

Área de Conocimientos de Ingeniería y Afines

# **“DIAGNOSTICO DE ACCIDENTALIDAD DEL TRAMO PANAMERICANA NORTE; SEBACO KM 108 AL KM 113 DEPARTAMENTO DE MATAGALPA”**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero civil

**Elaborado por:**

Br. José Gabriel  
Bustos Centeno  
Carnet: 2017-0950U

Br. Bryan Octavio  
Contreras Ayala  
Carnet: 2017-0192

**Tutor:**

MSC. Gioconda Isabel  
Juárez Romero

06 de septiembre del 2024  
Managua, Nicaragua



## **AGRADECIMIENTOS**

*Quiero comenzar expresando mi gratitud a Dios por permitirme llegar hasta este momento. Agradezco de todo corazón a mi madre y padre, quienes han sido mi mayor apoyo y aliento durante todo mi recorrido como estudiante, cada paso que he dado, cada logro alcanzado ha sido gracias a ellos por su amor incondicional y dedicación. También a mis hermanos, amigos y mascotas que siempre han estado ahí para mí en todo momento. Deseo también dedicar mi tesis a mi abuelita Carmen, quien a pesar de que ya no está presente siempre será mi fuente de inspiración y ejemplo de amor incondicional, su memoria siempre seguirá guiándome y ayudándome en las decisiones que tome para mejorar cada día más. Por último, quiero agradecer profundamente a mi tutora Gioconda Juárez por su orientación y apoyo durante estos meses de arduo trabajo, su experiencia y compromiso han sido fundamental en la elaboración de esta tesis. A todos ustedes les quiero brindar mi más sincero agradecimiento por ser parte fundamental en este importante logro en mi vida.*

**José Gabriel Bustos Centeno**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primeramente, deseo expresar mi gratitud a Dios, por la sabiduría que ha depositado en mí y porque ha sido El, quién que me ha guiado y ayudado durante este arduo camino, aún en los momentos más difíciles Él nunca se apartó de mí, de no ser por El hoy no estaría aquí; también agradezco a mi familia madre, padre, tías (os) y sobre todo a mis abuelas Mayra Saravia y Haydeé Espinoza, por su apoyo incondicional, ya que siempre han sido ese brazo en el que me he apoyado, y que junto con su amor y cariño, han hecho de mí una persona con buenos valores y costumbres, que ha permanecido hasta el día de hoy, a Dios y a ellas (os) debo la persona que puedo ser hoy; también una mención especial a esos amigos y hermanos que han estado para mí durante este arduo proceso, infinitamente gracias, y a la Msc. Ing. Gioconda Juárez Romero como nuestra tutora, por su apoyo, asesoría y consejos, muchas gracias.*

**Bryan Octavio Contreras Ayala**

## RESUMEN DEL TEMA

El presente trabajo monográfico, aborda todos los criterios y estudios técnicos considerados necesarios para la realización del proyecto titulado: **“DIAGNOSTICO DE ACCIDENTALIDAD DEL TRAMO PANAMERICANA NORTE; SEBACO KM 108 AL KM 113 DEPARTAMENTO DE MATAGALPA”**.

El presente documento se compone por tres capítulos donde se muestran los aspectos generales, marco conceptual o teórico y análisis con presentación de resultados obtenidos en cada uno de los estudios realizados.

En el capítulo 1, se detalla la problemática del sitio en cuestión, lo que pretende resolverse por medio de los objetivos propuestos y la importancia del desarrollo de este tema.

En el capítulo 2, se presentan todos los componentes teóricos a comprender en cuanto a los estudios que se deben realizarse para el desarrollo de esta investigación, los cuales son el estudio de accidentalidad, inventario vial, estudio de tráfico y propuesta de seguridad vial.

En el capítulo 3, se reflejan los resultados obtenidos de los estudios realizados en esta investigación:

- Estudio de accidentalidad: se analizan las estadísticas de accidentalidad de los años 2017 hasta el 2021, proporcionados por el departamento de ingeniería de tránsito de la Policía Nacional, los accidentes ocurridos se abordan por causa, tipo, mes, semana y horas, además se determinan los puntos críticos con el fin de obtener una solución técnico-ingenieril para el tramo panamericana norte, Sébaco km 108 al km 113, Matagalpa.
- Inventario vial: en el se proporciona la información necesaria de las características físicas y geométricas tales como; la sección transversal, clasificación del terreno, uso de suelos, estado físico de la carpeta de rodamiento, obras de drenaje y señalización vertical y horizontal.

- Estudio de tráfico: se muestran las consideraciones que se tomaron en cuenta para la determinación del TPDA y nivel de servicio al que opera la vía, esto mediante la realización de un conteo vehicular cuya duración fue de 3 días (martes 20, miércoles 21, y jueves 22 de febrero 2024) durante 12 horas continuas. Así mismo, dentro de dicho capítulo se presentan los cálculos del estudio de velocidad realizado a lo largo del tramo carretero en base a uno de sus puntos críticos.
- Propuesta de seguridad vial: se presentan las soluciones técnicas en base al comportamiento de la accidentalidad, tráfico vehicular y resultados del inventario vial, soluciones que abarcan aspectos como la reparación y mantenimiento de la carpeta de rodamiento en puntos específicos, restauración y reemplazo de señales verticales, y el mantenimiento de la demarcación horizontal en zonas detalladas en dicho capítulo.

Por último, mediante el trabajo desarrollado en los capítulos anteriores, se abordan los resultados obtenidos en cada uno de los estudios ejecutados por medio de conclusiones, de igual manera, se presentan recomendaciones con el fin de que sean de utilidad en las áreas y líneas de proyectos que se considere necesario.

## INDICE

### CAPITULO I: GENERALIDADES

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1.1. Introducción.....             | 1 |
| 1.1.1. Macro localización .....    | 2 |
| 1.1.2. Micro localización .....    | 3 |
| 1.2. Objetivos.....                | 4 |
| 1.2.1. Objetivo general:.....      | 4 |
| 1.2.2. Objetivos específicos:..... | 4 |
| 1.3. Justificación.....            | 5 |

### CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Estudio de accidentalidad .....                                             | 6  |
| 2.1.1. Puntos críticos .....                                                     | 6  |
| 2.1.2. Índices de accidentabilidad .....                                         | 7  |
| 2.2. Inventario vial .....                                                       | 8  |
| 2.2.1. Clasificación funcional .....                                             | 8  |
| 2.2.2. Sección transversal del tramo de carretera en estudio.....                | 8  |
| 2.2.3. Condición y estado físico de la superficie de rodamiento.....             | 10 |
| 2.2.4. Obras de drenaje .....                                                    | 10 |
| 2.2.5. Señalización vial .....                                                   | 11 |
| 2.2.5.1. Señalización vertical .....                                             | 11 |
| 2.2.5.2. Estado de las señales verticales en el tramo .....                      | 12 |
| 2.2.5.3. Señalización horizontal .....                                           | 12 |
| 2.2.6. Bahías de buses .....                                                     | 13 |
| 2.3. Estudio de tráfico.....                                                     | 14 |
| 2.3.1. Factor de la hora de máxima demanda (FHMD) o factor pico horario (FPH) 14 |    |
| 2.3.2. Tránsito promedio diario anual (TPDA).....                                | 15 |
| 2.3.2.1. Tránsito promedio diurno TP (D) .....                                   | 15 |
| 2.3.3. Capacidad y nivel de servicio .....                                       | 15 |
| 2.3.3.1. Capacidad vial.....                                                     | 15 |
| 2.3.3.2. Nivel de servicio .....                                                 | 16 |
| 2.3.3.3. Cálculo del flujo de servicio .....                                     | 17 |
| 2.3.4. Estudio de velocidad.....                                                 | 18 |

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

|          |                                                                                            |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.     | Estudio de accidentalidad .....                                                            | 19 |
| 3.1.1.   | Resumen de accidentes, lesionados y fallecidos.....                                        | 19 |
| 3.1.2.   | Resumen de accidentalidad por causa .....                                                  | 21 |
| 3.1.3.   | Resumen de accidentalidad por tipo .....                                                   | 22 |
| 3.1.4.   | Distribución de accidentes por mes.....                                                    | 23 |
| 3.1.5.   | Distribución de los accidentes por día de semana.....                                      | 24 |
| 3.1.6.   | Distribución de accidentes por hora .....                                                  | 26 |
| 3.1.7.   | Identificación de los puntos críticos.....                                                 | 28 |
| 3.1.8.   | Cálculo de los índices de accidentabilidad, morbilidad y mortalidad ..                     | 29 |
| 3.2.     | Inventario vial .....                                                                      | 32 |
| 3.2.1.   | Tramo en estudio y clasificación funcional .....                                           | 32 |
| 3.2.2.   | Clasificación del terreno en el tramo .....                                                | 32 |
| 3.2.3.   | Uso de suelo .....                                                                         | 36 |
| 3.2.4.   | Sección transversal del tramo de carretera en estudio .....                                | 36 |
| 3.2.5.   | Condición y estado físico de la superficie de rodamiento del tramo ...                     | 38 |
| 3.2.6.   | Condiciones de las obras de drenaje .....                                                  | 41 |
| 3.2.7.   | Señalización vertical y estado actual en que se encuentra .....                            | 43 |
| 3.2.8.   | Señalización horizontal y estado actual en que se encuentra .....                          | 46 |
| 3.2.9.   | Defensas metálicas .....                                                                   | 52 |
| 3.2.10.  | Bahía de buses.....                                                                        | 54 |
| 3.3.     | Estudio de tráfico.....                                                                    | 57 |
| 3.3.1.   | Determinación de ubicación para realización de aforo vehicular.....                        | 57 |
| 3.3.2.   | Clasificación vehicular y volúmenes de tránsito.....                                       | 59 |
| 3.3.3.   | Evaluación del tránsito existente .....                                                    | 60 |
| 3.3.4.   | Volumen horario de máxima demanda (VHMD) .....                                             | 62 |
| 3.3.5.   | Cálculo del factor de la hora de máxima demanda (FHMD) o factor<br>pico horario (FPH)..... | 62 |
| 3.3.5.1. | FHMD para el día martes 20/02/2024 .....                                                   | 62 |
| 3.3.5.2. | FHMD para el día miércoles 21/02/2024 .....                                                | 62 |
| 3.3.5.3. | FHMD para el día jueves 22/02/2024 .....                                                   | 62 |
| 3.3.6.   | Determinación del tránsito promedio diario anual (TPDA).....                               | 63 |
| 3.3.6.1. | Cálculo de tránsito promedio diurno TP (D) .....                                           | 63 |

|                              |                                                                                                      |           |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3.6.2.                     | Factores de ajuste.....                                                                              | 65        |
| 3.3.6.3.                     | Cálculo tránsito promedio diario anual (TPDA) .....                                                  | 65        |
| 3.3.7.                       | Capacidad y nivel de servicio .....                                                                  | 68        |
| 3.3.7.1.                     | Relación volumen capacidad del nivel de servicio (v/c) .....                                         | 68        |
| 3.3.7.2.                     | Factor de ajuste de distribución direccional del tránsito en<br>carreteras de dos carriles (fd)..... | 69        |
| 3.3.7.3.                     | Factor de ajuste para anchos de carriles y hombros (fw) .....                                        | 70        |
| 3.3.7.4.                     | Factor de ajuste por vehículos pesados (Fhv) .....                                                   | 70        |
| 3.3.7.5.                     | Cálculo del flujo de servicio (Sfi).....                                                             | 71        |
| 3.3.8.                       | Estudio de velocidad.....                                                                            | 73        |
| 3.3.8.1.                     | Km 108.7 sentido norte-sur.....                                                                      | 73        |
| 3.3.8.2.                     | Km 108.7 sentido sur-norte.....                                                                      | 77        |
| 3.4.                         | Propuesta de seguridad vial.....                                                                     | 81        |
| 3.4.1.                       | Mejoramiento de la carpeta asfáltica en la vía .....                                                 | 81        |
| 3.4.2.                       | Señalización vertical .....                                                                          | 82        |
| 3.4.2.1.                     | Señales de prevención .....                                                                          | 83        |
| 3.4.3.                       | Delineadores de dirección tipo “chevron” (P-1-9).....                                                | 84        |
| 3.4.4.                       | Señal “Parada de autobuses” (R-10-1) .....                                                           | 85        |
| 3.4.5.                       | Postes guías .....                                                                                   | 86        |
| 3.4.6.                       | Puentes.....                                                                                         | 87        |
| 3.4.7.                       | Señalización horizontal.....                                                                         | 87        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>    |                                                                                                      | <b>89</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b> |                                                                                                      | <b>91</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>     |                                                                                                      | <b>92</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>          |                                                                                                      | <b>I</b>  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Macro localización del departamento de Matagalpa .....                                                                                                                  | 2  |
| <b>Figura 2:</b> Micro localización, estación de inicio km 108 a estación final km 113 Sébaco, Matagalpa .....                                                                           | 3  |
| <b>Figura 3:</b> Resumen de accidentalidad en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa .....                                                | 20 |
| <b>Figura 4:</b> Porcentaje de accidentes según su causa en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa.....                                   | 21 |
| <b>Figura 5:</b> Distribución de los accidentes por tipo en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa.....                                   | 22 |
| <b>Figura 6:</b> Distribución de accidentalidad por mes en el tramo carretera panamericana norte km 108 al m 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa.....                                     | 23 |
| <b>Figura 7:</b> Distribución de accidentalidad por día de semana en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa.....                          | 25 |
| <b>Figura 8:</b> Distribución de los accidentes por hora en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa.....                                   | 27 |
| <b>Figura 9:</b> Resumen de accidentes, lesionados y muertos en los puntos críticos en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco - San Isidro; Matagalpa.....        | 28 |
| <b>Figura 10:</b> Resumen de índices de accidentabilidad, morbilidad, y mortalidad por año en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa..... | 31 |
| <b>Figura 11:</b> Pendiente longitudinal del tramo, km 108 al km 110 carretera panamericana norte .....                                                                                  | 34 |
| <b>Figura 12:</b> Pendiente longitudinal del tramo, km 110 al km 113 carretera panamericana norte .....                                                                                  | 35 |
| <b>Figura 13:</b> Drenaje menor, alcantarilla sencilla (intersección camino de acceso a carreta quebrada, km 108.270).....                                                               | 41 |
| <b>Figura 14:</b> Drenaje mayor, puente de paso río viejo (km 108.730) .....                                                                                                             | 42 |
| <b>Figura 15:</b> Drenaje mayor, puente el Zanjón blanco (km 112.970) .....                                                                                                              | 42 |

