correspondiente al 88% de la señalización actual debido a que se encuentran limpias, legibles y llaman la atención del conductor y, además se encontraron en estado regular 6 señales que corresponden al 12% restante de señalizaciones.

3.1.18.2. Señalización horizontal

Tabla 15. Señalización horizontal actual: línea sencilla, continua y doble combinada

Estación	Descripción	Estado
27+000 – 30+520	Línea de borde en ambas bandas	B
27+000 – 27+100	Línea doble combinada	B
27+100 – 27+412	Línea sencilla	B
27+412 – 27+616	Línea doble combinada	B
27+616 – 28+206	Línea continua	B
28+228 – 28+486	Línea continua	B
28+486 – 28+696	Línea doble combinada	B
28+696 – 28+987	Línea sencilla	B
28+987 – 29+165	Línea doble combinada	B
29+165 – 29+559	Línea continua	B
29+559 – 30+523	Línea continua	B
30+586 – 30+794	Línea continua	B
30+600 – 33+210	Línea de borde en ambas bandas	B
33+250 – 33+620	Línea de borde en ambas bandas	B
30+794 – 31+008	Línea doble combinada	B
32+023 – 32+213	Línea doble combinada	B
32+213 – 32+489	Línea continua	B
32+510 – 33+220	Línea continua	B
33+250 – 33+620	Línea continua	M
33+654 – 33+798	Línea continua	M
33+798 – 33+930	Línea sencilla	M

Fuente: Elaborado por sustentantes

Tabla 16. Señalización horizontal actual: flechas direccionales y cruce peatonal

Estación	Descripción	Estado
28+100	Cruce peatonal	B
28+231	Cruce peatonal	B
30+368	Cruce peatonal	B
30+520	Flechas direccionales	B
30+598	Flechas direccionales	B
32+390	Cruce peatonal	B
32+517	Cruce peatonal	B
32+866	Cruce peatonal	B
33+097	Cruce peatonal	B
33+233	Flechas direccionales	R
33+247	Flechas direccionales	R
33+365	Flechas direccionales	B
33+637	Flechas direccionales	R

Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 17. Señal horizontal, cruce peatonal, estación 28+100



Fuente: Tomada por sustentantes

De la misma manera que las señales verticales, estas en su mayoría se encuentran en buen estado; se encontraron 33 señales en total, se encontraron en estado bueno 27 señales correspondiente al 82% de la señalización total, así mismo se encontraron en estado regular 3 señales perteneciente al 9%, y, además en estado malo se encontraron 3 señales correspondiente al 9% restante de las señalizaciones.

3.1.19. Defensa metálica

Tabla 17. Defensa metálica

Estación		Tipo de material	Longitud m	Altura m	Espaciamiento de soportes m	Estado. R. regular, B. Bueno	Deterioros que presenta
Derecha	Izquierda						
27+600 – 27+968	-	Metal galvanizado	368	0.82	4.2	R	Golpe
30+600 – 30+817.1	-	Metal galvanizado	217.1	0.82	4.2	B	-
31+250 – 31+312	-	Metal galvanizado	62	0.65	4.2	B	-
-	31+250 – 31+295	Metal galvanizado	45	0.65	4.2	B	-
-	31+315 – 31+410	Metal galvanizado	95	0.65	4.2	B	-
31+680 – 31+690	31+680 – 31+690	Metal galvanizado	10	0.65	4.2	B	-

Fuente: Elaborado por sustentantes

Figura 18. Defensa metálica, banda derecha, estación 27+600



Fuente: Tomada por sustentantes

A lo largo del tramo se logró apreciar que las defensas metálicas en su totalidad se encuentran en buen estado en ambos sentidos de la carretera y el (SIECA, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, 2011) página 152, sección 4.7.1. que estas se clasifican como flexibles, así mismo son un medio de protección para los usuarios y tienen como finalidad que los vehículos no se salgan del camino.

Análisis de datos recolectados

Como se pudo observar en la información anteriormente recopilada y estudiada, el tramo está en condiciones óptimas, esto debido a que es una carretera no mayor a los 5 años, funcionando de manera eficiente, sin embargo, sólo presenta algunas fallas diversas en la parte del drenaje a causa de que se encuentran con sedimentos por este motivo en épocas de precipitaciones podría provocar encharcamientos debido al agua estancada.

Otra dificultad sería el alumbrado nocturno en vista de que el tramo no cuenta con luminarias lo que puede provocar accidentes.

3.2. Estudio de tránsito

3.2.1. Introducción

Un estudio de tránsito tiene como finalidad analizar la movilidad en una zona determinada, contemplando de manera coordinada los diferentes elementos que la componen y simulando la interacción de los nuevos proyectos viales con la red proyectada o existente, realizando un diagnóstico que proporcione soluciones ajustadas a cada proyecto con el fin de obtener una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente.

Los principales impactos que analiza un estudio de tránsito son la congestión y la accidentalidad relacionada, por lo que los elementos que normalmente componen un estudio de tránsito son:

- Lugares de estudio, sobre todo las intersecciones
- Tránsito existente
- Crecimiento esperado del tráfico
- Accidentalidad histórica, entre otros

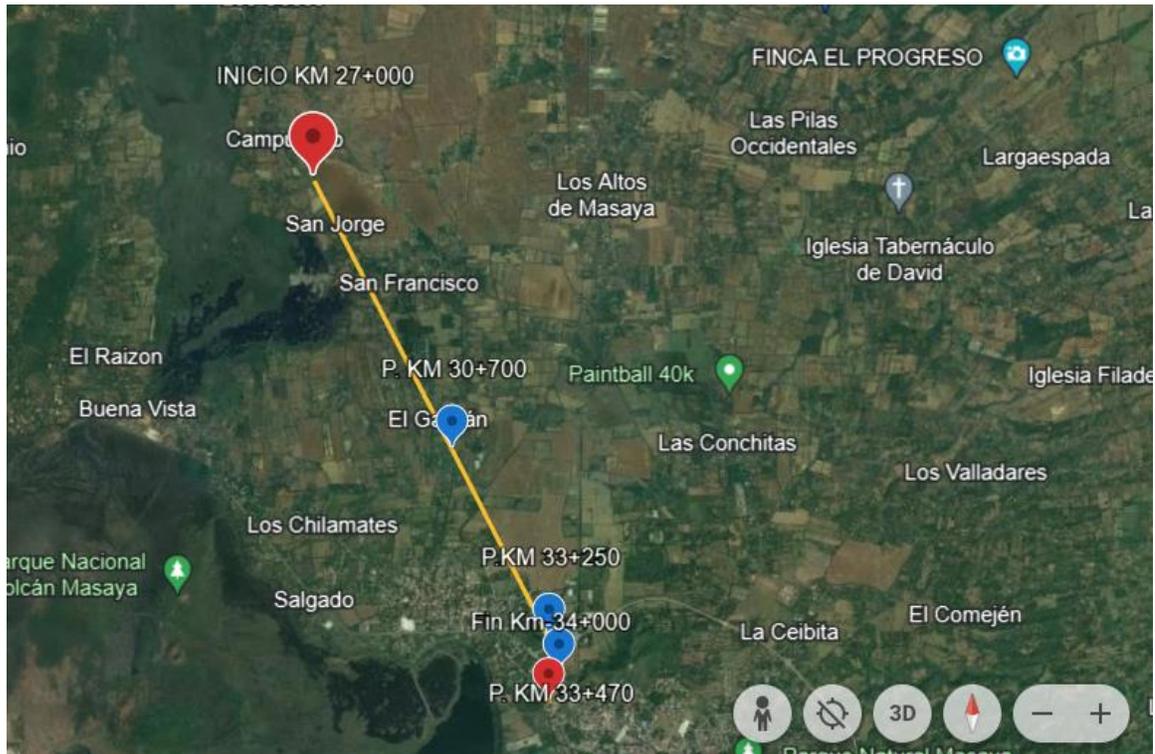
El presente documento presenta las actividades desarrolladas en campo y los cálculos posteriores que permiten la determinación del Tránsito de Diseño, también se analizará el concepto de Capacidad y Nivel de Servicio que prestará el tramo intervenido de acuerdo con las determinaciones básicas adoptadas.

3.2.2. Puntos de aforo vehicular

Para determinar los puntos de aforo se realizó un reconocimiento de la vía con el propósito de identificar los puntos de interés en el tramo de nuestro tramo en estudio. Intersecciones principales, inicio y fin del tramo.

Identificando dos puntos de seguimientos, localizados en las siguientes estaciones: estación 27+000 y estación 34+000. También se identificaron tres intersecciones principales en el tramo, localizadas en las siguientes estaciones: estación 30+700, estación 33+250 y estación 33+470.

Figura 19. Puntos de aforo vehicular



Fuente: Google earth

<https://earth.google.com/web/@12.01929709,-86.12103474,204.39376242a,17154.72994984d,35y,-0h,0t,0r/data=OgMKATA>

El primer punto de aforo es el inicio del tramo, se localiza la empresa PRODECON NICARAGUA (Plantel Central), conecta hacia las comunidades de Campuzano, San Jorge y el segundo punto de aforo.

El segundo punto de aforo es la primera intersección del tramo, se localiza la abastecedora de agua potable Pozo La Cruz Negra, conecta hacia la comunidad de San Jorge, Campuzano, el parque central de Nindirí y el tercer punto de aforo.

El tercer punto de aforo es la segunda intersección del tramo, se localiza la empresa Avícola La Barranca, conecta hacia el rastro municipal de Masaya, la carretera que lleva a Tipitapa, dos puntos de acceso hacia la vía principal de Managua a Masaya y el segundo punto de control.