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 16:</b> Señal de restricción de adelantamiento km 112.725, en buen estado .....                                                                                  | 44 |
| <b>Figura 17:</b> Señal de límite de velocidad km 112.900, en buen estado .....                                                                                            | 44 |
| <b>Figura 18:</b> Señal de advertencia de la presencia de personas km 108.430, en buen estado .....                                                                        | 44 |
| <b>Figura 19:</b> Delineador tipo “chevron” km 109.220, en buen estado .....                                                                                               | 44 |
| <b>Figura 20:</b> Señales de prevención; delineador más estribo de puente km 108.700, en estado regular .....                                                              | 45 |
| <b>Figura 21:</b> Señal completamente desprendida que, dado a su localización cercana a un puente se entiende que funcionaba como una señal de prevención km 108.750 ..... | 45 |
| <b>Figura 22:</b> Señal informativa km 110.250, en mal estado y poco legible .....                                                                                         | 45 |
| <b>Figura 23:</b> Señal informativa; puente río viejo km 108.850, en estado regular, se encuentra manchado de lodo .....                                                   | 45 |
| <b>Figura 24:</b> Cruce tipo cebra situado en el km 108.280, en estado regular .....                                                                                       | 48 |
| <b>Figura 25:</b> Línea doble combinada localizada en el km 110.000; en estado regular .....                                                                               | 49 |
| <b>Figura 26:</b> Líneas laterales y línea central, ubicadas en el km 110.720, en mal estado .....                                                                         | 49 |
| <b>Figura 27:</b> Línea de borde izquierda (sentido sur-norte), localizada en el km 111.800, en estado regular .....                                                       | 50 |
| <b>Figura 28:</b> Captaluz o vialeta ubicada en el km 110.190, bastante deteriorada se encuentra en mal estado .....                                                       | 51 |
| <b>Figura 29:</b> Captaluz o vialeta, localizada en el km 110.845; totalmente desprendida, lo que representa un deterioro total y mal estado .....                         | 51 |
| <b>Figura 30:</b> Inicio de la defensa metálica km 109.950, se encuentra en regular .....                                                                                  | 53 |
| <b>Figura 31:</b> Extremo final de la defensa metálica km 110.000, se encuentra en mal estado .....                                                                        | 53 |
| <b>Figura 32:</b> Bahía de buses km 108.263, carril izquierdo (sentido sur-norte) .....                                                                                    | 54 |
| <b>Figura 33:</b> Bahía de buses km 108.285, carril derecho (sentido sur-norte) .....                                                                                      | 55 |
| <b>Figura 34:</b> Bahía para buses, sin separador .....                                                                                                                    | 56 |

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 35:</b> Ubicación de punto de aforo del tramo km 108 al km 113 Sébaco -<br>San Isidro .....                  | 58 |
| <b>Figura 36:</b> Punto seleccionado de aforo vehicular, km 108.285 Sébaco.....                                        | 58 |
| <b>Figura 37:</b> Señal preventiva “Proximidad de una curva” (P-1-2).....                                              | IX |
| <b>Figura 38:</b> Señal preventiva “Proximidad de policía dormido” (P-9-12).....                                       | IX |
| <b>Figura 39:</b> Reductor de Velocidad deteriorado, km 112.937 carretera<br>Panamericana norte Sébaco, Matagalpa..... | IX |
| <b>Figura 40:</b> Señal preventiva “Circulación de bicicletas” (P-9-10).....                                           | X  |
| <b>Figura 41:</b> Condición del Puente río viejo .....                                                                 | X  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1:</b> Resumen de accidentalidad en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa .....                                                | 19 |
| <b>Tabla 2:</b> Resumen de los accidentes por causa en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa .....                                      | 21 |
| <b>Tabla 3:</b> Distribución de los accidentes por tipo en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa .....                                  | 22 |
| <b>Tabla 4:</b> Distribución de accidentalidad por mes en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa .....                                   | 23 |
| <b>Tabla 5:</b> Distribución de accidentalidad por día de semana en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa .....                         | 24 |
| <b>Tabla 6:</b> Distribución de los accidentes por hora en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa .....                                  | 26 |
| <b>Tabla 7:</b> Puntos críticos en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa .....                                                          | 28 |
| <b>Tabla 8:</b> Poblaciones de Sébaco y San Isidro en los periodos del 2017 – 2021                                                                                                      | 29 |
| <b>Tabla 9:</b> Resumen de índices de accidentabilidad, morbilidad, y mortalidad por año en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa ..... | 30 |
| <b>Tabla 10:</b> Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes Naturales .....                                                                                             | 33 |
| <b>Tabla 11:</b> <i>Medidas y características de las secciones transversales de la vía ...</i>                                                                                          | 37 |
| <b>Tabla 12:</b> <i>Medidas y características de las secciones transversales de la vía (Continuación) .....</i>                                                                         | 38 |
| <b>Tabla 13:</b> Daños en la superficie de rodamiento del tramo en estudio .....                                                                                                        | 39 |
| <b>Tabla 14:</b> Daños en la superficie de rodamiento del tramo en estudio (Continuación) .....                                                                                         | 40 |
| <b>Tabla 15:</b> Inventario de señalizaciones verticales levantadas en campo .....                                                                                                      | 43 |
| <b>Tabla 16:</b> Estado físico de las señales horizontales en el tramo .....                                                                                                            | 47 |
| <b>Tabla 17:</b> Inventario de bahías para autobuses del tramo en estudio .....                                                                                                         | 54 |

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 18:</b> Dimensiones típicas de las bahías para el refugio de autobuses en las carreteras regionales.....                    | 55 |
| <b>Tabla 19:</b> Volúmenes de tránsito en ambos sentidos durante 12 horas por día y fecha (febrero 2024).....                        | 59 |
| <b>Tabla 20:</b> Resumen del volumen de tránsito diurno para vehículos de pasajeros durante los 3 días aforados.....                 | 61 |
| <b>Tabla 21:</b> <i>Resumen del volumen de tránsito diurno para vehículos pesados y de carga durante los 3 días aforados.....</i>    | 61 |
| <b>Tabla 22:</b> Volumen horario de máxima demanda por día .....                                                                     | 62 |
| <b>Tabla 23:</b> Resumen del factor horario de máxima demanda (FHMD) para cada día aforado .....                                     | 63 |
| <b>Tabla 24:</b> Tránsito promedio diurno para vehículos de pasajeros .....                                                          | 64 |
| <b>Tabla 25:</b> Tránsito promedio diurno para vehículos pesados y de carga .....                                                    | 64 |
| <b>Tabla 26:</b> Vector Geográfico.....                                                                                              | 65 |
| <b>Tabla 27:</b> Factores de ajuste vehicular.....                                                                                   | 66 |
| <b>Tabla 28:</b> Tránsito promedio diario anual ( <b>TPDA</b> ) para vehículos de pasajeros                                          | 67 |
| <b>Tabla 29:</b> Tránsito promedio diario anual ( <b>TPDA</b> ) para vehículos pesados y de carga.....                               | 67 |
| <b>Tabla 30:</b> Resumen de datos obtenidos del estudio de tránsito e inventario vial .....                                          | 68 |
| <b>Tabla 31:</b> Nivel de servicio (v/c) para carreteras de dos carriles .....                                                       | 69 |
| <b>Tabla 32:</b> Factores de distribución direccional de tránsito en carreteras de dos carriles .....                                | 69 |
| <b>Tabla 33:</b> Factor de ajuste por efecto combinado de carriles angostos y hombros restringidos, carreteras de dos carriles ..... | 70 |
| <b>Tabla 34:</b> Automóviles equivalentes por camiones y autobuses en función del tipo del terreno, carreteras de dos carriles ..... | 70 |
| <b>Tabla 35:</b> Distribución de velocidades en el km 108.7 sentido N-S, para vehículos livianos .....                               | 74 |
| <b>Tabla 36:</b> Distribución de velocidades en el km 108.7 sentido N-S, para vehículos pesados.....                                 | 75 |

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 37:</b> Distribución de velocidades expresada en (%) para vehículos livianos .....                                                         | 76  |
| <b>Tabla 38:</b> Distribución de velocidades expresada en (%) para vehículos pesados .....                                                          | 76  |
| <b>Tabla 39:</b> Distribución de velocidades en el km 108.7 sentido S-N, para vehículos livianos .....                                              | 78  |
| <b>Tabla 40:</b> Distribución de velocidades en el km 108.7 sentido S-N, para vehículos pesados.....                                                | 79  |
| <b>Tabla 41:</b> <i>Distribución de velocidades expresada en (%) para vehículos livianos</i> .....                                                  | 80  |
| <b>Tabla 42:</b> Distribución de velocidades expresada en (%) para vehículos pesados .....                                                          | 80  |
| <b>Tabla 43:</b> Colocación de señales verticales .....                                                                                             | 84  |
| <b>Tabla 44:</b> Señales propuestas de delineadores tipo “chevron” en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco, Matagalpa..... | 85  |
| <b>Tabla 45:</b> Señales propuestas de “Parada de autobuses” en el tramo Carretera Panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco, Matagalpa .....      | 86  |
| <b>Tabla 46:</b> Propuesta de postes guías en el tramo Carretera Panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco, Matagalpa.....                         | 86  |
| <b>Tabla 47:</b> Líneas de señalización en mal estado o regular .....                                                                               | 88  |
| <b>Tabla 48:</b> Formato utilizado para aforo vehicular .....                                                                                       | I   |
| <b>Tabla 49:</b> <i>Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido S-N/ martes 20/02/24.....</i>       | II  |
| <b>Tabla 50:</b> <i>Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido N-S/ martes 20/02/24.....</i>       | III |
| <b>Tabla 51:</b> <i>Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido S-N/ miércoles 21/02/24 .....</i>   | IV  |
| <b>Tabla 52:</b> <i>Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido N-S/ miércoles 21/02/24 .....</i>   | V   |
| <b>Tabla 53:</b> <i>Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido S-N/ jueves 22/02/24 .....</i>      | VI  |

|                                                                                                                                                |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tabla 54:</b> <i>Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido S-N/ jueves 22/02/24 .....</i> | <b>VII</b>  |
| <b>Tabla 55:</b> <i>Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico.....</i>                                                           | <b>VIII</b> |



# **CAPITULO I: GENERALIDADES**

## **1.1. Introducción**

El transporte en las vías es de vital importancia ya que, por medio de este, se permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud; siendo estas las principales actividades en el desarrollo económico y social de un país.

La seguridad vial busca prevenir los accidentes de tránsito y reducir considerablemente el daño que estos puedan provocar, ya que, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los accidentes de tránsito son la segunda de las principales causas de muerte a nivel mundial entre los jóvenes de 05 a 29 años de edad; con lo que se evidencia una gran necesidad de conocer y aplicar, en nuestro día a día las buenas prácticas en seguridad vial (Zaguirre, 2018).

Según un análisis de datos oficiales realizado por el Boletín de noticias Nicaragua Investiga, hasta agosto 2 del 2022, los accidentes de tránsito en Nicaragua fueron los causantes del fallecimiento de 453 personas. Durante el período comprendido entre el 3 de enero al 24 de julio 2022 la dirección de Tránsito Nacional de Nicaragua contabiliza un total de 22,559 colisiones a nivel nacional. En promedio los datos reflejan que por cada 50 accidentes ocurre una muerte.

El tramo en estudio es uno de los más transitados, por lo que, la dirección de Tránsito Nacional considera que es muy propenso a sufrir accidentes, por ello, con el objetivo de identificar las principales causas de accidentes en el tramo de carretera panamericana norte, Sébaco km 108 al km 113, emplearemos métodos científicos de la ingeniería civil; tomando en cuenta los datos proporcionados por Policía de Tránsito Nacional y evaluando soluciones que nos permitan intervenir, disminuyendo la tasa de accidentalidad.

### 1.1.1. Macro localización

**Figura 1:** Macro localización del departamento de Matagalpa



Fuente: <http://embajadadenicaragua.org/pages/organizacion-territorial-de-nicaragua/departamentos-de-nicaragua/matagalpa.php>

### 1.1.2. Micro localización

**Figura 2:** Micro localización, estación de inicio km 108 a estación final km 113 Sébaco, Matagalpa



Fuente: [https://www.bing.com/maps/?pc=W8AP&form=WNAMSH&rtp=pos.12.874813\\_-](https://www.bing.com/maps/?pc=W8AP&form=WNAMSH&rtp=pos.12.874813_-86.130436_Panamericana%2C+S%C3%A9baco%2C+Matagalpa%2C+Nicaragua%7Epos.12.90184_-86.166835_Panamericana%2C+Alejandro+Espinoza%2C+Matagalpa%2C+Nicaragua&mode=d&cp=12.88621%7E-86.133936&lvl=1)

[86.130436\\_Panamericana%2C+S%C3%A9baco%2C+Matagalpa%2C+Nicaragua%7Epos.12.90184\\_-](https://www.bing.com/maps/?pc=W8AP&form=WNAMSH&rtp=pos.12.874813_-86.130436_Panamericana%2C+S%C3%A9baco%2C+Matagalpa%2C+Nicaragua%7Epos.12.90184_-86.166835_Panamericana%2C+Alejandro+Espinoza%2C+Matagalpa%2C+Nicaragua&mode=d&cp=12.88621%7E-86.133936&lvl=1)

[86.166835\\_Panamericana%2C+Alejandro+Espinoza%2C+Matagalpa%2C+Nicaragua&mode=d&cp=12.88621%7E-86.133936&lvl=1](https://www.bing.com/maps/?pc=W8AP&form=WNAMSH&rtp=pos.12.874813_-86.130436_Panamericana%2C+S%C3%A9baco%2C+Matagalpa%2C+Nicaragua%7Epos.12.90184_-86.166835_Panamericana%2C+Alejandro+Espinoza%2C+Matagalpa%2C+Nicaragua&mode=d&cp=12.88621%7E-86.133936&lvl=1)

Nomenclatura:

Punto A: Km 108; punto B: Km 113.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general:**

Realizar un diagnóstico de accidentalidad del tramo panamericana norte, Sébaco km 108 al km 113, departamento de Matagalpa.

### **1.2.2. Objetivos específicos:**

- Analizar los datos estadísticos proporcionados por la Policía Nacional, para la identificación de las principales causas de accidentalidad y los puntos críticos en el tramo de estudio.
- Ejecutar un inventario vial, realizando las mediciones en campo con el fin de la determinación del estado actual de todos los elementos geométricos existentes en la vía.
- Realizar un estudio de tráfico mediante un aforo vehicular determinando el tránsito promedio diario anual (TPDA), composición vehicular, capacidad y nivel de servicio al que opera la vía; por medio del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2004.
- Proponer una solución técnico-ingenieril en base a los resultados obtenidos de los diferentes estudios realizados, mediante el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA 2014.

### **1.3. Justificación**

Los accidentes de tránsito suelen provocar pérdidas materiales considerables, además de atentar muchas veces contra salud e integridad humana, causando lesiones y en casos muy conmovedores la pérdida de la vida misma, sin indicadores o parámetros que valoren y compensen debidamente estas pérdidas de vida humana.

El crecimiento de la población en el país, y el aumento del parque automotor, pone a las autoridades en una situación alarmante ya que en los últimos años la educación vial ha sido menospreciada y esto ha conllevado a una mayor cantidad de accidentes de tránsito.

A solicitud de especialistas de tránsito de la Policía Nacional, se llevará a cabo el presente diagnóstico de accidentalidad en el tramo carretera panamericana norte, municipio de Sébaco. Con el debido análisis se pretende identificar las causas probables que provocan los accidentes de tránsito, esto con el objetivo de brindar una futura base de partida para nuevas investigaciones sobre seguridad vial en el municipio; donde, la protección de la vida humana debe ser, en este caso, la prioridad fundamental del ingeniero que solicita la implementación de esta monografía de seguridad vial; esta es la principal justificación para la realización de este estudio.

Por ello utilizando los datos proporcionados por la dirección de seguridad de tránsito de la Policía Nacional y conocimientos obtenidos de la carrera de ingeniería civil, se identificarán los puntos críticos y posibles soluciones empleando el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA 2014; que ayudarán de gran manera a las autoridades correspondientes, así como a la población en general, reduciendo los índices de accidentalidad que van creciendo año con año.



## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

## **2.1. Estudio de accidentalidad**

Según Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales (2018), expresan: “las dos consecuencias principales del problema de tránsito lo constituyen la accidentalidad y el congestionamiento”. De ellos, el primero es de orden vital y por eso de gran importancia, ya que significa grandes bajas entra la población, por el resultado en muertos y heridos, además de la pérdida económica que representa. (Pág. 574).

Las soluciones diversas aplicadas a través del correcto análisis del problema, puede rendir resultados muy valiosos, salvando muchas vidas y evitando un gran número de lesionados, que quizás quedarán lisiados para siempre, así como el ahorro de grandes pérdidas económicas. Es por ello que la accidentalidad es uno de los estudios más importantes de la ingeniería de tránsito, partiendo desde el análisis de las causas de los accidentes de tránsito, tipos de accidentes, puntos críticos y los índices de accidentalidad (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018, pág. 575).

### **2.1.1. Puntos críticos**

Según Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales (2018), principalmente interesa llevar la estadística de accidentes por ubicación de los mismos, por las personas físicas que intervienen en ellos. Interesa irlos acumulando de acuerdo a la ubicación (georreferenciados) para que en cualquier momento se puedan analizar los accidentes de cierto lugar. A aquellos lugares donde se presenta un número elevado de accidentes se les puede definir como puntos críticos.

La variación de la frecuencia de accidentes, a través del año, permite conocer las épocas cuando se deben enfatizar labores educativas y de vigilancia. Hay épocas perfectamente en las cuales suben las estadísticas de accidentes, como ocurre en las vacaciones de semana santa, fin de año y en otras festividades cuando la gente congestiona las carreteras (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018, pág. 587).

### 2.1.2. Índices de accidentabilidad

Según Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales (2018), los índices a determinarse son el de accidentabilidad (número de accidentes), el de morbilidad (número de heridos) y el de mortalidad (número de muertos), con respecto al número de habitantes en el año de que se trate, expresado por cada 100,000 habitantes. Matemáticamente expresado como:

- **Índice de accidentalidad:  $I_{A/P}$**

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

Indica el número de accidentes en el año por cada 100,000 habitantes

- **Índice de morbilidad:  $I_{morb/P}$**

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

- **Índice de mortalidad:  $I_{mort/P}$**

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

## **2.2. Inventario vial**

Según la Revista Facultad de Ingeniería, Vol. 20, No. 30 define que el inventario vial “es el proceso metodológico que permite conocer las condiciones de operabilidad y funcionalidad de una vía, a partir de una descripción detallada de sus condiciones físicas, geométricas y de diseño; mediante la inspección visual, realizando un reconocimiento a lo largo del tramo en estudio, para conocer y cuantificar los elementos que conforman la vía; elementos tales como dispositivos de señalización vertical y horizontal, ancho de corona, derecho de vía, condición de la superficie de rodamiento, y estructuras de drenaje; y calificar sus condiciones” (Quintero, 2011, pág. 66).

### **2.2.1. Clasificación funcional**

La Red Vial del MTI (2020), clasifica las carreteras del país en cinco tipos: Troncal Principal (**TP**), Troncal Secundaria (**TS**), Colectora Principal (**CP**), Colectora Secundaria (**CS**), y Camino Vecinal (**CV**).

Por lo tanto, un tramo de carretera puede ser clasificado según sus funciones y características dentro de estos cinco tipos.

### **2.2.2. Sección transversal del tramo de carretera en estudio**

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, en el capítulo cuatro expresa lo siguiente refiriéndose al diseño de la sección transversal, “además de la seguridad, se deben considerar las características operativas del tránsito, la estética, los patrones de velocidad, la capacidad y sus niveles de servicio, tomando en cuenta además las dimensiones de los vehículos de diseño, sus características operativas y la conducta muy particular de los conductores centroamericanos” (Leclair, 2004, pág. 4-4).

También el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004), introduce los siguientes conceptos:

- **Los carriles de circulación:** son la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de la calzada o superficie de rodamiento la sumatoria de los carriles, a la que también se hace referencia en la clasificación de las carreteras
- **Hombros o espaldones:** son franjas de carretera ubicadas contiguo a los carriles de circulación y que, en conjunto con estos, constituyen la corona o sección comprendida entre los bordes de los taludes, tienen su justificación en la necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido, para llenar la importante función de dar estabilidad estructural a los carriles de circulación vehicular por medio del confinamiento, para permitir los movimientos peatonales en ciertas áreas donde la demanda lo justifique, y para proporcionar el espacio lateral libre suficiente para la instalación de las señales verticales de tránsito.
- **Aceras o andenes:** su uso se limita a la circulación peatonal en ellas, se deben construir aceras en las calles y en las carreteras que carezcan de hombros, procurándose en este último caso que las aceras estén fuera de la pista de rodaje, y posiblemente, en los límites del derecho de vía.
- **Bordillos y cunetas:** se usan extensamente en carreteras urbanas y suburbanas, siendo su uso limitado o nulo, en las carreteras rurales. Son el control del drenaje, la delimitación del borde del pavimento, la determinación del borde de las aceras, o simplemente por razones de estética.
- **Derecho de vía:** es la franja de terreno que adquiere el dueño de una carretera, normalmente el estado, para la construcción de la misma, incluyendo dentro de sus límites el diseño de la calzada, los hombros, las medianas y todos los demás elementos que conforman la sección transversal típica de este tipo de instalaciones, conforme su clasificación funcional. (Pág. 4-77).

### 2.2.3. Condición y estado físico de la superficie de rodamiento

El estado físico de las carreteras refleja el daño que estas presentan en dependencia del uso y función que desempeñan, así mismo mediante la inspección de los daños se determina el nivel de conformidad y servicio que brinda la vía a los usuarios.

El Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA (2010), indica que una superficie de rodamiento puede encontrarse en los siguientes estados:

- **Buen estado:** Condición que corresponde una carretera con tránsito constante, y con poco desgaste, que no presenta deterioro o irregularidades como desprendimiento de agregados, baches, agrietamiento por piel de cocodrilo o fisuras, etc. Es decir, se mantiene en un estado nítido similar al de su construcción.
- **Estado regular:** Condición equivalente a la que es atribuible una carretera con poco deterioro, ya sea por deformaciones, desprendimientos o por algún tipo de agrietamiento, brindando un menor nivel de comodidad y conformidad a los usuarios en comparación con el anterior
- **Mal estado:** Condición deteriorada con un nivel muy bajo de conformidad para servir a los usuarios, es aquella carretera que presenta baches o excavaciones en su estructura, esto debido a la infiltración de agua en la base y subbase de la vía, y el paso continuo de vehículos pesados con exceso de carga. (Pág. 31).

### 2.2.4. Obras de drenaje

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, expresa que “las obras de drenaje son elementos que nos ayudan a evacuar rápidamente las aguas y evitar que estas se infiltren dentro de la estructura del pavimento provocando daños en la superficie de rodamiento de una carretera, ocasionándole daños que pueden ser considerables y de efectos inmediatos o a corto plazo”.

“Los canales de drenaje o cunetas se constituyen a los lados de las carreteras para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o puentes; así como alejarlas de las carreteras en concordancia con la configuración topográfica de su localización” (Leclair, 2004, pág. 4-4).

#### **2.2.5. Señalización vial**

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA (2014), Las señales son dispositivos de control de tránsito que surgen por la necesidad de mantener informado al usuario o conductor de un vehículo automotor acerca de las características de la vía por la que transita.

##### **2.2.5.1. Señalización vertical**

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA, en el capítulo dos define que “las señales verticales son estructuras constituidas por placas fijadas en postes e instaladas sobre las vías o adyacentes a ellas, con el fin de transmitir un mensaje a los usuarios, a través de símbolos o palabras y en base a la reglamentación del tránsito vigente, o para advertir acerca de algún peligro existente en el camino y su entorno; también sirven para guiar e informar sobre rutas, ubicación y nombres de lugares, poblaciones y servicios” (Castroconde Monzón, 2014, pág. 2-1).

Según el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA (2014), desde el punto de vista funcional, las señales verticales se clasifican en:

- **Señales de reglamentación:** son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito de cada país.
- **Señales de prevención:** son las que indican al conductor las condiciones prevalecientes en una carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza.

- **Señales de información:** son las que guían o informan al conductor sobre ubicación y nombre de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés y cualquier otra información geográfica, recreacional o cultural pertinente para facilitar la orientación de los usuarios. (Pág. 2-1).

#### **2.2.5.2. Estado de las señales verticales en el tramo**

Según el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA (2011), en su sección 1.5 y 2.1.28, expone que:

- Las señales de tránsito en **mal estado** son aquellas estructuras verticales que presentan deterioro total, están rayadas, con manchas o incluso caídas sobre la vía.
- Las señales de tránsito que se encuentran en un **estado regular** son aquellas señalizaciones que presentan poco deterioro o son obstruidas por la vegetación de zona.
- Y como último punto, las señales en **buen estado**, que son todas aquellas estructuras verticales de carácter informativo, preventivo y reglamentario que se encuentran en perfectas condiciones para realizar su función, con la que a inicio fue diseñada.

#### **2.2.5.3. Señalización horizontal**

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA, en el capítulo tres expresa que “las señales horizontales son el complemento fundamental de las señales verticales, están constituidas por flechas, líneas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación. Estas suelen ser de color amarillo o blanco, y cumplen como un importante elemento de seguridad al ubicar a los conductores en espacios correspondientes como islas canalizadoras, cruces peatonales, marcas de flechas direccionales; con el fin de regular o canalizar el tráfico vehicular y dar paso a la circulación de peatones” (Castroconde Monzón, 2014, pág. 3-1).

### **2.2.6. Bahías de buses**

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, expresa: “para evitar conflictos entre la corriente de tránsito principal y los vehículos de transporte colectivo que están obligados por la naturaleza de su servicio a detenerse en su recorrido por la vía, para recoger y bajar pasajeros, debe construirse un número adecuado de apartaderos o bahías para autobuses a lo largo de las carreteras”.

“Las bahías o paradas de autobuses se sitúan en las calzadas, donde funcionan como referencia física visible de la existencia del paso de transporte colectivo. Estos espacios públicos también están destinados con el fin de brindar seguridad y refugio a los usuarios en espera del transporte colectivo” (Leclair, 2004, pág.4-17).

La localización de las paradas de autobuses en carreteras debe hacerse de manera que, situadas en las proximidades de los focos de generación de la demanda de usuarios tales como: centros de actividad, itinerarios de peatones, intersecciones, etc., interfieran lo menos posible en el funcionamiento vial (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2004, pág. 4-17).

### 2.3. Estudio de tráfico

Según el Manual para la Revisión de Estudios de Tránsito del MTI (2008), el tráfico se define como el flujo de vehículos que transportan personas o bienes, y que circulan por un tramo de carretera en un determinado período de tiempo. Este se realiza con el propósito de determinar los volúmenes y composición vehicular en el tramo que se desee estudiar, ya que mediante los volúmenes de tránsito y su comportamiento pueden identificarse los alcances de operabilidad, funcionalidad y demanda, con los que cuenta una carretera.

La medición de los volúmenes de tránsito vehicular se obtiene mediante la implementación de medios mecánicos y manuales, a través de conteos o aforos volumétricos de tránsito en las propias carreteras. Los aforos vehiculares, por lo general se llevan a cabo por un mínimo de 12 horas, entre las 6:00 AM – 6:00 PM con intervalos de tiempo de 15 minutos. (Pág. 28).

#### 2.3.1. Factor de la hora de máxima demanda (FHMD) o factor pico horario (FPH)

Según el Manual para la Revisión de Estudios de Tránsito del MTI (2008), afirma: “se llama Factor horario de máxima demanda FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda VHMD, y el volumen máximo  $Q_{máx}$ , que se presenta durante un período dado dentro de dicha hora” (Pág. 48).

El factor de la hora de máxima demanda calculado real es determinado por medio de la siguiente ecuación:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{15máx})} \quad \text{Ecuación 4}$$

Fuente: Manual para la Revisión de Estudios de Tránsito del MTI, (2008).

Donde:

FHMD: Factor Horario de Máxima Demanda.

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda.

$Q_{15 \text{ máx}}$ : Volumen del periodo de 15 minutos de mayor demanda en la hora de máxima demanda.

### 2.3.2. Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, SIECA (2011), expresa que “la unidad general de medida del tránsito sobre una carretera es el volumen del tránsito promedio diario anual (TPDA). El TPDA se define como el volumen total durante un período determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, dividido por el número de días comprendido en ese período de tiempo” (Pág. 49).

$$\text{TPDA} = \text{TP(D)}_{12\text{hrs}} * F_d * F_s * F_e \quad \text{Ecuación 5}$$

Fuente: Anuario de aforos de tráfico del MTI (2019).

Donde:

$\text{TP(D)}_{12\text{hrs}}$  : Tránsito promedio diurno 12 hrs.

$F_d$ : Factor día.

$F_s$ : Factor semana.

$F_e$ : Factor expansión.

#### 2.3.2.1. Tránsito promedio diurno TP (D)

Es el número total de vehículos que pasan durante el día.

$$\text{TP (D)} = \frac{\text{Acumulado de conteo vehicular por tipo de vehículo}}{\text{Cantidad de días de aforo}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Fuente: Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales (2018, pág. 183).

### 2.3.3. Capacidad y nivel de servicio

#### 2.3.3.1. Capacidad vial

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004), define la capacidad vial como:

El máximo volumen de vehículos que pueden circular por un punto o sección de carretera, bajo condiciones prevalecientes de la carretera y el tránsito. El flujo máximo del tránsito en una carretera es su capacidad, que ocurre cuando se alcanza la densidad crítica, que se mide en vehículos por kilómetro, y el tránsito se mueve a la velocidad crítica. Esto regularmente ocurre en la hora pico del volumen del tránsito, su período más crítico.

Bajo condiciones ideales del tránsito y de las vías, en carreteras de dos carriles, se alcanzan capacidades de 2,800 automóviles por hora sumando ambos sentidos de circulación. Debido a estas consideraciones técnicas las carreteras se diseñan para operar a volúmenes horarios por debajo de la capacidad. (Pág. 2-14).