El cuarto punto de aforo es la última intersección del tramo, se localizaba el antiguo restaurante Tip Top, conecta hacia la carretera principal de Masaya a Managua, la empresa Avícola La Barranca y el quinto punto de aforo.

El quinto punto de aforo es el fin del tramo, conecta hacia el parque saurio de Nindirí, el centro de Masaya y hacia el cuarto punto de aforo.

3.2.3. Descripción del trabajo desarrollado en campo sobre el aforo vehicular

Se utilizó la tipología y descripción vehicular del (Anuario de Aforos de Tráfico, 2022), para la elaboración de formatos de aforos vehiculares, emitida por la oficina de diagnóstico, evaluación de pavimentos y puentes, por parte del MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura).

Los aforos vehiculares se realizaron de manera manual, dando inicio a esta actividad el día miércoles 17 de enero y finalizado el día miércoles 24 de enero, durante siete días, en una jornada laboral de 6:00 a 18:00 en un período de 12 horas, con personal laboral donde se ubicaron en puntos estratégicos para contabilizar los vehículos que circularon en ambos sentidos de la vía.

A continuación, se presenta los volúmenes de tránsito obtenido en campo para cada punto de aforo vehicular, utilizando la clasificación y descripción vehicular del anuario de tráfico 2022, compuesta por 15 clases las cuales se encuentran detalladas en anexo, figura 36 Pág. IV – VIII.

Tabla 18. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 27+000

Días	Vehículos de pasajeros					Vehículos de carga				Total
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	
Miércoles	2087	1690	1074	39	594	138	0	39	242	5903
Jueves	1965	1833	1041	40	532	115	0	7	230	5763
Viernes	2090	2162	1169	56	571	109	0	27	262	6446
Sábado	2144	1901	1066	46	464	57	0	0	219	5897
Domingo	1470	1791	866	43	122	10	0	18	43	4363
Lunes	1853	1871	951	41	490	97	0	10	241	5554
Martes	1825	1846	1006	39	527	110	0	15	226	5594

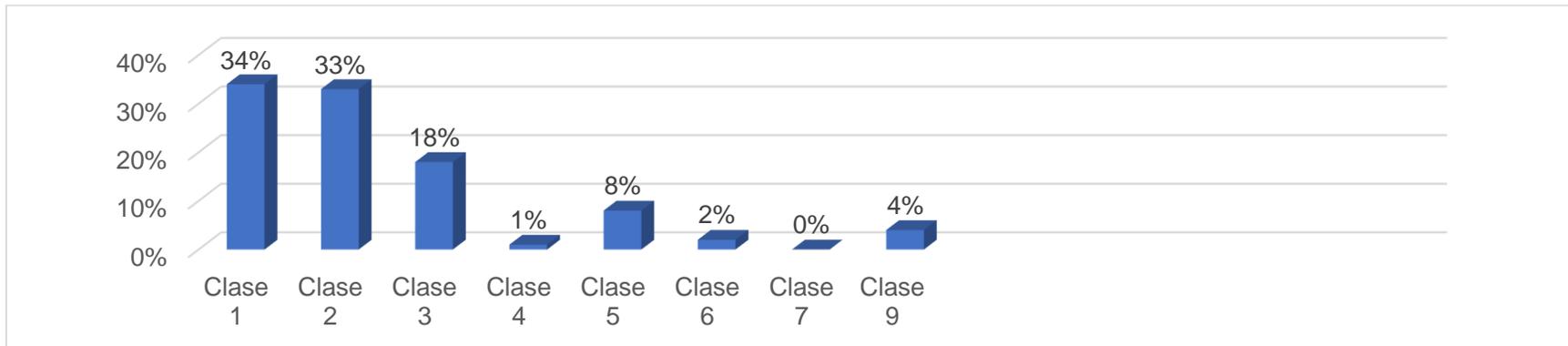
Fuente: Elaborado por sustentantes

Como se observa en la tabla 18, muestra el volumen de tránsito que circula en el primer punto de aforo vehicular, durante los siete días de la semana en un período de laboral de 6:00 a 18:00, se identificó que el día viernes 19 de enero de 2024, se registró un volumen máximo de 6,446 vehículos en comparación de los demás días aforados.

Visualizar los datos obtenidos en campo mediante el siguiente link

(https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qfsCExCvrQYAQC8NpR0c0CsjsO-nhJ9h/edit?usp=drive_link&oid=108338853958503063366&rtpof=true&sd=true)

Figura 20. Composición de tránsito diurno semanal en la estación 27+000



Fuente: Elaboración por sustentantes

Como se observa en la figura 20, muestra el porcentaje de las diferentes clases que circularon en el primer punto de aforo, durante los siete días de la semana. Se identifico que la clase 1, clase 2, clase 3 y clase 5, representa el 93% de los vehículos con mayor densidad vehicular en la vía, asimismo la clase 4, clase 6, clase 7 y clase 9, representa el 7% de los vehículos con menor densidad vehicular en la vía.

Tabla 19. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 30+700

Días	Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga					Total
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	
Miércoles	2316	1852	1073	58	601	114	0	183	82	6279
Jueves	2015	1705	1087	41	648	95	0	7	246	5844
Viernes	2048	1859	1142	51	770	88	0	14	267	6239
Sábado	2026	1764	1015	52	490	71	0	3	183	5604
Domingo	1652	2036	918	46	118	25	0	25	50	4870
Lunes	2082	2121	907	31	540	100	0	26	207	6014
Martes	2194	2003	1096	30	525	92	0	110	293	6343

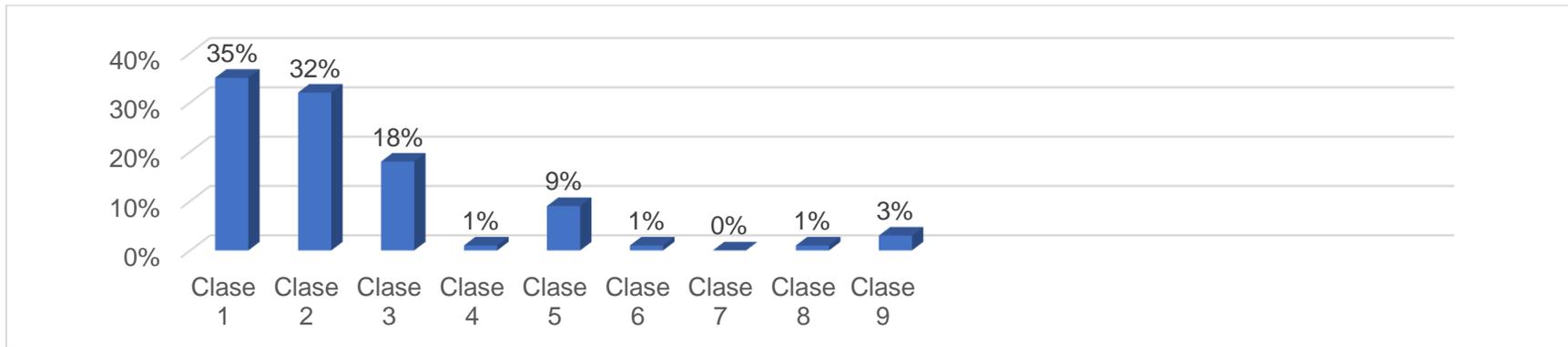
Fuente: Elaborado por sustentantes

Como se observa en la tabla 19, muestra el volumen de tránsito que circula en el segundo punto de aforo vehicular, durante los siete días de la semana en un período de laboral de 6:00 a 18:00, se identificó que el día martes 23 de enero de 2024, se registró un volumen máximo de 6,343 vehículos en comparación de los demás días aforados.

Visualizar los datos obtenidos en campo mediante el siguiente link

(https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qfsCExCvrQYAQC8NpR0c0CsjsO-nhJ9h/edit?usp=drive_link&oid=108338853958503063366&rtfop=true&sd=true)

Figura 21. Composición de tránsito diurno semanal en la estación 30+700



Fuente: Elaboración por sustentantes

Como se observa en la figura 21, muestra el porcentaje de las diferentes clases que circularon en el segundo punto de aforo, durante los siete días de la semana. Se identifico que la clase 1, clase 2, clase 3 y clase 5, representa el 94% de los vehículos con mayor densidad vehicular en la vía, asimismo la clase 4, clase 6, clase 7, clase 8 y clase 9, representa el 6% de los vehículos con menor densidad vehicular en la vía.

Tabla 20. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 33+250

Días	Veh. Liviano Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga					Total
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	
Miércoles	957	1234	621	22	283	142	0	3	0	3262
Jueves	660	1044	460	7	187	37	0	45	2	2442
Viernes	754	1556	557	51	198	38	0	93	9	3256
Sábado	781	992	452	16	168	49	0	90	12	2560
Domingo	502	885	325	9	60	12	0	34	1	1828
Lunes	1069	1033	539	9	291	44	0	32	74	3091
Martes	639	1519	373	9	190	20	0	50	8	2808

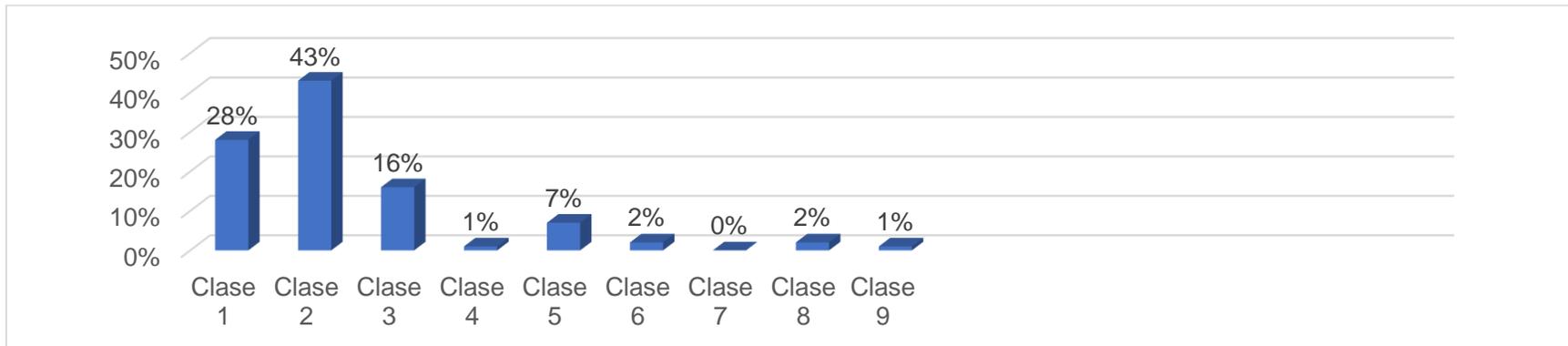
Fuente: Elaborado por sustentantes

Como se observa en la tabla 20, muestra el volumen de tránsito que circula en el tercer punto de aforo vehicular, durante los siete días de la semana en un período de laboral de 6:00 a 18:00, se identificó que el día miércoles 17 de enero de 2024, se registró un volumen máximo de 3,262 vehículos en comparación de los demás días aforados.