#### **2.3.3.2. Nivel de servicio**

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004), afirma que: “el nivel de servicio es el flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestionamiento alcance los niveles preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores, dispuestos quizá a tolerar un mínimo de congestionamiento. Conviene aclarar que hablar de congestionamiento en una carretera no es hablar de paralización de todo el movimiento, el congestionamiento se inicia con la creciente interferencia o fricción entre los vehículos en la corriente del tránsito, que empieza a perder su calidad de flujo libre” (Pág. 2-16).

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2004, pág. 2-16, también describe los seis niveles de servicio, identificados subjetivamente por las letras desde la A hasta la F, donde al nivel de servicio A se logra un flujo vehicular totalmente libre, con una relación volumen/capacidad del orden de 0.35 para las autopistas, mientras que al nivel de servicio F se alcanza el flujo forzado que refleja condiciones de utilización a plena capacidad de la vía o de sus componentes esenciales, como decir las rampas y las secciones para entrecruzamientos.

Las condiciones generales de operación para los niveles de servicio, se describen sumariamente de la siguiente manera:

**Nivel de servicio A:** Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.

**Nivel de servicio B:** Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.

**Nivel de servicio C:** Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.

**Nivel de servicio D:** Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.

**Nivel de servicio E:** Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.

**Nivel de servicio F:** Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

#### **2.3.3.3. Cálculo del flujo de servicio**

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2004, pág. 2-17, el cálculo del flujo de servicio (**S<sub>fi</sub>**), se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{S_{fi} = 2,800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{hv}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

S<sub>fi</sub> = Volumen de servicio para nivel de servicio seleccionado.

2800 = Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora.

V/C = Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio.

f<sub>d</sub> = Factor de distribución direccional del tránsito.

f<sub>w</sub> = Factor ajuste por efecto combinado de ancho carril y hombro.

f<sub>h</sub>v = Factor de vehículos pesados, el cual se determina mediante la siguiente formula:

$$f_{hv} = \frac{1}{[1 + PT (ET-1) + PB (EB - 1) + PR (ER - 1)]}$$

Ecuación 8

Fuente: SIECA, 2004, pág. 2-18.

Donde:

ET = equivalencias en automóviles para camiones pesados.

EB = equivalencias en automóviles para autobuses.

ER = equivalencias en automóviles en vehículos recreacionales.

#### **2.3.4. Estudio de velocidad**

Según Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales (2018), afirma: los estudios de la velocidad de punto se conducen para estimar la distribución de velocidades de los vehículos en una corriente de tráfico, en una localización particular de carretera. Se estima para determinar la velocidad de un punto sobre la vía en una sección transversal.

Para la realización del siguiente estudio se ha seleccionado el punto del km 108.7 en ambos sentidos como referencia, utilizando el método de cálculo “Velocidad de punto o instantánea”, el cual consiste básicamente en la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que tarda en recorrerlo. Para el cálculo de dicha relación podemos expresarlo con la siguiente formula:

$$V = \frac{d}{t}$$

Ecuación 9

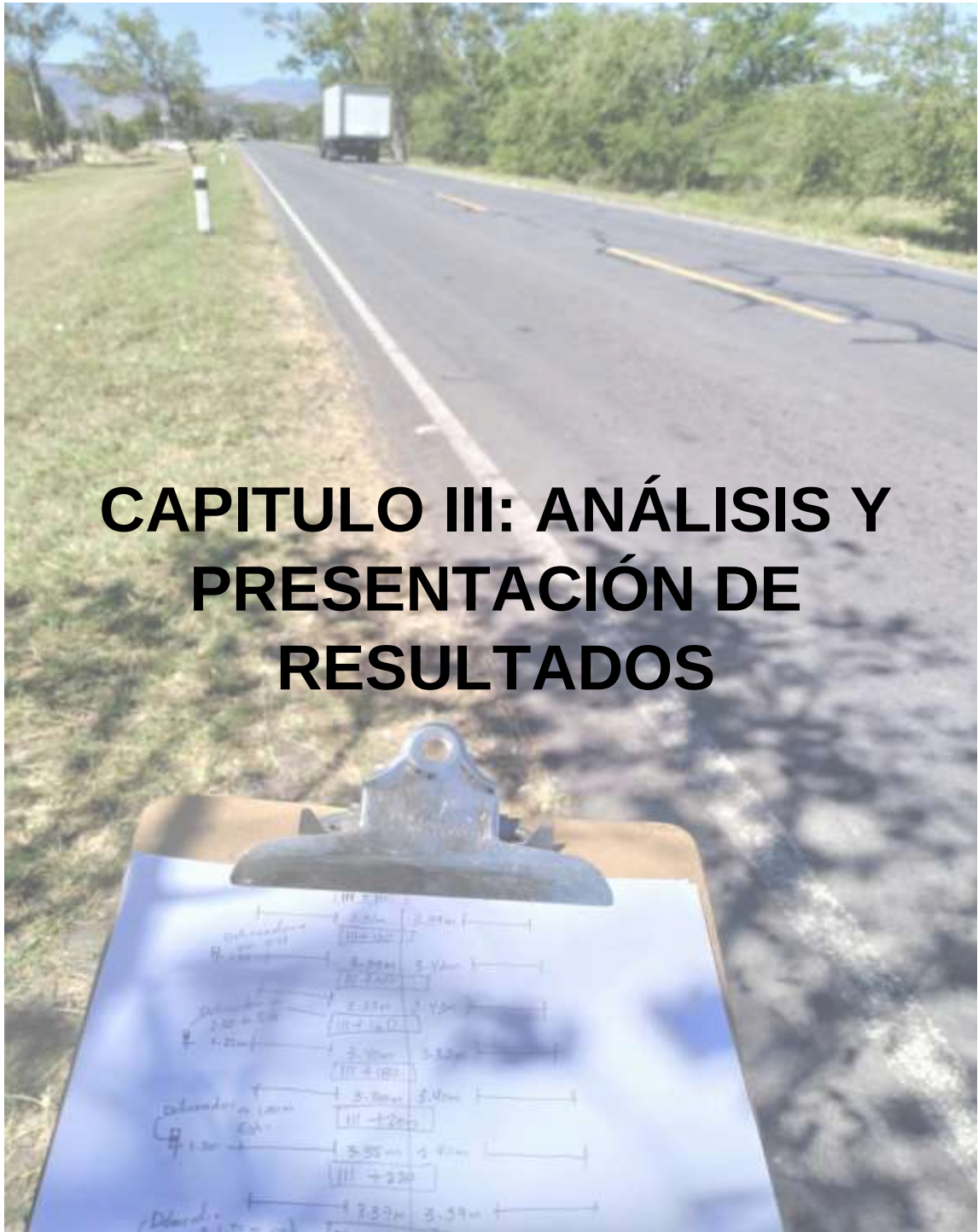
Donde:

V = Velocidad constante (Km/h).

d = Distancia recorrida (Km).

t = Tiempo recorrido (h).

# CAPITULO III: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



### 3.1. Estudio de accidentalidad

Para la realización del estudio de accidentalidad se han empleado los datos estadísticos proporcionados por el departamento de ingeniería de tránsito de la Policía Nacional de Nicaragua, que comprenden los años 2017-2021; estos datos corresponden a los municipios de Sébaco y San Isidro, departamento de Matagalpa, abarcando específicamente el tramo del km 108 al km 113, carretera panamericana norte.

El objetivo de este análisis es la identificación de los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad; de igual manera se clasifican los accidentes de diferentes maneras que nos permitan comprender mejor y facilitar el análisis, para así, poder determinar los puntos críticos del tramo en estudio.

#### 3.1.1. Resumen de accidentes, lesionados y fallecidos

**Tabla 1:** *Resumen de accidentalidad en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa*

| Años                | Accidentes | Lesionados | Fallecidos | Población Sébaco | Población San Isidro |
|---------------------|------------|------------|------------|------------------|----------------------|
| 2017                | 12         | 1          | 0          | 36.817           | 19.700               |
| 2018                | 20         | 1          | 5          | 37.114           | 19.800               |
| 2019                | 21         | 1          | 6          | 37.412           | 19.898               |
| 2020                | 11         | 1          | 1          | 37.707           | 19.995               |
| 2021                | 23         | 7          | 4          | 38.002           | 20.091               |
| Total               | 87         | 11         | 16         | -                | -                    |
| Promedio            | 18         | 3          | 4          | -                | -                    |
| Tasa de crecimiento | -          | -          | -          | 1%               | 0,5%                 |

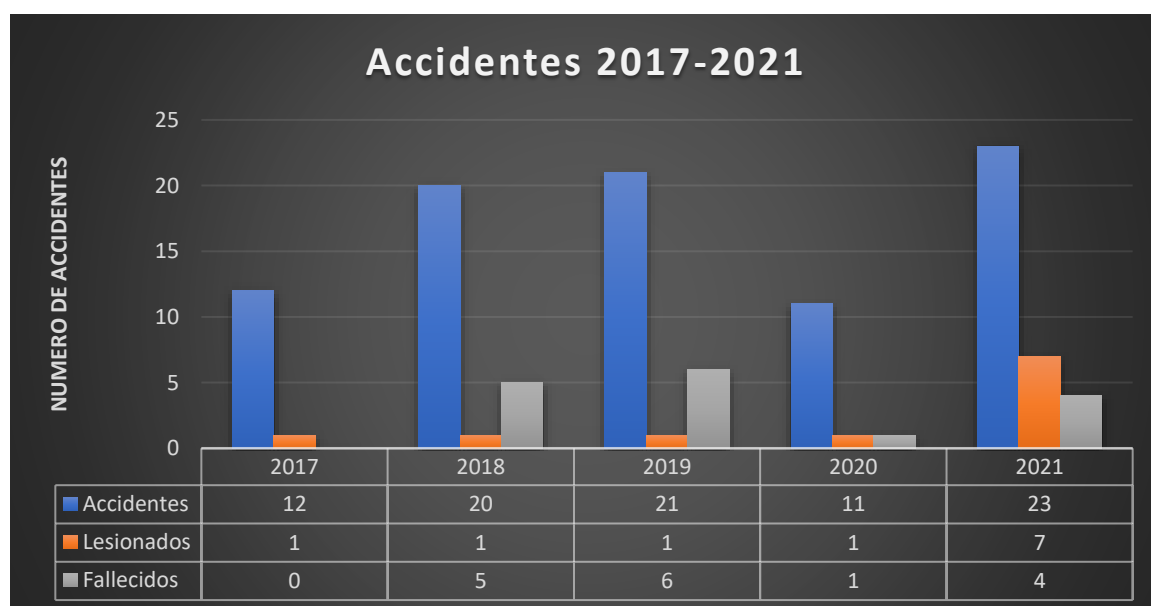
Fuente: Elaboración propia.

De la **tabla 1** se observa que a lo largo de 5 años que comprende el estudio, el número de accidentes ha ido en aumento año tras año, a excepción del año 2020 donde hubo una reducción considerable de accidentes; no obstante, esto no marcaría un decrecimiento de accidentes en los años posteriores, todo lo contrario; este duplicaría el número de accidentes al año siguiente, esto debido

en su gran mayoría al incumplimiento de las normas de tránsito por parte de los conductores que transitan en la zona.

También se toma en cuenta el crecimiento mínimo de las poblaciones aledañas durante los 5 años en el sector que se está analizando, lo que produce de manera indirecta un aumento en el parque vehicular de la zona, aumentando las posibilidades de que se produzcan accidentes en el tramo, siendo el año 2021 el que mayor número de accidentes y lesionados ha presentado con 23 y 7 respectivamente, y el año 2019 el que mayor número de fallecidos presenta con 6 muertes dejando un promedio de 18 accidentes, 3 lesionados y 4 fallecidos.

**Figura 3:** Resumen de accidentalidad en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa



Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 3**, se observa de una manera más sencilla el aumento y comparación de los accidentes, lesionados y fallecidos que hubo en el tramo, siendo el año 2021 el más crítico, presentando los números más altos en cada uno de los aspectos de análisis.

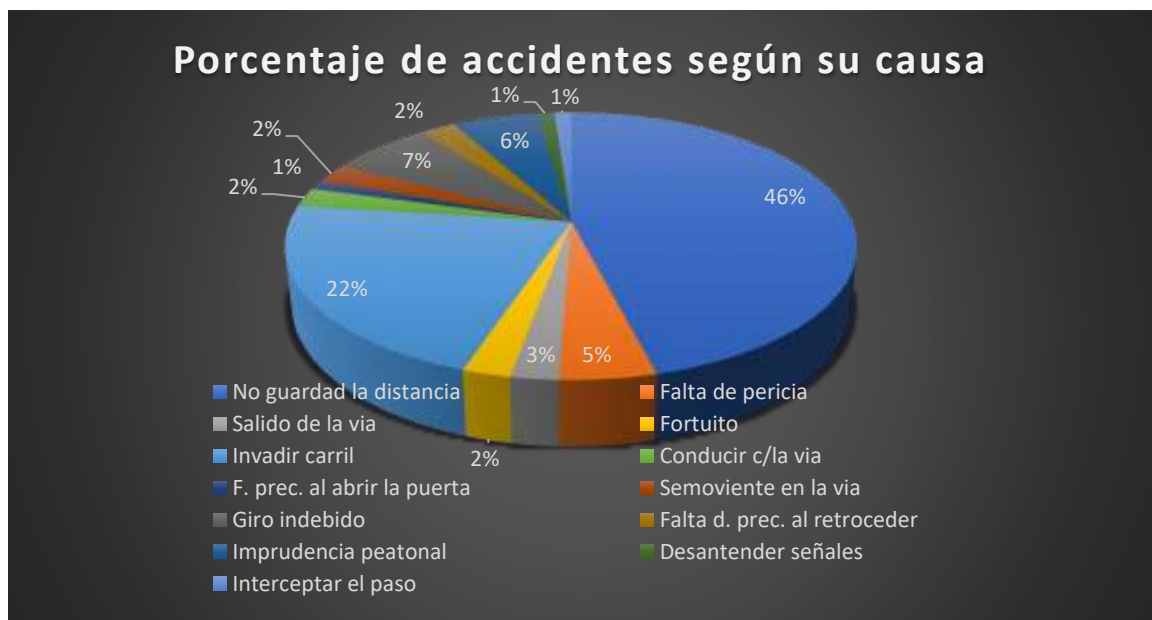
### 3.1.2. Resumen de accidentalidad por causa

**Tabla 2:** *Resumen de los accidentes por causa en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa*

| Causas                       | Accidentes | Lesionados | Porcentaje |
|------------------------------|------------|------------|------------|
| No guardar la distancia      | 40         | 5          | 46,0%      |
| Falta de pericia             | 4          | 0          | 4,6%       |
| Salido de la vía             | 2          | 0          | 2,3%       |
| Fortuito                     | 2          | 0          | 2,3%       |
| Invadir carril               | 19         | 2          | 21,8%      |
| Conducir c/la vía            | 2          | 1          | 2,3%       |
| F. prec. al abrir la puerta  | 1          | 0          | 1,1%       |
| Semoviente en la vía         | 2          | 0          | 2,3%       |
| Giro indebido                | 6          | 1          | 6,9%       |
| Falta d. prec. al retroceder | 2          | 1          | 2,3%       |
| Imprudencia peatonal         | 5          | 1          | 5,7%       |
| desatender señales           | 1          | 0          | 1,1%       |
| Interceptar el paso          | 1          | 0          | 1,1%       |
| Total                        | 87         | 6          | 100%       |

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4:** Porcentaje de accidentes según su causa en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa



Fuente: Elaboración propia.