Visualizar los datos obtenidos en campo mediante el siguiente link

(https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qfsCExCvrQYAQC8NpR0c0CsjsO-nhJ9h/edit?usp=drive_link&oid=108338853958503063366&rtopf=true&sd=true)

Figura 22. Composición de tránsito diurno semanal en la estación 33+250



Fuente: Elaboración por sustentantes

Como se observa en la figura 22, muestra el porcentaje de las diferentes clases que circularon en el tercer punto de aforo, durante los siete días de la semana. Se identifico que la clase 1, clase 2, clase 3 y clase 5, representa el 94% de los vehículos con mayor densidad vehicular en la vía, asimismo la clase 4, clase 6, clase 7, clase 8 y clase 9, representa el 6% de los vehículos con menor densidad vehicular en la vía.

Tabla 21. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 33+470

Días	Veh. Liviano Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga					Total
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	
Jueves	481	246	125	4	28	3	0	0	0	887
Viernes	522	342	148	6	44	7	0	4	2	1075
Sábado	486	278	131	0	35	13	0	1	0	944
Domingo	310	206	112	4	4	0	0	0	0	636
Lunes	435	267	137	3	33	7	0	0	0	882
Martes	549	288	165	1	56	9	0	0	2	1070
Miércoles	518	277	158	4	32	3	0	0	1	993

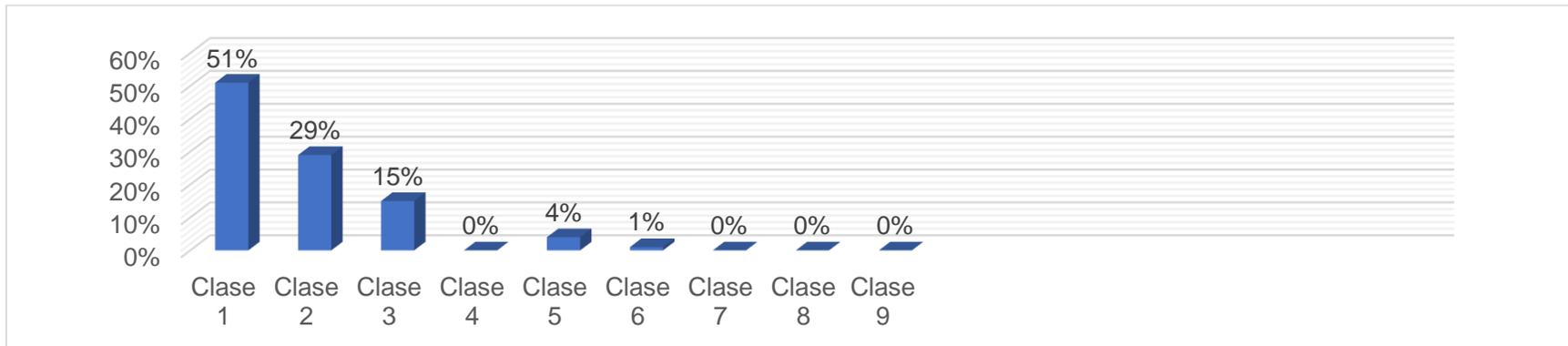
Fuente: Elaborado por sustentantes

Como se observa en la tabla 21, muestra el volumen de tránsito que circula en el cuarto punto de aforo vehicular, durante los siete días de la semana en un período de laboral de 6:00 a 18:00, se identificó que el día viernes 19 de enero de 2024, se registró un volumen máximo de 1,075 vehículos en comparación de los demás días aforados.

Visualizar los datos obtenidos en campo mediante el siguiente link

(https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qfsCExCvrQYAQC8NpR0c0CsjsO-nhJ9h/edit?usp=drive_link&oid=108338853958503063366&rtpof=true&sd=true)

Figura 23. Composición de tránsito diurno semanal en la estación 33+470



Fuente: Elaboración por sustentantes

Como se observa en la figura 23, muestra el porcentaje de las diferentes clases que circularon en el cuarto punto de aforo, durante los siete días de la semana. Se identifico que la clase 1, clase 2 y clase 3, representa el 95% de los vehículos con mayor densidad vehicular en la vía, asimismo la clase 4, clase 5, clase 6, clase 7, clase 8 y clase 9, representa el 6% de los vehículos con menor densidad vehicular en la vía.

Tabla 22. Volúmenes de tránsito diurno semanal en la estación 34+000

Días	Vehículos de pasajeros					Vehículos de carga				Total
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	
Jueves	1669	956	363	12	88	1	0	0	0	3089
Viernes	1754	1055	405	18	82	5	0	6	0	3325
Sábado	1906	1157	514	9	74	4	0	1	0	3665
Domingo	1275	996	407	11	22	0	0	0	1	2712
Lunes	1806	1137	384	18	76	17	0	1	0	3439
Martes	1761	1031	449	19	77	7	0	0	0	3344
Miércoles	1689	1029	470	21	93	7	0	0	1	3310

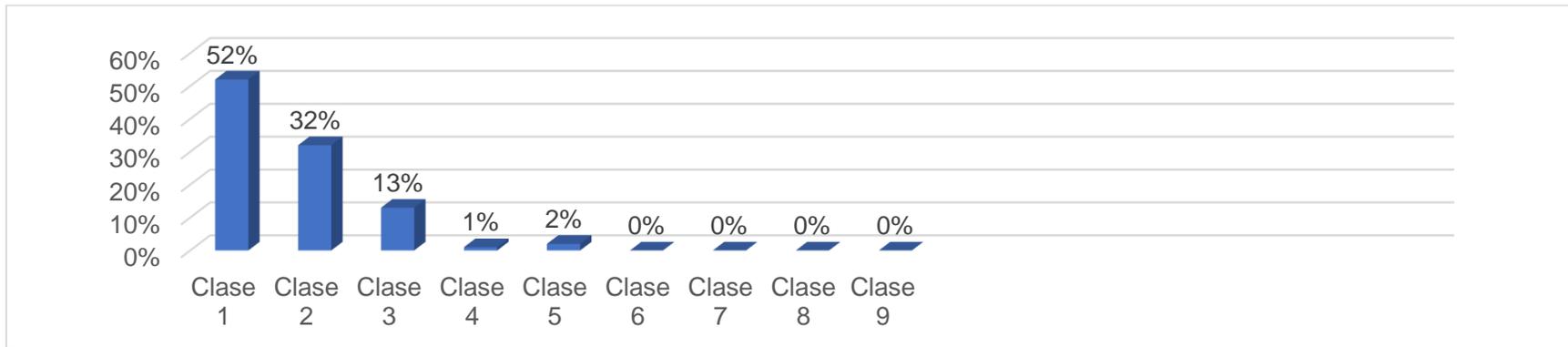
Fuente: Elaborado por sustentantes

Como se observa en la tabla 22, muestra el volumen de tránsito que circula en el quinto punto de aforo vehicular, durante los siete días de la semana en un período de laboral de 6:00 a 18:00, se identificó que el día sábado 20 de enero de 2024, se registró un volumen máximo de 3,665 vehículos en comparación de los demás días aforados.

Visualizar los datos obtenidos en campo mediante el siguiente link

(https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qfsCExCvrQYAQC8NpR0c0CsjsO-nhJ9h/edit?usp=drive_link&oid=108338853958503063366&rtpof=true&sd=true)

Figura 24. Composición de tránsito diurno semanal en la estación 34+000



Fuente: Elaboración por sustentantes

Como se observa en la figura 24, muestra el porcentaje de las diferentes clases que circularon en el cuarto punto de aforo, durante los siete días de la semana. Se identifico que la clase 1, clase 2 y clase 3, representa el 97% de los vehículos con mayor densidad vehicular en la vía, asimismo la clase 4, clase 5, clase 6, clase 7, clase 8 y clase 9, representa el 3% de los vehículos con menor densidad vehicular en la vía.

En la siguiente tabla, se presenta el volumen horario de máxima demanda en cada punto de aforo vehicular, basándose en el día que se identificó el volumen máximo mediante los datos obtenidos en campo.