La **tabla 2** y **figura 4**, indican que las principales causas de accidentes en el tramo de análisis se deben a “No guardar la distancia” e “Invadir carril” con 40 y 19 accidentes respectivamente, sumando entre estos dos más del 65% de los accidentes ocurridos en el tramo, y muy por debajo de estas cifras tenemos otros tipos causas como lo son giro indebido, imprudencia peatonal, entre otros. De esto se entiende que los problemas principales ocurren por irresponsabilidad de los conductores y no tanto por condiciones externas, como lo podrían ser condiciones climáticas o mal estado de la carretera.

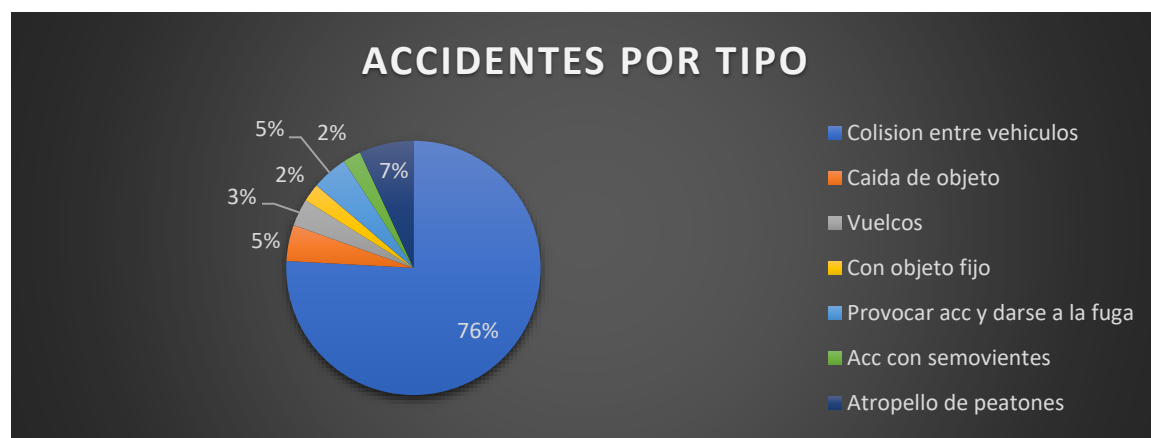
### 3.1.3. Resumen de accidentalidad por tipo

**Tabla 3:** *Distribución de los accidentes por tipo en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa*

| Tipo de accidente              | Accidentes | Porcentaje |
|--------------------------------|------------|------------|
| Colisión entre vehículos       | 66         | 75.9%      |
| Caída de objeto                | 4          | 4.6%       |
| Vuelcos                        | 3          | 3.4%       |
| Con objeto fijo                | 2          | 2.3%       |
| Provocar acc y darse a la fuga | 4          | 4.6%       |
| Acc con semovientes            | 2          | 2.3%       |
| Atropello de peatones          | 6          | 6.9%       |
| Total                          | 87         | 100%       |

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5:** *Distribución de los accidentes por tipo en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa*



Fuente: Elaboración propia.

La **tabla 3** y **figura 5**, reflejan que el principal tipo de accidente es el de “colisión entre vehículos” con un total 66 accidentes, teniendo más del 75% del total, esto cobra sentido ya que, entre las principales causas de accidentes tenemos “No guardar distancia, Invadir carril, y Giro indebido”, siendo accidentes que por lo general provocan una colisión entre 2 o más vehículos; dejando con un menor porcentaje a accidentes que involucren peatones como seria “Atropello de peatones” con menos del 7%.

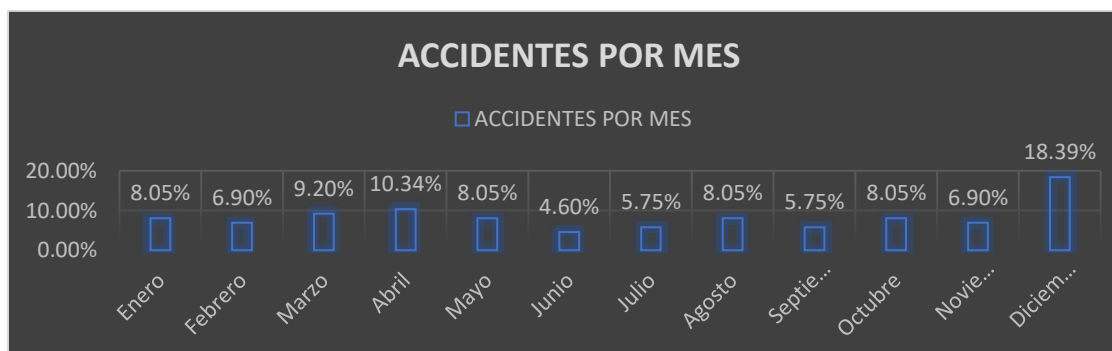
### 3.1.4. Distribución de accidentes por mes

**Tabla 4:** *Distribución de accidentalidad por mes en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa*

| Mes        | Accidentes | Porcentaje |
|------------|------------|------------|
| Enero      | 7          | 8.1%       |
| Febrero    | 6          | 6.9%       |
| Marzo      | 8          | 9.2%       |
| Abril      | 9          | 10.3%      |
| Mayo       | 7          | 8.1%       |
| Junio      | 4          | 4.6%       |
| Julio      | 5          | 5.8%       |
| Agosto     | 7          | 8.1%       |
| Septiembre | 5          | 5.8%       |
| Octubre    | 7          | 8.1%       |
| Noviembre  | 6          | 6.9%       |
| Diciembre  | 16         | 18.4%      |
| Total      | 87         | 100%       |

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6:** *Distribución de accidentalidad por mes en el tramo carretera panamericana norte km 108 al m 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa*



Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la **tabla 4** y **figura 6**, se aprecia que los meses en los que ocurre la mayor cantidad de accidentes son enero con un total de 7 accidentes, representando un 8% del total de accidentes, marzo con 8 accidentes, representando un 9% del total, abril con 9 accidentes, representa un 10% del total y diciembre, que es el mes con la mayor cantidad de accidentes registrados al año con un total de 16 accidentes, representando un 19% del total.

También se observa que los meses con mayor número de accidentes son meses que en particular cuentan fechas festivas celebradas en el país, como es el caso del mes de diciembre; mes donde muchos ciudadanos nicaragüenses se encuentran de vacaciones de fin de año, lo que provoca un aumento significativo en el tráfico debido a que las personas viajan para reunirse con sus familiares, asisten a eventos de interés personal u otras actividades; muchas de esas actividades usualmente están acompañadas del consumo de alcohol, uno de los factores principales por los cuales se ocasionan accidentes al volante. Así mismo los meses de marzo y abril, donde generalmente se celebra semana santa; dichos meses donde se celebran festividades son en los cuales la gente es más propensa a sufrir accidentes de tránsito debido al congestionamiento vehicular.

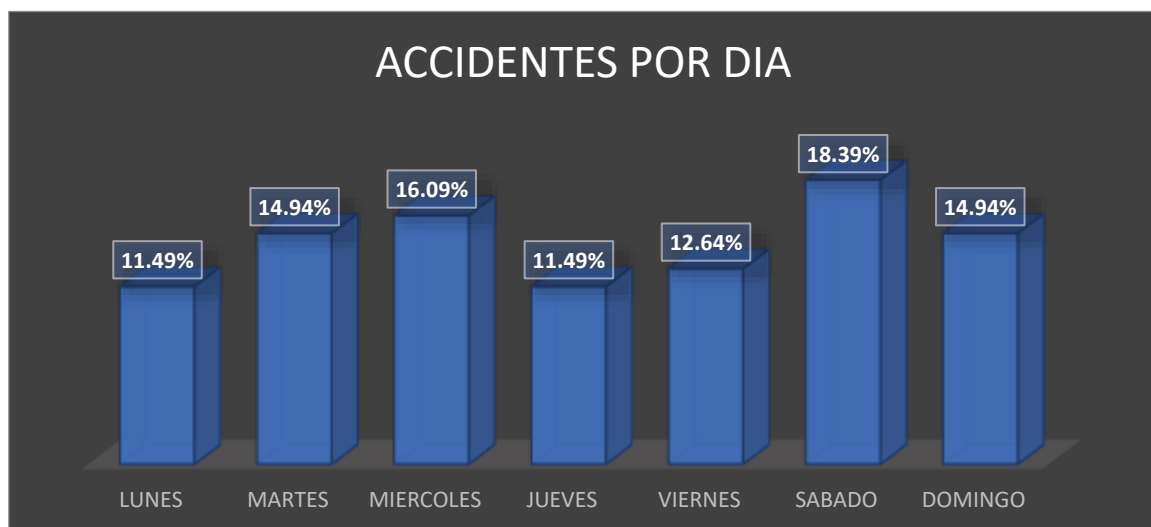
### 3.1.5. Distribución de los accidentes por día de semana

**Tabla 5:** *Distribución de accidentalidad por día de semana en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa*

| Día       | Accidentes | Porcentaje |
|-----------|------------|------------|
| Lunes     | 10         | 11.5%      |
| Martes    | 13         | 14.9%      |
| Miércoles | 14         | 16.1%      |
| Jueves    | 10         | 11.5%      |
| Viernes   | 11         | 12.6%      |
| Sábado    | 16         | 18.4%      |
| Domingo   | 13         | 14.9%      |
| Total     | 87         | 100%       |

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7:** Distribución de accidentalidad por día de semana en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa



Fuente: Elaboración propia.

Según la **tabla 5** y **figura 7**, se observa que los todos los días de la semana presentan valores muy similares en cuanto al número de accidentes que se presentan en el tramo de estudio, en el caso de los días miércoles y sábado, son los días que más destacan, ya que tienen un mayor número de accidentes a la semana con 14 y 16 accidentes respectivamente, siendo porcentualmente equivalente al 16% y 18% de los accidentes totales.

Destaca el día sábado, ya que es uno de los días donde se produce mayor flujo vehicular debido a distintas razones, como puede ser el hecho de que muchas personas deciden regresar a sus hogares, personas que posiblemente estudian o trabajan en diferentes regiones del país alejados de su hogar, y optan por usar los fines de semana para trasladarse. De igual manera es notable que muchas personas deciden salir de fiesta los fines de semana, lugar donde por lo general llegan a consumir bebidas alcohólicas y después conducen bajo los efectos del mismo lo que puede desencadenar en accidentes mortales.

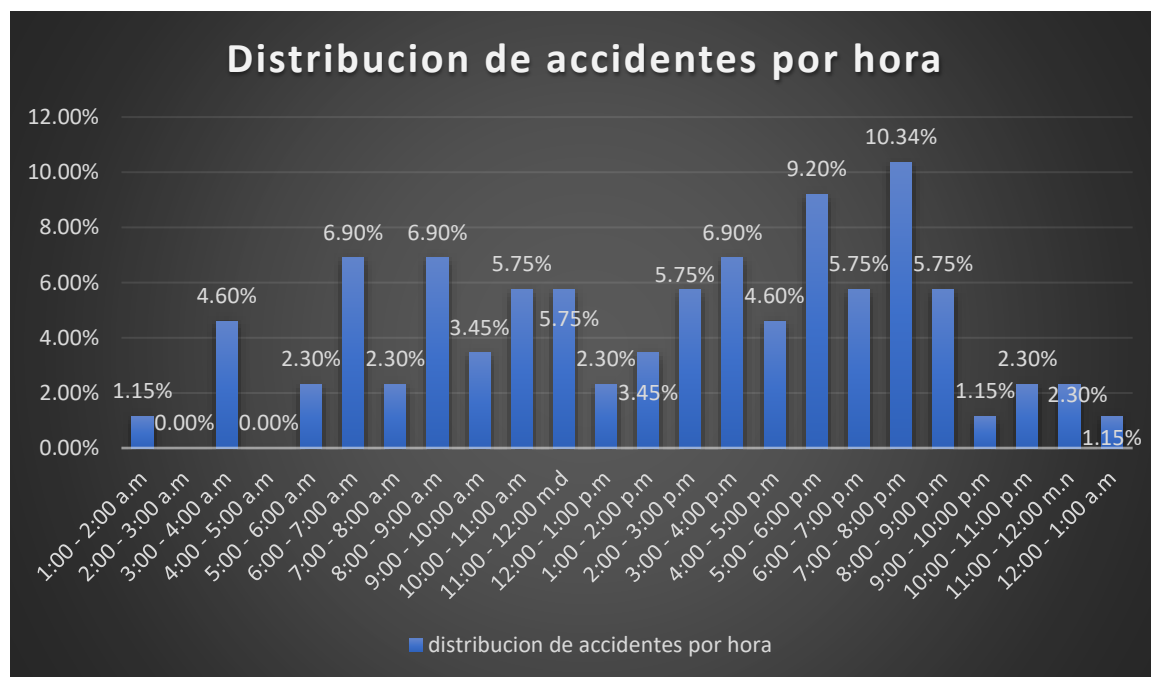
### 3.1.6. Distribución de accidentes por hora

**Tabla 6:** *Distribución de los accidentes por hora en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa*

| Hora               | Accidentes | Porcentajes |
|--------------------|------------|-------------|
| 01:00 - 02:00 a.m  | 1          | 1.15%       |
| 02:00 - 03:00 a.m  | 0          | 0.00%       |
| 03:00 - 04:00 a.m  | 4          | 4.60%       |
| 04:00 - 05:00 a.m  | 0          | 0.00%       |
| 05:00 - 06:00 a.m  | 2          | 2.30%       |
| 06:00 - 07:00 a.m  | 6          | 6.90%       |
| 07:00 - 08:00 a.m  | 2          | 2.30%       |
| 08:00 - 09:00 a.m  | 6          | 6.90%       |
| 09:00 - 10:00 a.m  | 3          | 3.45%       |
| 10:00 - 11:00 a.m  | 5          | 5.75%       |
| 11:00 - 12:00 m.d  | 5          | 5.75%       |
| 12:00 - 01:00 p.m  | 2          | 2.30%       |
| 01:00 - 02:00 p.m  | 3          | 3.45%       |
| 02:00 - 03:00 p.m  | 5          | 5.75%       |
| 03:00 - 04:00 p.m  | 6          | 6.90%       |
| 04:00 - 05:00 p.m  | 4          | 4.60%       |
| 05:00 - 06:00 p.m  | 8          | 9.20%       |
| 06:00 - 07:00 p.m  | 5          | 5.75%       |
| 07:00 - 08:00 p.m. | 9          | 10.34%      |
| 08:00 - 09:00 p.m  | 5          | 5.75%       |
| 09:00 - 10:00 p.m  | 1          | 1.15%       |
| 10:00 - 11:00 p.m  | 2          | 2.30%       |
| 11:00 - 12:00 m. n | 2          | 2.30%       |
| 12:00 - 01:00 a.m  | 1          | 1.15%       |
| <b>Total</b>       | <b>87</b>  | <b>100%</b> |

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8:** Distribución de los accidentes por hora en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa



Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 6** y **figura 8**, se refleja que las horas con mayor número de accidentes registrados son los períodos de 7:00 a 8:00 pm con 9 accidentes y un porcentaje de 10.34%, y el período de 5:00 a 6:00 pm con 8 accidentes, representando un porcentaje de 9.20% del total; normalmente esto puede ocurrir ya que son horas en las que muchas personas están regresando a sus hogares después de una jornada laboral, lo que aumenta el flujo vehicular en las vías, generando embotellamientos y situaciones de riesgo, además, la poca iluminación que existe en el tramo puede ser un factor importante a tener en cuenta, esto puede conllevar a un mayor número de accidentes durante la noche en comparación a los otros periodos.