Período	Día	Est. 27+000	Est. 30+700	Est. 33+250	Est. 33+470	Est. 34+000
17:00 – 18:00	Viernes	820	-	-	-	-
17:00 – 18:00	Martes	-	856	-	-	-
6:45 – 7:45	Miércoles	-	-	512	-	-
7:00 – 8:00	Viernes	-	-	-	176	-
15:00 – 16:00	Sábado	-	-	-	-	409

Fuente: Elaborado por sustentantes

Est: estación

Como se observa en la tabla anteriormente mostrada, se identificó el volumen horario de máxima demanda obteniendo el día viernes un flujo de 820 vehículos/hora en la estación 27+000, el martes un flujo de 856 vehículos/hora en la estación 30+700, el día miércoles un flujo de 512 vehículos/hora en la estación 33+250, el día viernes un flujo de 176 vehículos/hora en la estación 33+470 y el sábado un flujo de 409 vehículos/hora en la estación 34+000.

Visualizar los datos obtenidos en campo mediante el siguiente link

(https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qfsCExCvrQYAQC8NpR0c0CsjsO-nhJ9h/edit?usp=drive_link&oid=108338853958503063366&rtpof=true&sd=true)

A continuación, se muestra el cálculo del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda, para conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda, utilizando la ecuación 5, pág. 13 descrita en el marco teórico.

Tabla 23. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 27+000, el día viernes 19 de enero de 2024

Período	Volumen cada 15 minutos (vehículos mixtos)
16:00 - 16:15	128
16:15 - 16:30	173
16:30 - 16:45	136
16:45 - 17:00	144
17:00 - 17:15	190
17:15 - 17:30	309
17:30 - 17:45	114
17:45 - 18:00	207

Fuente: Elaborado por sustentantes

Hora y volumen de máxima demanda:

$$16:00 - 17:00 \rightarrow \text{VHMD} = 128 + 173 + 136 + 144 = 581 \text{ veh/h}$$

$$16:15 - 17:15 \rightarrow \text{VHMD} = 173 + 136 + 144 + 190 = 643 \text{ veh/h}$$

$$16:30 - 17:30 \rightarrow \text{VHMD} = 136 + 144 + 190 + 309 = 779 \text{ veh/h}$$

$$16:45 - 17:45 \rightarrow \text{VHMD} = 144 + 190 + 309 + 114 = 757 \text{ veh/h}$$

$$17:00 - 18:00 \rightarrow \text{VHMD} = 190 + 309 + 114 + 207 = 820 \text{ veh/h}$$

Como se observa, la hora de máxima demanda es de la 17:00 a las 18:00 horas, con un volumen horario de 820 vehículos/hora. Se aprecia dentro de la hora de máxima demanda, en el período de 15 minutos 17:15 – 17:30, presenta el mayor volumen correspondiente a 309 vehículos/hora.

Factor de la hora de máxima demanda:

$$\text{FHMD} = \frac{820 \text{ veh/h}}{4(309 \text{ veh/h})} = 0.66$$

Como se puede observar, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es de 0.66, no obstante, las concentraciones de flujos máximos se encuentran en periodos corto en intervalos de 15 minutos, dentro de la hora.

Tabla 24. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 30+700, el día martes 23 de enero de 2024

Período	Volumen cada 15 minutos (vehículos mixtos)
16:00 - 16:15	121
16:15 - 16:30	124
16:30 - 16:45	134
16:45 - 17:00	117
17:00 - 17:15	172
17:15 - 17:30	179
17:30 - 17:45	242
17:45 - 18:00	263

Fuente: Elaborado por sustentantes

Hora y volumen de máxima demanda:

$$16:00 - 17:00 \rightarrow \text{VHMD} = 121 + 124 + 134 + 117 = 496 \text{ veh/h}$$

$$16:15 - 17:15 \rightarrow \text{VHMD} = 124 + 134 + 117 + 172 = 547 \text{ veh/h}$$

$$16:30 - 17:30 \rightarrow \text{VHMD} = 134 + 117 + 172 + 179 = 602 \text{ veh/h}$$

$$16:45 - 17:45 \rightarrow \text{VHMD} = 117 + 172 + 179 + 242 = 710 \text{ veh/h}$$

$$17:00 - 18:00 \rightarrow \text{VHMD} = 172 + 179 + 242 + 263 = 856 \text{ veh/h}$$

Como se observa, la hora de máxima demanda es de la 17:00 a las 18:00 horas, con un volumen horario de 856 vehículos/hora. Se aprecia dentro de la hora de máxima demanda, en el período de 15 minutos 17:45 – 18:00, presenta el mayor volumen correspondiente a 263 vehículos/hora.

Factor de la hora de máxima demanda:

$$FHMD = \frac{856 \text{ veh/h}}{4(263 \text{ veh/h})} = 0.81$$

Como se puede observar, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es de 0.81, representa que el flujo es irregular en periodos cortos en intervalos de 15 minutos, dentro de la hora.

Tabla 25. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 33+250, el día miércoles 23 de enero de 2024

Período	Volumen cada 15 minutos (vehículos mixtos)
6:00 - 6:15	28
6:15 - 6:30	70
6:30 - 6:45	75
6:45 - 7:00	165
7:00 - 7:15	127
7:15 - 7:30	118
7:30 - 7:45	102
7:45 - 8:00	108

Fuente: Elaborado por sustentantes

Hora y volumen de máxima demanda:

$$6:00 - 7:00 \rightarrow VHMD = 28 + 70 + 75 + 165 = 338 \text{ veh/h}$$

$$6:15 - 7:15 \rightarrow VHMD = 70 + 75 + 165 + 127 = 437 \text{ veh/h}$$

$$6:30 - 7:30 \rightarrow VHMD = 75 + 165 + 127 + 118 = 485 \text{ veh/h}$$

$$6:45 - 7:45 \rightarrow VHMD = 165 + 127 + 118 + 102 = 512 \text{ veh/h}$$

$$7:00 - 8:00 \rightarrow VHMD = 127 + 118 + 102 + 108 = 347 \text{ veh/h}$$

Como se observa, la hora de máxima demanda es de la 6:45 a las 7:45 horas, con un volumen horario de 512 vehículos/hora. Se aprecia dentro de la hora de

máxima demanda, en el período de 15 minutos 17:45 – 18:00, presenta el mayor volumen correspondiente a 165 vehículos/hora.

Factor de la hora de máxima demanda:

$$FHMD = \frac{512 \text{ veh/h}}{4(165 \text{ veh/h})} = 0.78$$

Como se puede observar, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es de 0.78, representa que es un flujo irregular en periodos cortos en intervalos de 15 minutos, dentro de la hora.

Tabla 26. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 33+470, el día viernes 19 de enero de 2024

Período	Volumen cada 15 minutos (vehículos mixtos)
6:00 - 6:15	29
6:15 - 6:30	18
6:30 - 6:45	32
6:45 - 7:00	46
7:00 - 7:15	30
7:15 - 7:30	48
7:30 - 7:45	26
7:45 - 8:00	72

Fuente: Elaborado por sustentantes

Hora y volumen de máxima demanda:

$$6:00 - 7:00 \rightarrow VHMD = 29 + 18 + 32 + 46 = 125 \text{ veh/h}$$

$$6:15 - 7:15 \rightarrow VHMD = 18 + 32 + 46 + 30 = 126 \text{ veh/h}$$

$$6:30 - 7:30 \rightarrow VHMD = 32 + 46 + 30 + 48 = 156 \text{ veh/h}$$

$$6:45 - 7:45 \rightarrow VHMD = 46 + 30 + 48 + 26 = 150 \text{ veh/h}$$

$$7:00 - 8:00 \rightarrow VHMD = 30 + 48 + 26 + 72 = 176 \text{ veh/h}$$

Como se observa, la hora de máxima demanda es de la 7:00 a las 8:00 horas, con un volumen horario de 176 vehículos/hora. Se aprecia dentro de la hora de máxima demanda, en el período de 15 minutos 7:45 – 8:00, presenta el mayor volumen correspondiente a 72 vehículos/hora.

Factor de la hora de máxima demanda:

$$FHMD = \frac{176 \text{ veh/h}}{4(72 \text{ veh/h})} = 0.61$$

Como se puede observar, el factor de máxima demanda (FHMD) es de 0.61, indica concentraciones de flujo máximo en periodo cortos en intervalos de 15 minutos, dentro de la hora.

Tabla 27. Variación de tránsito en períodos de máxima demanda en la estación 34+000, el día sábado 20 de enero de 2024

Período	Volumen cada 15 minutos (vehículos mixtos)
14:00 - 14:15	100
14:15 - 14:30	95
14:30 - 14:45	95
14:45 - 15:00	73
15:00 - 15:15	108
15:15 - 15:30	96
15:30 - 15:45	106
15:45 - 16:00	99

Fuente: Elaborado por sustentantes

Hora y volumen de máxima demanda:

$$14:00 - 15:00 \rightarrow VHMD = 100 + 95 + 95 + 73 = 363 \text{ veh/h}$$

$$14:15 - 15:15 \rightarrow VHMD = 95 + 95 + 73 + 108 = 371 \text{ veh/h}$$

$$14:30 - 15:30 \rightarrow VHMD = 95 + 73 + 108 + 96 = 372 \text{ veh/h}$$

$$14:45 - 15:45 \rightarrow VHMD = 73 + 108 + 96 + 106 = 383 \text{ veh/h}$$

$$15:00 - 16:00 \rightarrow \text{VHMD} = 108 + 96 + 106 + 99 = 409 \text{ veh/h}$$

Como se observa, la hora de máxima demanda es de la 15:00 a las 16:00 horas, con un volumen horario de 409 vehículos/hora. Se aprecia dentro de la hora de máxima demanda, en el período de 15 minutos 15:00 – 15:15, presenta el mayor volumen correspondiente a 108 vehículos/hora.

Factor de la hora de máxima demanda:

$$\text{FHMD} = \frac{409 \text{ veh/h}}{4(108 \text{ veh/h})} = 0.95$$

Como se puede observar, el factor de máxima demanda (FHMD) obtenido es de 0.95, el valor obtenido es cercano a la unidad, significando que existe una distribución constante en cada periodo durante la hora.

Tabla 28. Factores horarios de máxima demanda en cada punto de aforo vehicular

Puntos de aforos vehiculares	Factor horario de máxima demanda (FHMD)
Estación 27+000	0.66
Estación 30+700	0.81
Estación 33+250	0.78
Estación 33+470	0.61
Estación 34+000	0.95

Fuente: Elaborado por sustentantes

Como se observa en la tabla, se muestra los resultados de los factores horario de máxima demanda para cada uno de los puntos de aforos vehiculares, identificado la estación 34+000 con un valor de 0.95, este factor indica que existe una distribución uniforme en cada periodo durante la hora.

Obteniendo un factor mayor que en los demás puntos de aforos, debido a que conecta la vía principal que llegan de Managua a Masaya, los que circulan de la empresa Avícola La Barranca y los que llegan del parque turístico de Nindirí,

dándole un acceso hacia la zona céntrica del departamento de Masaya al parque central.

3.3. Estudio de accidentalidad

3.3.1. Introducción

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda demostrada por ser el parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto.

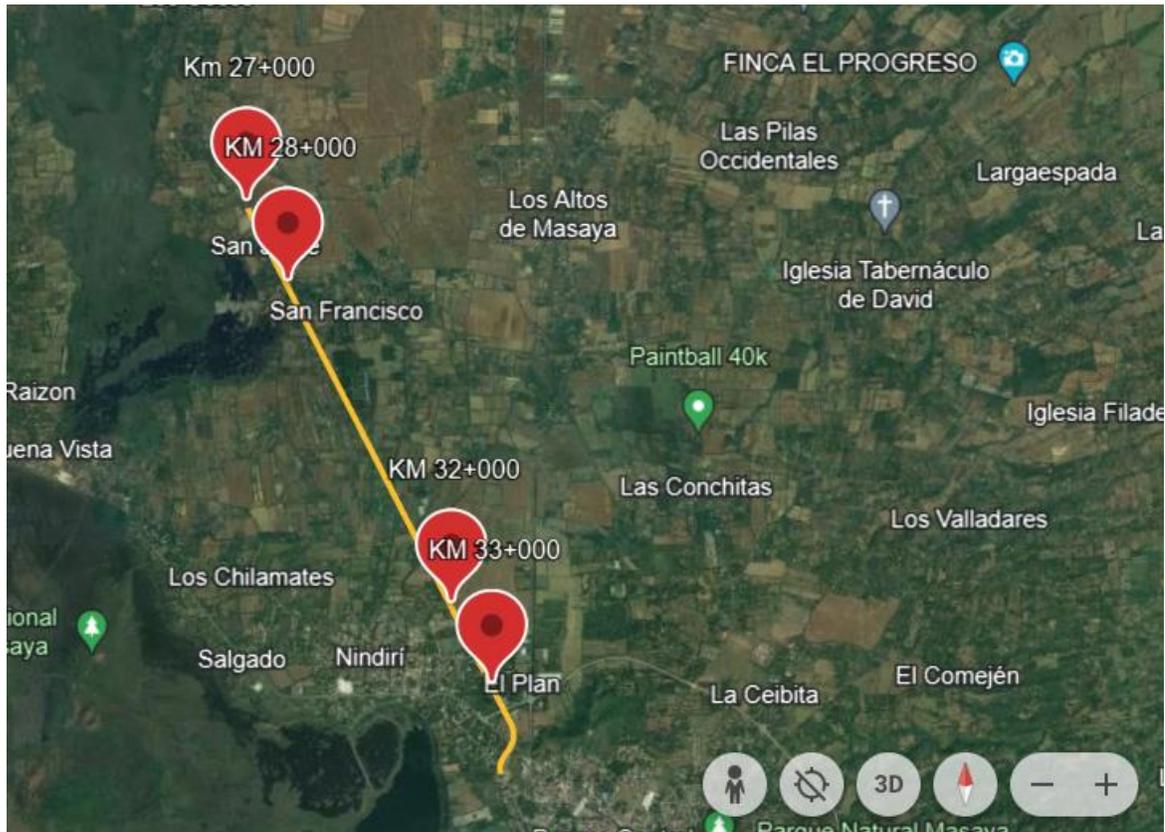
Finalmente, un factor que hace a la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos de hoy ha sobrepasado los límites para los que fueron diseñadas las carreteras y calles actuales, por lo que la mayor parte de los reglamentos obsoletos.

Así, por todas las razones anteriores, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

3.3.2. Puntos de prueba para el estudio de velocidad

La prueba de velocidad se realizó en las estaciones: 27+000, 28+000, 32+000 y 32+920, con una distancia de 80 metros hasta llegar a las estaciones: 27+080, 28+080, 32+080 y 33+000, se tomó como un punto crítico en donde ocurren más de cinco accidentes en un lapso no mayor de 12 meses (estudio de accidentalidad, tabla 6, pág. 30). Asimismo, identificar si las velocidades que estos llevan forma o no parte de las causas de accidentes de tránsito, que se determinan en el capítulo de accidentalidad.

Figura 25. Puntos del estudio de velocidad



Fuente: Google earth

<https://earth.google.com/web/@12.01772684,-86.11202689,204.9441812a,9459.50514824d,35y,42.98793756h,16.50245491t,-0r/data=OgMKATA>

El primer punto de estudio se realizó en la estación 27+000 – 27+080, se encontró una señal reglamentaria (Campuzano despacio 45 kph) a 150 metros del kilómetro 27, es necesario conocer la velocidad de flujo con las que los vehículos circulan por este tramo.

El segundo punto de estudio se realizó en la estación 28+000 – 28+080, posee una restricción de velocidad por ser una pista donde los vehículos deben circular con una velocidad máxima de 60 kph.

El tercer punto de control, se realizó en la estación 32+000 – 32+080, posee una restricción para desplazarse sobre la vía ya que por ser una pista los vehículos

que transiten por este tramo deberán hacerlo con una velocidad máxima de 60 kph.

El cuarto punto de control, se realizó en la estación 32+920 – 33+000, posee una restricción de desplazamiento en la vía con 45 kph por ser perímetro urbano.

3.3.3. Descripción del trabajo desarrollado en campo sobre el estudio de velocidad

El método utilizado para el registro de las velocidades de punto es el del cronometro, en el cual sobre una distancia determinada (de 25 a 80 metros) que se ha marcado con dos rayas de blanco en el pavimento, se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrerla.

Para la realización de este estudio se tomó una distancia de 80 metros.

Para la recolección de datos, se utilizó un formato de campo, donde se especifica la tipología vehicular, la velocidad con la que circulaba y el punto donde se tomó la muestra.

visualizar los datos obtenidos en campo mediante el siguiente link

(https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qfsCExCvrQYAQC8NpR0c0CsjsO-nhJ9h/edit?usp=drive_link&oid=108338853958503063366&rtpof=true&sd=true)

3.3.4. Selección de muestra para realizar el estudio de velocidad

Con el propósito de realizar este estudio, se tomó como referencia cuatro puntos de control, identificados en el estudio de accidentalidad, tabla 6, pág. 30. Asimismo, tomando en consideración lo descrito en el Texto Guía Ingeniería de Tráfico, Capítulo 5.

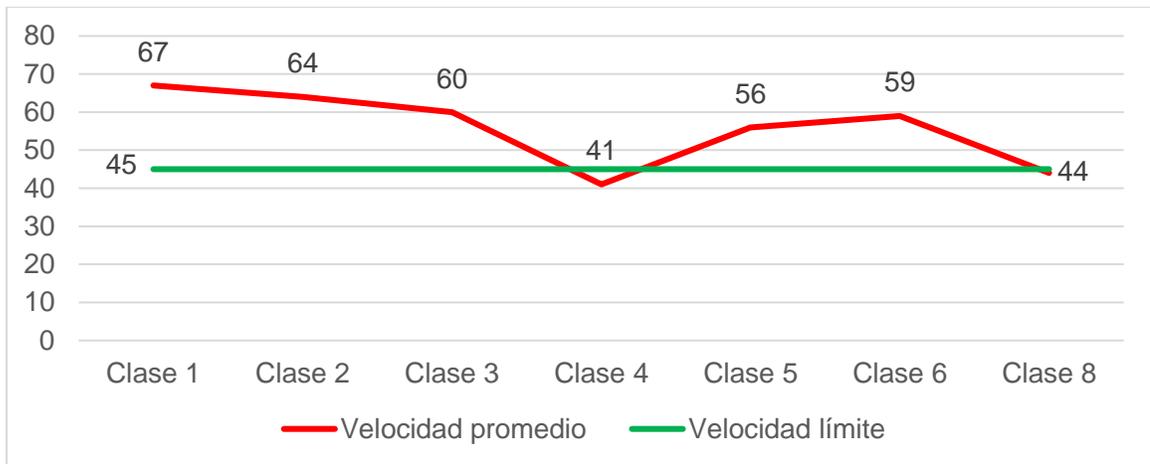
Utilizando la ecuación 7 y tabla 1 del marco teórico, pág. 14 y pág. 15, se obtiene el tamaño mínimo requerido de la muestra.

$$N = \left(\frac{1.96 * 7}{1.5} \right)^2 = 84 \text{ vehiculos}$$

Se obtuvo que la muestra requerida es de 84 vehículos, con el fin de mejorar la precisión de este estudio se decidió realizar prueba de velocidad a 150 vehículos por punto.

A continuación, se muestra la velocidad promedio en cada punto de velocidad, utilizando la ecuación 6, descrita en el marco teórico pág. 14.