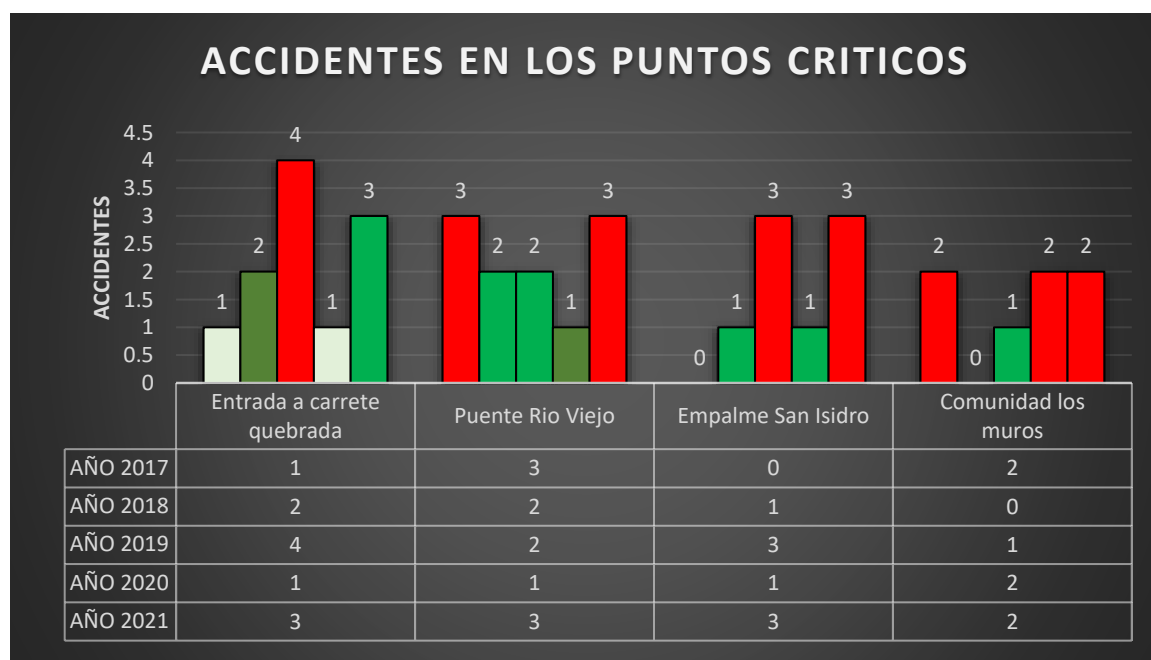
### 3.1.7. Identificación de los puntos críticos

**Tabla 7:** Puntos críticos en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa

| Tramo                              | Número de accidentes |          |          |          |          | Total |
|------------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|-------|
|                                    | Año 2017             | Año 2018 | Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 |       |
| Km 108, entrada a carreta quebrada | 1                    | 2        | 4        | 1        | 3        | 11    |
| Km 109, puente río viejo           | 3                    | 2        | 2        | 1        | 3        | 11    |
| Km 112, empalme San Isidro         | 0                    | 1        | 3        | 1        | 3        | 8     |
| Km 112, comunidad los muros        | 2                    | 0        | 1        | 2        | 2        | 7     |

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9:** Resumen de accidentes, lesionados y muertos en los puntos críticos en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco - San Isidro; Matagalpa



Fuente: Elaboración propia.

La **tabla 7** y **figura 9**, muestran los puntos donde ocurren la mayor cantidad de accidentes en el tramo de estudio, siendo la entrada a carreta quebrada y el

puente rio viejo los puntos más críticos con 11 accidentes, esto se debe a diversos motivos, tales como la irresponsabilidad al conducir, el desgaste de la señalización o una baja iluminación en la vía, lo que provoca que sean puntos donde las personas son propensas a sufrir accidentes.

### 3.1.8. Cálculo de los índices de accidentabilidad, morbilidad y mortalidad

Para el cálculo de estos índices se utiliza la población en conjunto de Sébaco y San isidro presentadas en la **tabla 8**, ya que parte de estos dos municipios constituyen el tramo en estudio; se han determinado los índices para el año 2017, demostrando el uso de las ecuaciones, y para los años del 2018 al 2021 se han expresado o detallado en una tabla de resumen.

**Tabla 8:** Poblaciones de Sébaco y San isidro en los periodos del 2017 – 2021

| Años | Población Sébaco | Población San Isidro |
|------|------------------|----------------------|
| 2017 | 36.817           | 19.700               |
| 2018 | 37.114           | 19.800               |
| 2019 | 37.412           | 19.898               |
| 2020 | 37.707           | 19.995               |
| 2021 | 38.002           | 20.091               |

Fuente: Anuarios estadísticos INIDE.

➤ **Cálculo de los índices de accidentabilidad, morbilidad y mortalidad para el año 2017, utilizando las ecuaciones 1, 2 y 3, detalladas en la pág. 7 de la presente investigación**

- **Índice de accidentalidad:  $I_{A/P}$**

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

$$I_{A/P} = \frac{12 \times 100,000 \text{ habitantes}}{(36,817 + 19,700 \text{ habitantes})}$$

$$I_{A/P} = 21.23$$

- **Índice de morbilidad:  $I_{\text{morb/P}}$**

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

$$I_{\text{morb/P}} = \frac{1 \times 100,000 \text{ habitantes}}{(36,817 + 19,700 \text{ habitantes})}$$

$$I_{\text{morb/P}} = 1.77$$

- **Índice de mortalidad:  $I_{\text{mort/P}}$**

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

$$I_{\text{mort/P}} = \frac{0 \times 100,000 \text{ habitantes}}{(36,817 + 19,700 \text{ habitantes})}$$

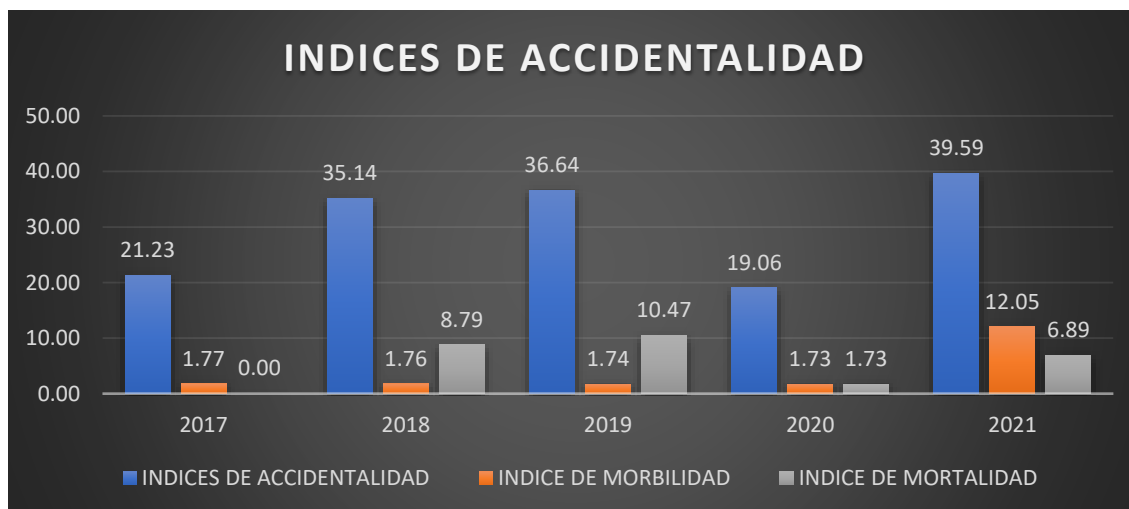
$$I_{\text{mort/P}} = 0$$

**Tabla 9:** Resumen de índices de accidentabilidad, morbilidad, y mortalidad por año en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa

| AÑO  | Índice de<br>accidentalidad | Índice de<br>morbilidad | Índice de<br>mortalidad |
|------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 2017 | 21.23                       | 1.77                    | 0.00                    |
| 2018 | 35.14                       | 1.76                    | 8.79                    |
| 2019 | 36.64                       | 1.74                    | 10.47                   |
| 2020 | 19.06                       | 1.73                    | 1.73                    |
| 2021 | 39.59                       | 12.05                   | 6.89                    |

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10:** Resumen de índices de accidentalidad, morbilidad, y mortalidad por año en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco – San Isidro; Matagalpa



Fuente: Elaboración propia.

La **tabla 9** y **figura 10**, reflejan los diferentes índices de accidentalidad para los 5 años de análisis en el tramo de estudio, estos expresados en una tasa por cada 100,000 habitantes, lo que indica que, por cada 100,000 habitantes, 40 de ellos sufren accidentes de tránsito, por ejemplo; si tomamos los valores del año 2021, el cual es el año más reciente de los analizados, se obtiene que estos valores de accidentalidad se han mantenido en rangos bastantes similares, lo que nos da a entender que no se está llevando a cabo un control efectivo en el cumplimiento de las normas de tránsito, por consecuente de no tomar las medidas necesarias dichos índices irán en aumento al punto en el que vuelvan críticos, ya que el departamento de Matagalpa es el tercer departamento con más accidentes del país, solo por detrás de Managua y León, esto según el anuario estadístico de la Policía Nacional del año 2021.

### 3.2. Inventario vial

Para la ejecución del inventario vial se ha realizado un levantamiento de datos en campo relacionados con la condición física, geométrica y de diseño de la vía y sus elementos tales como sección transversal, tipo de suelo, existencia de obras de drenaje, señalización horizontal y vertical, y carpeta de rodamiento.

#### 3.2.1. Tramo en estudio y clasificación funcional

El tramo de estudio comprendido entre el km 108 al km 113 carretera panamericana NIC-1 situado en el departamento de Matagalpa, atravesando el municipio de Sébaco y San Isidro de sur a norte, forma parte de la arteria principal de carreteras a nivel nacional e internacional, con una circulación vehicular muy diversa y elevada, gran parte del tramo es zona agrícola, donde se cultiva arroz, maíz y hortalizas; en cuanto a su estructura poblacional, está compuesta por una zona rural.

Según la Red Vial de Nicaragua del MTI (2020), el tramo en estudio se define como una carretera **Troncal Principal**, ya que cumple con las características principales de esta clasificación, sirve de desplazamiento de grandes longitudes de viajes, vehículos que se trasladan hacia la zona norte y frontera del país, de igual manera forma parte de la red vial centroamericana y sirve a grandes volúmenes de tránsito. (Pág. 24).

#### 3.2.2. Clasificación del terreno en el tramo

Para conocer el tipo de terreno que presenta el tramo, se ha empleado el software Google Earth pro, clasificando las pendientes encontradas en el tramo de estudio con apoyo de la **tabla 10** que nos brinda el (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2004, pág. 4-63).

**Tabla 10:** *Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes Naturales*

| <b>Tipos de Terreno</b> | <b>Rangos de Pendientes (%)</b> |
|-------------------------|---------------------------------|
| Llano o plano           | $G \leq 5$                      |
| Ondulado                | $5 > G \leq 15$                 |
| Montañoso               | $15 > G \geq 30$                |
| $G =$                   | Pendiente                       |

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004. Pág. 4-63).

Respecto a los tipos de pendientes, el tramo de estudio se ha dividido en dos secciones para una mejor apreciación de estas, la primera comprende del km 108 al km 110, y la segunda del km 110 al km 113 de la carretera panamericana norte municipio de Sébaco, en el cual, se ha obtenido para todo el tramo de manera general que el tipo de terreno predominante es el llano o plano, y posee las características que se muestran a continuación en las **figuras 11 y 12**.

**Figura 11:** Pendiente longitudinal del tramo, km 108 al km 110 carretera panamericana norte

P. máx = 4.1 %, -3.0 %; P. media = 1.4 %, -1.3 %



Fuente: Google Earth pro.

**Figura 12:** Pendiente longitudinal del tramo, km 110 al km 113 carretera panamericana norte

P. máx = 3.5 %, -3.0 %; P. media = 0.9 %, -0.9 %



Fuente: Google Earth pro.

### **3.2.3. Uso de suelo**

El tramo en estudio posee un tipo de suelo que en su mayoría está dedicado a la agricultura, con la siembra y cultivo de granos básicos y hortalizas de los cuales se abastecen los habitantes de la zona y mercados de la localidad; teniendo dentro de sus actividades principales la cosecha de arroz, ya que solo en el tramo encontramos 4 arroceras que cuentan con procesadoras industriales; y la otra gran parte del uso de suelo es dedicado al desarrollo habitacional con comunidades aledañas al tramo.

### **3.2.4. Sección transversal del tramo de carretera en estudio**

Según el levantamiento de campo realizado por medio del inventario vial de elementos, se identificó que la vía presenta una superficie de rodamiento de 2 carriles, siendo 1 solo carril para cada sentido; obteniendo así, un ancho de corona muy variable a lo largo del tramo, que oscila entre 6 y 7 metros. El tramo en estudio no cuenta con hombros, ni aceras, ni cunetas a lo largo de su longitud.

Las **tablas 11 y 12**, indican las medidas y características de la sección transversal del tramo levantadas en campo, tales como tipo de terreno, kilometraje, derecho de vía y anchos de los carriles que componen la superficie de rodamiento.