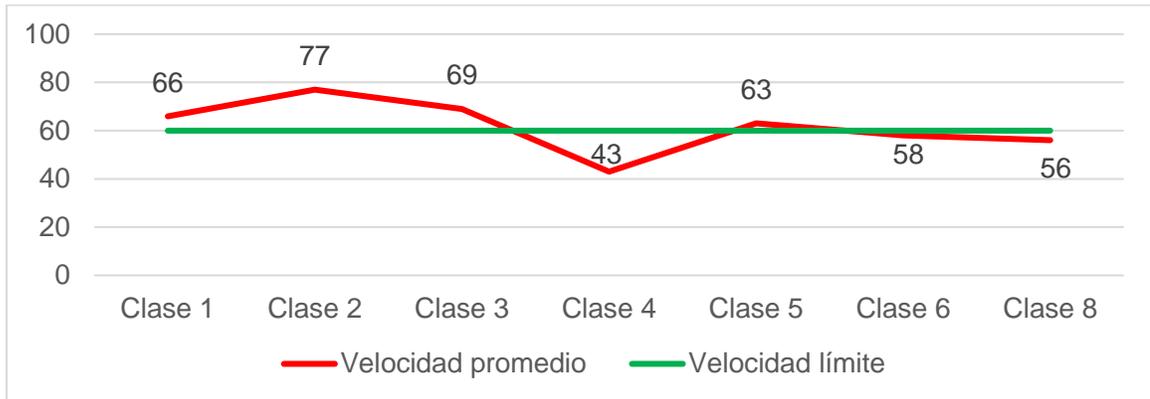
Figura 26. Velocidad promedio en la estación 27+000 – 27+080



Fuente: Elaborado por sustentantes

En la figura 26, se observa la velocidad promedio de las diferentes clases que circularon en el primer punto de control y una velocidad límite de 45 kph, identificando que la clase 1, clase 2, clase 3, clase 5 y clase 6, sobrepasan el límite establecido, mientras que la clase 4 y case 8, están por debajo del límite establecido.

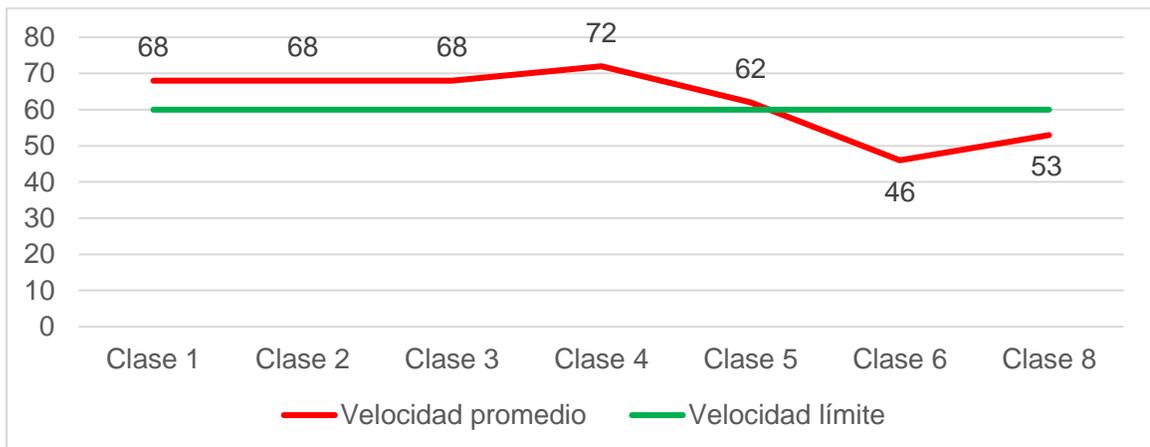
Figura 27. Velocidad promedio de la estación 28+000 – 28+080



Fuente: Elaborado por sustentantes

En la figura 27, se observa la velocidad promedio de las diferentes clases que circularon en el segundo punto de control y una velocidad límite de 60 kph, identificando que la clase 1, clase 2, clase 3 y clase 5, sobrepasan el límite establecido, mientras que la clase 4, clase 6 y clase 8, están por debajo del límite establecido.

Figura 28. Velocidad promedio en la estación 32+000 – 32+080



Fuente: Elaborado por sustentantes

En la figura 28, se observa la velocidad promedio de las diferentes clases que circularon en el tercer punto de control y una velocidad límite de 60 kph, identificando que la clase 1, clase 2, clase 3, clase 4 y clase 5, sobrepasan el

límite establecido, mientras que la clase 6 y case 8, están por debajo del límite establecido.

Figura 29. Velocidad promedio en la estación 32+920 – 33+000



Fuente: Elaborado por sustentantes

En la figura 29, se observa la velocidad promedio de las diferentes clases que circularon en el cuarto punto de control y una velocidad límite de 45 kph, identificando que la clase 1, clase 2, clase 3, clase 5, clase 6 y clase 8, sobrepasan el límite establecido.

Análisis de resultados

Analizando los resultados obtenidos de cada punto donde se realizó el estudio de velocidad con lo descrito en la Ley de Tránsito Nicaragüense 431, Ley de para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito, con sus reformas incorporadas, Capítulo VI, art. 37 bis Límites de velocidad, establece que las velocidades máximas son las siguientes:

- Perímetro urbano (calles y avenidas) 45 kilómetros por hora
- Pista 60 kilómetros por hora
- En carreteras la velocidad máxima será de 100 kilómetros por hora
- Colegios, hospitales, zonas pobladas: 25 kilómetros por hora
- Rotondas: 30 kilómetros por hora

Como se muestran en la figura 26, figura 27, figura 28 y figura 29, se determina que para el primer y tercer punto de control un 71%, en el segundo punto de control un 57% y para el cuarto punto de control un 100%, esto representa el porcentaje de los vehículos aforados que excedieron el límite de velocidad establecido en cada punto de control.

3.4. Nivel de servicio

Para obtener el análisis del nivel de servicio, se utilizó la medición directa en campo es necesario identificar los siguientes puntos: velocidades de los vehículos que circula por la vía, factor horario de máxima demanda, utilizando las ecuaciones siguientes: ecuación 8, ecuación 9, ecuación 10, ecuación 11, ecuación 12 y ecuación 13, planteadas en el marco teórico pág. 19 – pág. 22.

3.4.1. Análisis en la estación 27+000

Características

- Clase III. (marco teórico, pág. 15 y pág. 16)
- Tipo de terreno plano.
- Longitud de rebase restringida: 60%
- Distribución direccional: 60/40
- Volumen máximo de demanda de 820 vehículos mixtos/h/en ambos sentidos, distribución en 9% camiones, 1% buses y 90% vehículos livianos, con un factor de 0.66.

Paso 1: Datos de entrada

Como la distribución direccional es 60/40, cada sentido deberá analizarse por separado. Se realizará el análisis para la dirección más cargada. Por lo tanto, los volúmenes máximos de demanda direccional y opuesto, son:

$$v_d = 820(0.6) = 492 \text{ vehiculos mixto/hora/sentido}$$

$$v_o = 820(0.4) = 328 \text{ vehiculos mixto/hora/sentido}$$

Como se trata de una carretera Clase III, para determinar el nivel de servicio, tanto para el porcentaje de la velocidad a flujo libre PFFS, deberán calcularse.

Paso 2: estimación de la velocidad a flujo libre: FFS

Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

$$f_{HV,ATS} = \frac{100}{100 + 10\%(1.2 - 1)} = 0.9998$$

Medición directa en campo

$$FFS = 63 + 0.0124 * \left(\frac{200}{0.9998} \right) = 63 \text{ km/h}$$

Paso 3: Ajuste al volumen demanda en la estimación de la velocidad media de viaje ATS

Las tasas de flujo en condiciones base equivalentes, tanto en la dirección de análisis, como el sentido opuesto, son:

$$f_{g,ATS} = 1 \rightarrow \text{para } v_d = \frac{492}{0.66} = 745 \text{ vehiculos mixtos/hora/sentido}$$

$$f_{g,ATS} = 1 \rightarrow \text{para } v_o = \frac{328}{0.66} = 497 \text{ vehiculos mixtos/hora/sentido}$$

Determinación de los ajustes por presencia de vehículos pesados de v_d

$$f_{HV,ATS} = \frac{100}{100 + 10\%(1.2 - 1)} = 0.9998$$

Determinación de los ajustes por presencia de vehículos pesados de v_o

$$f_{HV,ATS} = \frac{100}{100 + 10\%(1.1 - 1)} = 0.9999$$

Por lo tanto, las tasas de flujo en condiciones base equivalentes, son:

$$v_{d,ATS} = \frac{492}{(0.66)(1)(0.9998)} = 746 \text{ vehiculo liviano/hora/sentio}$$

$$v_{o,ATS} = \frac{328}{(0.66)(1)(0.9999)} = 497 \text{ vehiculo liviano/hora/sentido}$$

Paso 4: Estimación de la velocidad media de viaje: ATS_d

$$ATS_d = 63 - 0.0124 * (746 + 497) - 4.1 = 43 \text{ km/h}$$

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

$$PFFS = \frac{43}{63} = 68\%$$

Paso 8: Determinación del nivel de servicio y la capacidad

Nivel de servicio

El nivel de servicio se encuentra comparando las unidades efectivas respectivas encontradas, con la dadas en el marco teórico tabla 2, pag.16. Un porcentaje de la velocidad a flujo libre PFFS del 68%, sugiere que el nivel de servicio es el D.