**Tabla 11:** Medidas y características de las secciones transversales de la vía

| Diagnóstico de accidentalidad del tramo panamericana norte, Sébaco<br>km 108 al km 113; departamento de Matagalpa. |       |                 |          |                     |        |                  |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|----------|---------------------|--------|------------------|--------------------|
| Kilometraje                                                                                                        |       | Tipo de terreno | (%) Pend | Ancho de carril (m) |        | Ancho corona (m) | Derecho de vía (m) |
| Del km                                                                                                             | Al km |                 |          | Izq. ↓              | Der. ↑ |                  |                    |
| 108.0                                                                                                              | 108.1 | Plano           | 0.7      | 3.36                | 3.37   | 6.73             | 46.73              |
| 108.1                                                                                                              | 108.2 | Plano           | -1.8     | 3.38                | 3.37   | 6.75             | 46.75              |
| 108.2                                                                                                              | 108.3 | Plano           | 2.2      | 3.32                | 3.36   | 6.68             | 46.68              |
| 108.3                                                                                                              | 108.4 | Plano           | 1.1      | 3.35                | 3.40   | 6.75             | 48.85              |
| 108.4                                                                                                              | 108.5 | Plano           | 1.2      | 3.37                | 3.32   | 6.69             | 41.79              |
| 108.5                                                                                                              | 108.6 | Plano           | 3.0      | 3.31                | 3.38   | 6.69             | 41.79              |
| 108.6                                                                                                              | 108.7 | Plano           | -3.0     | 3.31                | 3.40   | 6.71             | 41.81              |
| 108.7                                                                                                              | 108.8 | Plano           | 4.1      | 3.38                | 3.38   | 6.76             | 41.86              |
| 108.8                                                                                                              | 108.9 | Plano           | 4.1      | 3.40                | 3.30   | 6.70             | 40.60              |
| 108.9                                                                                                              | 109.0 | Plano           | -2       | 3.36                | 3.50   | 6.86             | 40.76              |
| 109.0                                                                                                              | 109.1 | Plano           | -2.2     | 3.39                | 3.36   | 6.75             | 40.40              |
| 109.1                                                                                                              | 109.2 | Plano           | -2       | 3.35                | 3.29   | 6.64             | 40.74              |
| 109.2                                                                                                              | 109.3 | Plano           | 3.6      | 3.32                | 3.43   | 6.75             | 40.33              |
| 109.3                                                                                                              | 109.4 | Plano           | 3.6      | 3.34                | 3.40   | 6.74             | 40.87              |
| 109.4                                                                                                              | 109.5 | Plano           | -1.4     | 3.33                | 3.43   | 6.76             | 40.16              |
| 109.5                                                                                                              | 109.6 | Plano           | -2.2     | 3.39                | 3.37   | 6.76             | 40.26              |
| 109.6                                                                                                              | 109.7 | Plano           | -2.6     | 3.41                | 3.46   | 6.87             | 39.87              |
| 109.7                                                                                                              | 109.8 | Plano           | -1.6     | 3.38                | 3.31   | 6.69             | 41.80              |
| 109.8                                                                                                              | 109.9 | Plano           | 1.4      | 3.33                | 3.37   | 6.70             | 42.03              |
| 109.9                                                                                                              | 110.0 | Plano           | -1.1     | 3.35                | 3.45   | 6.80             | 42.87              |
| 110.0                                                                                                              | 110.1 | Plano           | -1.6     | 3.33                | 3.48   | 6.81             | 41.60              |
| 110.1                                                                                                              | 110.2 | Plano           | 3.5      | 3.33                | 3.32   | 6.65             | 39.84              |
| 110.2                                                                                                              | 110.3 | Plano           | 2.6      | 3.35                | 3.34   | 6.69             | 44.30              |
| 110.3                                                                                                              | 110.4 | Plano           | -2.2     | 3.34                | 3.40   | 6.74             | 44.35              |
| 110.4                                                                                                              | 110.5 | Plano           | -3       | 3.36                | 3.34   | 6.70             | 44.31              |
| 110.5                                                                                                              | 110.6 | Plano           | 1        | 3.34                | 3.35   | 6.69             | 44.30              |
| 110.6                                                                                                              | 110.7 | Plano           | -1.6     | 3.33                | 3.39   | 6.72             | 44.33              |
| 110.7                                                                                                              | 110.8 | Plano           | 2.7      | 3.34                | 3.35   | 6.69             | 44.30              |
| 110.8                                                                                                              | 110.9 | Plano           | 2.6      | 3.35                | 3.46   | 6.81             | 44.77              |
| 110.9                                                                                                              | 111.0 | Plano           | -1.9     | 3.46                | 3.33   | 6.79             | 44.75              |
| 111.0                                                                                                              | 111.1 | Plano           | -0.7     | 3.46                | 3.40   | 6.86             | 44.81              |
| 111.1                                                                                                              | 111.2 | Plano           | 1.1      | 3.31                | 3.39   | 6.70             | 45.68              |
| 111.2                                                                                                              | 111.3 | Plano           | -1.1     | 3.35                | 3.40   | 6.75             | 45.73              |
| 111.3                                                                                                              | 111.4 | Plano           | -0.6     | 3.36                | 3.35   | 6.71             | 45.69              |

Fuente: Elaboración propia, datos levantados en campo.

**Tabla 12:** Medidas y características de las secciones transversales de la vía  
(Continuación)

| Diagnóstico de accidentalidad del tramo panamericana norte, Sébaco<br>km 108 al km 113; departamento de Matagalpa. |       |                 |          |                     |        |                  |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|----------|---------------------|--------|------------------|--------------------|
| Kilometraje                                                                                                        |       | Tipo de terreno | (%) Pend | Ancho de carril (m) |        | Ancho corona (m) | Derecho de vía (m) |
| Del km                                                                                                             | Al km |                 |          | Izq. ↓              | Der. ↑ |                  |                    |
| 111.4                                                                                                              | 111.5 | Plano           | 1.0      | 3.39                | 3.37   | 6.76             | 45.74              |
| 111.5                                                                                                              | 111.6 | Plano           | -1.0     | 3.30                | 3.42   | 6.72             | 45.70              |
| 111.6                                                                                                              | 111.7 | Plano           | 1.7      | 3.43                | 3.30   | 6.73             | 45.71              |
| 111.7                                                                                                              | 111.8 | Plano           | -2.0     | 3.42                | 3.38   | 6.80             | 45.93              |
| 111.8                                                                                                              | 111.9 | Plano           | 1.1      | 3.42                | 3.32   | 6.74             | 45.87              |
| 111.9                                                                                                              | 112.0 | Plano           | -2.3     | 3.33                | 3.40   | 6.73             | 45.86              |
| 112.0                                                                                                              | 112.1 | Plano           | -2.0     | 3.38                | 3.41   | 6.79             | 41.99              |
| 112.1                                                                                                              | 112.2 | Plano           | 1.5      | 3.42                | 3.28   | 6.70             | 41.90              |
| 112.2                                                                                                              | 112.3 | Plano           | 1.5      | 3.38                | 3.41   | 6.79             | 41.99              |
| 112.3                                                                                                              | 112.4 | Plano           | 1.3      | 3.36                | 3.50   | 6.86             | 46.71              |
| 112.4                                                                                                              | 112.5 | Plano           | -1.1     | 3.36                | 3.42   | 6.78             | 46.63              |
| 112.5                                                                                                              | 112.6 | Plano           | 1.8      | 3.45                | 3.40   | 6.85             | 47.58              |
| 112.6                                                                                                              | 112.7 | Plano           | -1.7     | 3.44                | 3.45   | 6.89             | 47.62              |
| 112.7                                                                                                              | 112.8 | Plano           | -1.1     | 3.42                | 3.49   | 6.91             | 47.64              |
| 112.8                                                                                                              | 112.9 | Plano           | 2.3      | 3.49                | 3.45   | 6.94             | 47.67              |
| 112.9                                                                                                              | 113.0 | Plano           | 1.9      | 3.50                | 3.42   | 6.92             | 47.65              |

Fuente: Elaboración propia, datos levantados en campo.

El tramo en estudio tiene un ancho de calzada promedio de 6 a 7 metros, un derecho de vía que varía entre los 30 a 50 metros, y una pendiente promedio de 1.4 % en toda la longitud.

### 3.2.5. Condición y estado físico de la superficie de rodamiento del tramo

Los días 06, 07 y 08 de febrero del año 2024, se llevó acabo la realización del inventario vial, analizándose las condiciones actuales de la superficie de rodamiento en el tramo de estudio. En la **tabla 13** y **14**, se observan daños superficiales en la capa de rodadura, tales como baches, grietas y deterioro superficial debido al desgaste por fricción de los vehículos que transitan la zona y el clima.

**Tabla 13:** Daños en la superficie de rodamiento del tramo en estudio

| Tipo de daño                                                         | Ejemplo                                                                             | Condición de la calzada | Observaciones                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fisuras longitudinales (km 108.186)                                  |    | <b>Regular</b>          | La fisura tiene un ancho mínimo de 4mm y está situada sobre la línea de borde blanca a lo largo de 1.60m, lo cual no representa un problema grave, pero si un leve deterioro de la vía. |
| Bache y desgaste de la carpeta asfáltica (km 108.284)                |   | <b>Malo</b>             | La carpeta que compone la bahía se encuentra en un estado crítico, presenta un bache de 73 cm de diámetro al inicio de esta, y el desgaste es apreciable.                               |
| Deterioro carpeta asfáltica y desprendimiento de bordes (km 108.292) |  | <b>Malo</b>             | El deterioro de la carpeta asfáltica en este tramo es alarmante, impidiendo el uso óptimo de la bahía de buses, e incluso siendo un factor de riesgo ante cualquier accidente.          |

Fuente: Elaboración propia, datos levantados en campo.

**Tabla 14:** Daños en la superficie de rodamiento del tramo en estudio  
(Continuación)

| Tipo de daño                                                    | Ejemplo                                                                             | Condición de la calzada | Observaciones                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Presencia de agregados (km 109.000)                             |    | <b>Regular</b>          | La vía presenta agregados sueltos debido al mantenimiento en ejecución por parte del FOMAV, esto genera un menor nivel de conformidad al transitar por ella.                    |
| Grietas longitudinales en la vía (km 109.280)                   |   | <b>Regular</b>          | Las grietas son de 10 centímetros de ancho y se extienden 0.60 y 0.90 metros de largo sobre la carpeta, lo que genera un menor nivel de conformidad y comodidad a los usuarios. |
| Desprendimiento de capa de rodadura (km 109.435)                |  | <b>Regular</b>          | Se aprecia un leve desprendimiento de la mezcla asfáltica a lo largo de 1.40m de longitud, al cual, se le debe dar mantenimiento para que el caso no avance.                    |
| Baches y desprendimiento de la carpeta de rodadura (km 110.443) |  | <b>MALO</b>             | Presencia de baches de 50 y 25 cm de diámetro, y desprendimiento de la mezcla asfáltica a lo largo de la vía, que afectan la funcionalidad y operatividad de la vía.            |

Fuente: Elaboración propia, datos levantados en campo.

Los datos presentados en las **tablas 13 y 14** reflejan algunos de los daños más relevantes y perceptibles encontrados en la carpeta de rodadura del tramo en estudio, encontrando que, uno de los puntos críticos a nivel de daño es la bahía de buses, a como se ha aprecia su estado es malo e incluso deficiente, tanto así que muchas veces los buses no hacen uso de ella; también se han encontrado ciertas zonas del tramo en estado regular, que en su mayoría solo presentaban algunas grietas o fisuras, y la presencia de agregados en su estructura, sin afectar directamente el propósito por el que fue diseñada la vía, y solo influyendo en el nivel de confort que esta ofrece.

Por otro lado se observó que el tramo en estudio comprendido del km 108 al km 113, conformado por un tipo de pavimento flexible (asfalto), en su mayoría se encuentra en buen estado, esto se debe al continuo mantenimiento que se le da a la estructura de pavimento por parte del FOMAV, al ser esta, una de las carreteras más importantes del país, que forma parte de un sistema de carreteras que vinculan a casi todos los países del continente americano.

### **3.2.6. Condiciones de las obras de drenaje**

La carretera en estudio presenta pocos elementos de drenaje superficial tales como una alcantarilla sencilla, y dos puentes de paso que están distribuidos a lo largo del tramo. A continuación, se muestran las obras de drenaje encontradas y levantadas como parte del inventario vial. (ver **figuras 13, 14 y 15**)

**Figura 13:** Drenaje menor, alcantarilla sencilla (intersección camino de acceso a carreta quebrada, km 108.270)



Fuente: Elaboración propia.

En el km 108.270 carretera panamericana norte se sitúa un acceso en el carril derecho (sentido sur-norte) que sirve para llegar a la comunidad carreta quebrada; a 10 metros del inicio de este se encuentra una alcantarilla sencilla de 0.75 centímetros de diámetro en mal estado, obstruida por maleza y basura a su alrededor, dificultando así la evacuación de los fluidos y desempeño de sus funciones.

**Figura 14:** Drenaje mayor, puente de paso río viejo (km 108.730)



Fuente: Elaboración propia.

En el km 108.730 se localiza el puente de paso río viejo, este cuenta con unos 16.40 metros de profundidad y 100 metros de largo; se encuentra en un estado regular, ya que producto de su uso el desgaste en sus elementos de diseño, así como en las conexiones en sus nodos es perceptible, lo que genera inestabilidad y poco confort al transitar por el.

**Figura 15:** Drenaje mayor, puente el Zanjón blanco (km 112.970)



Fuente: Elaboración propia.

En el km 112.970 encontramos el puente el Zanjón blanco, este cuenta con 1.85 metros de profundidad y 30 metros de largo, dicho puente se encuentra en óptimas condiciones para su uso, brindando confort y comodidad al transitar por el.

### 3.2.7. Señalización vertical y estado actual en que se encuentra

En la **tabla 15** se muestra la clasificación y cantidad de señales verticales encontradas en el tramo de estudio y la condición que presentan, según el inventario de señalizaciones levantado en campo.

**Tabla 15:** *Inventario de señalizaciones verticales levantadas en campo*

| Tipo                      | Estado |         |             |       |      |
|---------------------------|--------|---------|-------------|-------|------|
|                           | Buenas | Regular | Mala/oculta | Total | %    |
| Señales de reglamentación | 2      | 0       | 0           | 2     | 1%   |
| Señales de prevención     | 127    | 2       | 3           | 132   | 93%  |
| Señales de información    | 6      | 1       | 1           | 8     | 6%   |
| Total                     | 135    | 3       | 4           | 142   | 100% |
| %                         | 95%    | 2%      | 3%          | 100%  |      |

Fuente: Elaboración propia, datos levantados en campo.