Capacidad

Las capacidades bajo condiciones prevalecientes expresadas como tasa de flujo horaria, son:

$$c_{d,ATS} = 1700(1)(1) = 1700 \text{ vehiculos mixtos/hora/sentido}$$

Análisis de resultados

Se concluye que la metodología del nivel de servicio, descrita en el libro de ingeniería de tránsito 9na edición Cal y Mayor R, utilizando la medición directa en campo, la estación 27+000 descrita anteriormente, es decir, cumple con los parámetros para la ejecución del análisis a diferencia de la estación 34+000 e intersecciones (estación 30+700, 33+250 y 33+470).

Así mismo plantea que el nivel del servicio en intersecciones, se identifica en la sección 12.7, pág. 478, la metodología para calcular el nivel de servicio se presenta en intersecciones con semáforos, debido a que el tramo en estudio no presenta tales condiciones, por lo tanto, no se puede realizar un análisis del nivel de servicio en las intersecciones identificadas en el tramo.

3.5. Propuesta técnica

3.5.1. Introducción

En este capítulo se mostrarán las propuestas técnicas que conforme a los resultados de los estudios anteriores tendrán que implementarse para mejorar la seguridad vial en el tramo en estudio.

Las siguientes consideraciones pretenden satisfacer la necesidad de seguridad y operatividad con el fin de disminuir los factores del entorno que intervienen en los accidentes:

- Pintura reflectiva

Un factor crucial en la seguridad vial es la visibilidad durante la noche y en condiciones climáticas adversas, por ende, se sugiere la implementación de la pintura vial reflectante en todo el tramo tanto en líneas de bordes, líneas centrales y flechas direccionales con el objetivo de mejorar la seguridad vial y a su vez reducir las probabilidades de accidentes.

- Mejoramiento de señalización vertical y horizontales

El estudio de inventario vial (tabla 14, pág. 25 y pág. 26), detalla que se encontraron 6 señales verticales en estado regular, por lo tanto, se propone darle un correcto mantenimiento, también, se identificaron 3 señales horizontales en malas condiciones y 3 en estado regular, por tanto, se propone hacer mantenimiento tomando en cuenta lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2014), capítulo 2 y 3, para su correcta visualización.

- Reductores de velocidad

Se propone la instalación de reductores de velocidad tipo lomo debido a su efectividad y bajo costo. Para poner un túmulo es indispensable colocar una señal de prevención P-9-12 a una distancia de 50 metros en cada sentido de circulación.

- Bandas sonoras

Se sugiere la colocación de estos dispositivos que sirven como advertencia a los conductores que sobrepasan la velocidad máxima permitida, asimismo, se recomienda instalarla a lo ancho de la calzada, tomando en consideración lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2014), capítulo 3, pág. 79.

Tabla 29. Propuesta técnica de señalización vial

Estación	Código	Ubicación		Descripción	Propuesta	Tipo
		Izq.	Der.			
27+000 – 34+000	-	X	X	Pintura reflectiva	Propuesta	H
27+000 – 27+100	-	X	X	Drenaje cuneta	Mantenimiento	-
27+100	II-5-1	X	-	Población cercana	Mantenimiento	V
27+190	-	X	X	Alcantarilla	Mantenimiento	-
27+450	-	X	X	Caja puente	Mantenimiento	-
27+100 – 21+900	-	-	X	Drenaje cuneta	Mantenimiento	-
27+600 – 27+968	-	-	X	Defensa metálica	Mantenimiento	-
27+970	-	X	X	Reductor de velocidad	Propuesta	H
27+660 – 28+000	-	X	X	Canal	Mantenimiento	-
28+020	P-9-12	X	-	Reductor de velocidad	Propuesta	V
28+170	P-9-1	X	-	Paso peatonal	Propuesta	V
28+200 – 28+400	-	X	X	Canal	Mantenimiento	-
28+260	P-9-1	X	-	Paso peatonal	Propuesta	V
28+930	II-5-2	X	-	San Francisco despacio 45 KPH	Mantenimiento	V
29+000 – 31+000	-	X	X	Canal	Mantenimiento	-
30+440	-	X	X	Banda sonora	Propuesta	H
30+520	R-1-1	X	-	Alto	Mantenimiento	V
30+680	-	X	X	Banda sonora	Propuesta	H

Fuente: Elaborado por sustentantes

Estación	Código	Ubicación		Descripción	Propuesta	Tipo
		Izq.	Der.			
30+700	-	X	X	Paso peatonal	Propuesta	H
31+200	R-2-1	-	X	Velocidad máxima 80 KPH	Propuesta	V
31+360	R-13-1	-	X	No adelantar	Propuesta	V
31+400	-	X	X	Alcantarilla	Mantenimiento	-
31+660	R-2-1	X	-	Velocidad máxima 80 KPH	Propuesta	V
31+750	-	X	X	Caja puente	Mantenimiento	-
32+020	-	X	X	Alcantarilla	Mantenimiento	-
32+500	-	X	X	Caja puente	Mantenimiento	-
33+150	-	X	X	Alcantarilla	Mantenimiento	-
33+250	-	X	X	Alcantarilla	Mantenimiento	-
32+340	P-9-1	-	X	Paso peatonal	Mantenimiento	V
32+463	P-9-1	X	-	Paso peatonal	Propuesta	V
32+466	P-9-1	-	X	Paso peatonal	Mantenimiento	V
32+580	P-9-1	X	-	Paso peatonal	Propuesta	V
32+980		X	X	Banda sonora	Propuesta	H
33+080	P-9-1		X	Paso peatonal	Propuesta	V
33+228	R-1-2	X	-	Ceda el paso	Mantenimiento	V
33+233	-	-	-	Flecha direccional	Mantenimiento	H
33+250 – 33+620	-	X	X	Línea continua	Cambio	H
33+247	-	-	-	Flecha direccional	Mantenimiento	H
33+340	-	X	X	Banda sonora	Propuesta	H
33+637	-	-	-	Flecha direccional	Mantenimiento	H
33+655 – 33+784	-	X	X	Línea continua	Cambio	H
33+798 – 33+930	-	X	X	Línea sencilla	Cambio	H
33+820	II-5-1	-	X	Población cercana	Propuesta	V
34+000	II-4-2b	-	X	Demarcación de kilometraje	Propuesta	V

Fuente: Elaborado por sustentantes

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el proceso de los datos levantados en campo, analizado la bibliografía adecuada y haber definido los factores asociados con la seguridad vial alrededor de cada punto del tramo estudiado, se plantean las siguientes conclusiones:

- ❖ Al analizar los 5 años de estadísticas de accidentes brindados por el Departamento de Transito de la Policía Nacional se identificaron registros de accidentes en dos años, siendo estos el año 2021 y 2022, esto permitió identificar las causas y efectos de los accidentes.
- ❖ En conclusión, una vez realizado el inventario vial, se identificó que el 85% del tramo en estudio se encuentra en óptimas condiciones, asimismo, estos datos son fundamentales para mejorar las redes y activos viales.
- ❖ Al analizar el Aforo vehicular en cada punto de conteo se concluyó, que el tipo de transporte de mayor presencia son la clase 1, clase 2 y clase 3, siendo así una vía muy importante para la economía del país, adicionalmente se calculó la capacidad de servicio de la vía reflejando que el tramo está operando a un 68% de su Capacidad (tabla 2, pág. 16), clasificándose en un Nivel de Servicio D, el cual está dentro del rango de flujo estable.
- ❖ Los resultados del estudio de velocidad reflejan una velocidad promedio de 59 kph, en zona urbana, encontrándose dentro del rango permitido para este tipo de carreteras (40 kph y 60 kph), además, se identificó que los vehículos no cumplen con los límites de velocidad establecido.
- ❖ Para concluir, la implementación de propuesta de señalización vial eficaces es un factor crucial para mejorar la seguridad vial y promover entornos viales más seguros y proteger la vida de todos los usuarios de la vía.

RECOMENDACIONES

Con el propósito de mejorar la seguridad vial del tramo es necesario considerar las recomendaciones siguientes:

Realizar más estudios de seguridad vial que complementen este mismo trabajo y al mismo tiempo actualización en un periodo no mayor a los tres años.

Brindar un adecuado y continuo mantenimiento de la carretera, esto incluye la limpieza de sedimentos en la vía al igual que en las alcantarillas debido a que se pudo observar que este problema afecta en gran manera a lo largo de la carretera en estudio.

Para un mejor control del tránsito en los tramos peligrosos se recomienda la presencia de agentes de tránsito por parte de la Policía Nacional para que apliquen multas a los conductores que irrespeten las señales de tránsito y sobrepasen los límites de velocidad.

Se deben realizar acciones en conjunto con las autoridades de la Alcaldía de Nindirí y Policía Nacional, para recuperar el espacio peatonal y los derechos de vía.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvaro Rodas. (n.d.). *Academia Edu*. Retrieved from <https://www.academia.edu/16799984/NINDIRI>
- ARPEM. (2023, JULIO 7). *Tipos de colisión*. Retrieved from <https://www.arpem.com/seguros-coche/articulos/tipos-de-colision-en-carretera/>
- Banco Mundial. (2012). *GUIA PARA EL INVENTARIO DE ELEMENTOS PARA LA CONSERVACION VIAL*. Tegucigalpa.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2019). *Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones*. México: Alfaomega.
- Egr. Ronald Cesar Gómez Johnson. (2004). *Texto Guia Ingenieria de Tráfico*. Cochabamba, Bolivia.
- EUROINNOVA. (2022, Noviembre). *Seguridad vial*. Retrieved from <https://www.euroinnova.com.ni/blog/que-es-seguridad-vial>
- Gonzalez, R. (2023). Concepto de aforo vehicular. *SignificadosWeb*, 2.
- M.C. Jimenez Fonseca, J. Q. (2007). *Manual de estudios de ingenieria de transito y transporte*. Tunja.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2020). *Red Vial de Nicaragua*. Managua.
- Mora, D. (2023). *Principales causas de accidentes de transito*. Managua: Policia Nacional.
- Moreno, B. (2016, Mayo 25). *EADIC*. Retrieved from <https://eadic.com/blog/entrada/estudio-de-transito-impactos-resultados-y-herramientas/>
- MTI, Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2023). *ANUARIO DE AFOROS DE TRÁFICO AÑO 2022*. Managua.

- Nicaragua, P. N. (2014, Abril 08). *Ley N°431*. Retrieved from <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/3133c0d121ea3897062568a1005e0f89/b55a35aabcb039306257cfb005181ef>
- OIAV. (2019, agosto). *CONCEPTOS GENERALES* . Retrieved from <https://oiavtraffic.com/conceptos>
- Organizacion Mundial de la Salud. (2022, junio 30). *El horizonte de 2030 para la seguridad vial: asegurar una década de acción y resultados*. Retrieved from <https://www.who.int/es/news/item/30-06-2022-new-political-declaration-to-halve-road-traffic-deaths-and-injuries-by-2030-is-a-milestone-achievement>
- Policia Nacional. (2018 - 2022). Datos estadísticos de accidentalidad.
- Romana, M., Nuñez, M., Martínez, J. M., & Diez de Arizaleta, R. (2010). *Highway Capacity Manual*. EEUU: FC.
- SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito* .
- SIECA. (2010). *Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestion de riesgo y seguridad vial*.
- SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial*.
- SIECA. (2014). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*.

ANEXOS

Figura 30. Señal vertical, CRUZ NEGRA DESPACIO 45 KPH, banda izquierda, estación 30+840



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 31. Señal vertical, CEDA EL PASO, banda derecha, estación 33+228



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 32. Señal vertical, NO ADELANTAR, banda izquierda, estación 28+700



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 33. Señal horizontal, Línea doble combinada, estación 27+000 – 27+100



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 34. Señal horizontal, Línea sencilla, estación 27+100 – 27+412



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 35. Señal horizontal, Flechas direccionales, estación 30+520



Fuente: Tomada por sustentantes

Figura 36. Tipología vehicular

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
1	Motos		2	Eje 1-2: 0.00 a 1.83
2	Automóviles y Vehículos con separación de ejes similares a: <ul style="list-style-type: none">  Jeeps cabina  sencilla  Camionetas  Livianos de carga 	     	2	Eje 1-2: 1.83 a 2.71
			3	Eje 1-2: 1.83 a 2.71 Eje 2-3: 1.83 a 7.00
			4	Eje 1-2: 1.83 a 2.71 Eje 2-3: 1.83 a 10.7 Eje 3-4: 0.00 a 0.98

Fuente: tabla no. 11, pág. 40 – 44, anuario de tráfico 2022

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
3	Camionetas y vehículos con separación de ejes similares a: <ul style="list-style-type: none">  Jeeps cabina doble  Microbuses  Paneles medianos 		2	Eje 1-2: 2.71 a 3.14
				
				
				
			3	Eje 1-2: 2.71 a 3.14 Eje 2-3: 1.83 a 7.00
			4	Eje 1-2: 2.71 a 3.14 Eje 2-3: 1.83 a 10.7 Eje 3-4: 0.00 a 0.98
4	Mínibuses Buses		2	Eje 1-2: 6.10 a 12.2 Eje 1-2: 3.14 a 3.40 Eje 1-2: 5.00 a 5.42
				
			3	Eje 1-2: 7.01 a 12.2 Eje 2-3: 0.00 a 1.83
				

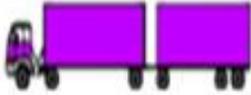
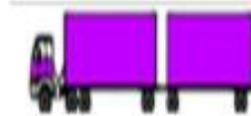
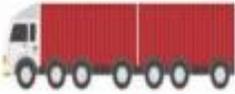
Fuente: tabla no. 11, pág. 40 – 44, anuario de tráfico 2022

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
5	Camiones de 2 ejes:		2	Eje 1-2: 3.40 a 5.0
	Livianos De Carga			Eje 1-2 5.42 a 6.1
	Camiones De Carga C2			
6	Camiones de 3 ejes:	 	3	Eje 1-2: 1.83 a 7.00
	Camiones de Carga C3			Eje 2-3: 0.00 a 1.83
7	Camiones de 4 ejes:		4	Eje 1-2: 1.83 a 7.00
				Eje 2-3: 0.00 a 1.83
				Eje 3-4: 0.00 a 1.83
				Eje 1-2: 1.83 a 7.00
				Eje 2-3: 1.83 a 2.74
				Eje 3-4: 0.98 a 1.83

Fuente: tabla no. 11, pág. 40 – 44, anuario de tráfico 2022

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
9	Camiones de 5 ejes similares a: semi articulados Tx-Sx = 5		5	Eje 1-2: 1.83 a 7.92 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 1.83 a 15.2 Eje 4-5: 0.00 a 3.35
				Eje 1-2: 1.83 a 7.92 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 1.83 a 7.00 Eje 4-5: 3.35 a 8.23
10	Camiones de 6 ejes similares a: semi articulados Tx-Sx = 6		6	Eje 1-2: 1.83 a 6.70 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 0.00 a 15.2 Eje 4-5: 0.00 a 3.35 Eje 5-6: 0.00 a 3.35
11	Camiones de 3 ejes con remolque de 2 ejes similares a: Tx-Rx = 5 Cx-Rx=5		5	Eje 1-2: 1.83 a 5.18
				Eje 2-3: 3.35 a 7.62
				Eje 3-4: 1.83 a 5.49
				Eje 4-5: 3.35 a 7.62

Fuente: tabla no. 11, pág. 40 – 44, anuario de tráfico 2022

NO.	CLASE / TIPO DE VEHICULO	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACIÓN DE EJES (m)
12	Semiarticulados de 3 ejes con remolque de 2 y 3 ejes similares a: Tx-Rx =6		6	Eje 1-2: 1.83 a 6.70 Eje 2-3: 0.00 a 7.62 AX3-4: 1.83 a 5.49 AX4-5: 3.35 a 7.62 AX5-6: 0.00 a 1.83
			6	AX1-2: 1.83 a 6.70 AX2-3: 0.00 ta 1.83 AX3-4: 0.00 a 7.62 AX4-5: 1.83 a 5.49 AX5-6: 3.35 a 7.62
13	Camiones o vehículos de 7 ejes, sin espacio entre ejes definido		7	
14	Camiones o vehículos de 8 ejes, sin espacio entre ejes definido		8	
15	Predeterminado sin clasificar			

Fuente: tabla no. 11, pág. 40 – 44, anuario de tráfico 2022

Tabla 30. Factor de ajuste $f_{g,ATS}$ para determinar la velocidad sobre segmentos de dos vías y direccionales

Rango de flujo de dos vías (vehículos/hora)	Rango de flujo direccional (vehículos/hora)	Tipo de terreno	
		Plano	Ondulado
0 – 600	0 – 300	1.00	0.71
> 600 – 1200	> 300 – 600	1.00	0.93
> 1200	> 600	1.00	0.99

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA 2011), cuadro 2.9.

Tabla 31. Factor de ajuste $f_{g,ATS}$ para determinar la velocidad sobre segmentos de dos vías y direccionales

Rango de flujo de dos vías (vehículos/hora)	Rango de flujo direccional (vehículos/hora)	Tipo de terreno	
		Plano	Ondulado
0 – 600	0 – 300	1.00	0.77
> 600 – 1200	> 300 – 600	1.00	0.94
> 1200	> 600	1.00	1.00

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA 2011), cuadro 2.10.

Tabla 32. Equivalente del número de vehículos por camión y vehículo recreacional para determinar la velocidad en segmentos de dos vías y direccional

Tipos de vehículos	Rango de flujo de dos vías (vehículos/hora)	Rango de flujo direccional (vehículos/hora)	Tipos de terreno	
			Plano	Ondulado
E _T	0 – 600	0 – 300	1.7	2.5
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1.2	1.9
	> 1200	> 600	1.1	1.5
E _R	0 – 600	0 – 300	1.0	1.1
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1.0	1.1
	> 1200	> 600	1.0	1.1

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA 2011), cuadro 2.11.

Tabla 33. Equivalente del número de vehículos por camión y vehículo recreacional para determinar la velocidad en segmentos de dos vías y direccional

Tipos de vehículos	Rango de flujo de dos vías (vehículos/hora)	Rango de flujo direccional (vehículos/hora)	Tipos de terreno	
			Plano	Ondulado
E _T	0 – 600	0 – 300	1.1	1.8
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1.1	1.5
	> 1200	> 600	1.0	1.0
E _R	0 – 600	0 – 300	1.0	1.0
	> 600 – 1200	> 300 – 600	1.0	1.0
	> 1200	> 600	1.0	1.0

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA 2011), cuadro 2.12.

Tabla 34. Ajuste $f_{np,ATS}$ para la velocidad promedio de viaje debido al porcentaje

Tasa de demanda dos vías,	Reducción en velocidad promedio de viaje (km/h)					
	% de zonas de no rebasar					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	1.0	2.3	3.8	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.7	6.3	7.3
600	0.0	2.5	3.8	4.9	5.5	6.2
800	0.0	2.2	3.1	3.9	4.3	4.9
1000	0.0	1.8	2.5	3.2	3.6	4.2
1200	0.0	1.3	2.0	2.6	3.0	3.4
1400	0.0	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
1600	0.0	0.8	1.3	1.7	2.1	2.4
1800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2000	0.0	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8
2200	0.0	0.8	1.0	1.4	1.5	1.7
2400	0.0	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7
2600	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6
2800	0.0	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
3000	0.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
3200	0.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA 2011), cuadro 2.13.