En el inventario realizado se aprecia la configuración actual de la señalización vertical del tramo en estudio, el cual cuenta con 142 señalizaciones verticales existentes, de las cuales un 95% de ellas se encuentran en buenas condiciones, un 2% en estado regular ya que solo presentan algunas manchas de lodo o se encuentran un poco inclinadas respecto a su eje de fundación; y un 3% se encuentran en malas condiciones, sumando características negativas como deterioro en su estructura, desgaste de la pintura y poca apreciación del mensaje que desean transmitir o desprendimiento total de las mismas. (ver **figuras de la 16 a la 23**)

|                                                                                            |                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Figura 16:</b> Señal de restricción de adelantamiento km 112.725, en buen estado</p> | <p><b>Figura 17:</b> Señal de límite de velocidad km 112.900, en buen estado</p>   |
|           |  |
| <p>Fuente: Elaboración propia</p>                                                          |                                                                                    |

|                                                                                                      |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Figura 18:</b> Señal de advertencia de la presencia de personas km 108.430, en buen estado</p> | <p><b>Figura 19:</b> Delineador tipo "chevron" km 109.220, en buen estado</p>        |
|                   |  |
| <p>Fuente: Elaboración propia</p>                                                                    |                                                                                      |

|                                                                                                                |                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Figura 20:</b> Señales de prevención; delineador más estribo de puente km 108.700, en estado regular</p> | <p><b>Figura 21:</b> Señal completamente desprendida que, dado a su localización cercana a un puente se entiende que funcionaba como una señal de prevención km 108.750</p> |
|                               |                                                                                           |
| <p>Fuente: Elaboración propia</p>                                                                              |                                                                                                                                                                             |

|                                                                                     |                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Figura 22:</b> Señal informativa km 110.250, en mal estado y poco legible</p> | <p><b>Figura 23:</b> Señal informativa; puente río viejo km 108.850, en estado regular, se encuentra manchado de lodo</p> |
|  |                                       |
| <p>Fuente: Elaboración propia</p>                                                   |                                                                                                                           |

Por medio de las imágenes antes mostradas se tiene una noción más clara acerca del estado en que se encuentra los elementos de señalización vertical en el tramo, que, junto con el total de datos recopilados se comprueba que aunque existe desgaste en algunos de estos elementos de señalización, el estado de los mismos no es factor principal para que sucedan accidentes de tránsito en el tramo, ya que, se tiene un alto porcentaje de señales de demarcación vertical que pueden ser perfectamente interpretadas por los usuarios de la vía.

### **3.2.8. Señalización horizontal y estado actual en que se encuentra**

Se ha determinado mediante el proceso de inspección el estado de las señales horizontales; se consideró como en “**buen estado**” a aquellas señales que son apreciables sin que el conductor realice gran esfuerzo por distinguirlas, en “**estado regular**” a aquellas que presentan cierto desgaste, pero que, sin embargo, el mismo no es tal que afecte la funcionalidad de estas; y se consideran en “**mal estado**” a aquellas señales que son difíciles de visualizar debido a la exposición del tránsito severo y la intemperie.

En la **tabla 16**, se detalla la situación actual que enfrenta la vía de cara al estado físico de la señalización horizontal en el tramo.

**Tabla 16:** Estado físico de las señales horizontales en el tramo

| Km              | ESTACION |         | LINEA CENTRAL |       |                |                 |             |         | LINEA DE BORDE |        |         |
|-----------------|----------|---------|---------------|-------|----------------|-----------------|-------------|---------|----------------|--------|---------|
|                 | Desde    | Hasta   | Continua      | Disc. | Doble continua | DOBLE COMBINADA |             |         |                |        |         |
|                 |          |         |               |       |                | Carril izq.     | Carril Der. | Estado  | Oeste          | Este   | Estado  |
| 108.000-109.000 | 108.000  | 108.100 | -             | 100 m | -              | -               | -           | Bueno   | 100 m          | 100 m  | Bueno   |
|                 | 108.100  | 108.180 | -             | -     | -              | -               | 80 m        | Bueno   | 80 m           | 80 m   | Bueno   |
|                 | 108.180  | 108.680 | 500 m         | -     | -              | -               | -           | Bueno   | 500 m          | 500 m  | Bueno   |
|                 | 108.680  | 108.850 | 170 m         | -     | -              | -               | -           | Regular | 170 m          | 170 m  | Regular |
|                 | 108.850  | 109.000 | 150 m         | -     | -              | -               | -           | Bueno   | 150 m          | 150 m  | Bueno   |
| 109.000-110.000 | 109.000  | 110.000 | 1000 m        | -     | -              | -               | -           | Bueno   | 1000 m         | 1000 m | Bueno   |
| 110.000-111.000 | 110.000  | 110.280 | -             | -     | -              | 280 m           | -           | Regular | 280 m          | 280 m  | Regular |
|                 | 110.280  | 110.720 | -             | 440 m | -              | -               | -           | Bueno   | 440 m          | 440 m  | Bueno   |
|                 | 110.720  | 110.800 | -             | 80 m  | -              | -               | -           | Malo    | 80 m           | 80 m   | Malo    |
|                 | 110.800  | 111.000 | -             | 200 m | -              | -               | -           | Bueno   | 200 m          | 200 m  | Bueno   |
| 111.000-112.000 | 111.000  | 111.800 | -             | 800 m | -              | -               | -           | Bueno   | 800 m          | 800 m  | Bueno   |
|                 | 111.800  | 111.860 | -             | 60 m  | -              | -               | -           | Bueno   | 60 m           | 60 m   | Regular |
|                 | 111.860  | 112.000 | -             | 140 m | -              | -               | -           | Bueno   | 140 m          | 140 m  | Bueno   |
| 112.000-113.000 | 112.000  | 112.720 | -             | 720 m | -              | -               | -           | Bueno   | 720 m          | 720 m  | Bueno   |
|                 | 112.720  | 112.920 | -             | -     | -              | -               | 200 m       | Bueno   | 200 m          | 200 m  | Bueno   |
|                 | 112.920  | 113.000 | 80 m          | -     | -              | -               | -           | Bueno   | 80 m           | 80 m   | Bueno   |

Fuente: Elaboración propia, datos levantados en campo.

A partir de la **tabla 16**, se observa que la mayor parte de las señales marcadas en la carpeta de rodamiento consideradas como “señales horizontales” (líneas centrales y de borde y otros tipos de demarcaciones), se encuentran en buen estado representado por un **89%** de la demarcación total en el tramo, versus un **11%** que se encuentran en estado regular o mal estado. Así mismo, partiendo de estos resultados se entiende que los conductores pueden apreciar e interpretar la mayor parte de la demarcación horizontal en el tramo y lo más probable es que las obvien; y que solamente en puntos específicos se les dificultaría su apreciación. (ver **figuras 24, 25, 26 y 27**)

**Figura 24:** Cruce tipo cebra situado en el km 108.280, en estado regular



Fuente: Elaboración propia.

Presenta desgaste en su pintura, dado a su localización, ubicada en medio de dos bahías de autobuses está expuesta al tránsito continuo, y la intemperie, lo que dificulta su apreciación a larga distancia para el usuario al volante.

**Figura 25:** Línea doble combinada localizada en el km 110.000; en estado regular



Fuente: Elaboración propia.

Su pintura está bastante desgastada, lo que la hace poco visible para los usuarios al volante.

**Figura 26:** Líneas laterales y línea central, ubicadas en el km 110.720, en mal estado



Fuente: Elaboración propia.

Líneas bastante desgastadas producto de la fricción de los vehículos que transitan muy pegados a la línea, también factores como el clima y la intemperie, hacen que la señalización marcada en el pavimento se desgaste y sea muy difícil de visualizar.

**Figura 27:** Línea de borde izquierda (sentido sur-norte), localizada en el km 111.800, en estado regular



Fuente: Elaboración propia.

En el momento en que se realizó este inventario vial se encontraba obstruida con la presencia de tomates y restos de otros desechos, que evidenciaban rastros de un accidente ocasionado en el tramo, lo que deja la vía en condiciones no óptimas, pero si transitables. (Ver **figura 27**)

Los gráficos mostrados con anterioridad, reflejan los desperfectos con los que cuenta la señalización horizontal existente en el tramo, la señalización en estos puntos se encontró desgastada u obstruida; situación que genera preocupación ya que, producto de ello, los conductores podrían salirse de su carril o ignorar las limitaciones que detallan dichas señales y ocasionar un accidente.

Entre los símbolos y marcas horizontales existentes en el tramo, se ha encontrado líneas laterales o de borde, líneas centrales (dobles combinadas, continuas y discontinuas), y un único cruce tipo cebra; así mismo, se encontraron elementos de demarcación en el pavimento para mejorar la visibilidad, tales como los captaluces o vialetas, de las cuales se encontraron muy pocos elementos al final del tramo y en muy mal estado, (ver **figuras 28 y 29**)

**Figura 28:** Captaluz o vialeta ubicada en el km 110.190, bastante deteriorada se encuentra en mal estado



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 29:** Captaluz o vialeta, localizada en el km 110.845; totalmente desprendida, lo que representa un deterioro total y mal estado



Fuente: Elaboración propia.

Según el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, SIECA (2014), señala que: “la vialetas son el complemento de las líneas pintadas sobre el pavimento, guiando al conductor cuando llueve o pierde de vista la línea canalizadora. Así se evita la invasión involuntaria de otros carriles por distracción o fatiga del conductor” (pág. 3-31).

Al ser un elemento de suma importancia en la seguridad vial, es relevante mencionar que a como se mostró en las **figuras 28 y 29**, este representa un problema, ya que dentro de los elementos para mejorar la visibilidad de la demarcación en la carpeta asfáltica del tramo hay muy pocos, siendo las tachas reflectivas o vialetas uno de estos elementos de los que se carece, y se encuentran en malas condiciones en el tramo, a lo que se le podría atribuir de manera indirecta ser uno de los factores causantes de los accidentes de tránsito.

### **3.2.9. Defensas metálicas**

Las defensas metálicas son dispositivos de seguridad instalados en uno o ambos lados de la carretera en tramos donde existe peligro para los vehículos, ya sea por el alineamiento del camino, altura de terraplenes, alcantarillas, accidentes topográficos, entre otros.

Las defensas metálicas encontradas en el tramo de estudio son del tipo Flex-Beam metálicas de doble onda, se encuentran ubicadas en los puntos adecuados, tienen la longitud necesaria, cumplen con la altura del eje de simetría longitudinal de  $50 \pm 2$  cm medido desde el nivel del hombro del acotamiento de la carretera, y cuentan con el anclaje requerido según lo recomendado por el (Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Viales del SIECA, sección 4.3.2) y el (Manual de Mantenimiento de carreteras del SIECA, sección 907).

El tramo de estudio cuenta con 3 defensas metálicas situadas de manera continua debido a una curva pronunciada que comprende desde el km 109.780 hasta el km 110.000, dichos dispositivos se encuentran en muy buenas condiciones, sin embargo, se observó que la última de ellas en sentido sur-norte se encuentra bastante deteriorada y presenta señales de un posible accidente pasado. (Ver **figuras 30 y 31**)

**Figura 30:** Inicio de la defensa metálica km 109.950, se encuentra en regular



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31:** Extremo final de la defensa metálica km 110.000, se encuentra en mal estado



Fuente: Elaboración propia.

Según el inventario realizado y a como se aprecia en las **figuras 30 y 31**, la tercera y última defensa metálica se encuentra deteriorada, presenta un desprendimiento en uno de sus extremos y una abolladura en el otro; también la falta de reflectantes en estas y otros daños menores como golpes pueden verse presentes, por lo que se requiere trabajos de mantenimiento.

### 3.2.10. Bahía de buses

En la ejecución del inventario vial se han encontrado dos bahías de buses a lo largo de los 5 km que se extiende el tramo de estudio (ver **figuras 32 y 33**), cabe destacar que las bahías tienen un diseño geométrico para refugio de un autobús menor al adecuado, en cuanto a longitud de entrada y salida de la bahía, pero dispone de un ancho promedio de 3 a 5 metros (ver **tabla 18, figura 34**), a como lo especifica el (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2004, pág. 4-17).

A continuación, la **tabla 17** muestra la ubicación y dimensiones de las bahías de buses encontradas en el tramo carretera.

**Tabla 17:** *Inventario de bahías para autobuses del tramo en estudio*

| Km      | Carril    |         | Dimensiones |        |        |       |             |
|---------|-----------|---------|-------------|--------|--------|-------|-------------|
|         | Izquierdo | Derecho | Entrada     | Parada | Salida | Ancho | Long. Total |
| 108.263 | X         |         | 7.30m       | 13.65m | 8.50m  | 4.50m | 29.45m      |
| 108.285 |           | X       | 6.90m       | 14.80m | 8.90m  | 4.60m | 30.60m      |

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32:** Bahía de buses km 108.263, carril izquierdo (sentido sur-norte)



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 33:** Bahía de buses km 108.285, carril derecho (sentido sur-norte)



Fuente: Elaboración propia.

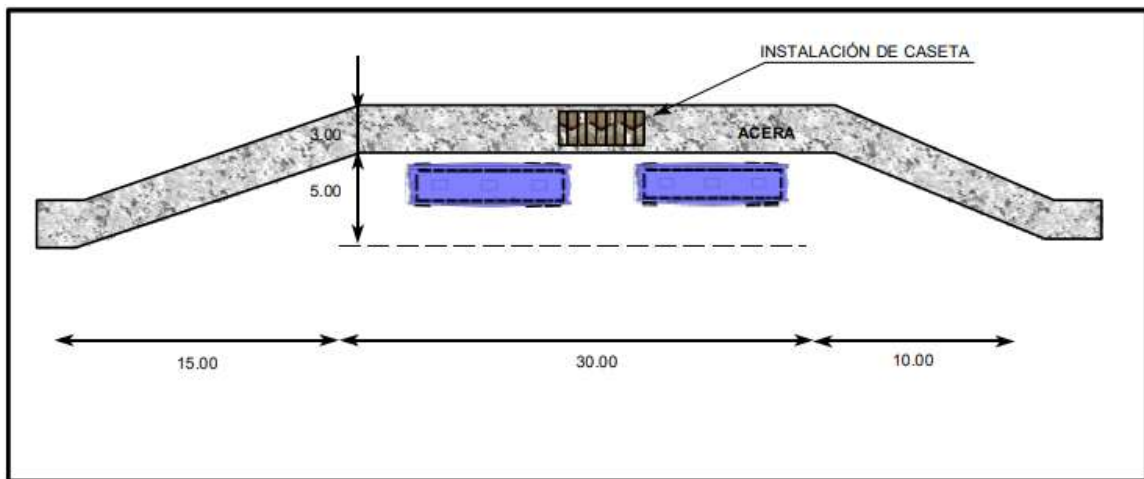
Las **figuras 32 y 33**, muestran las bahías de autobuses, las cuales a como se ha mencionado anteriormente están bastante deterioradas, presentando un estado crítico en su carpeta asfáltica y acera, con desintegración de bordes, baches y demarcación horizontal poco visible en el pavimento, lo que dificulta su uso y funcionamiento óptimo, limitando a los conductores de autobuses a hacer poco uso de estas; los cuales de preferencia optan por detenerse sobre la vía para el encuentro con pasajeros, afectando el flujo vehicular en la vía.

**Tabla 18:** *Dimensiones típicas de las bahías para el refugio de autobuses en las carreteras regionales*

| Diseño          | Entrada<br>(m) | Parada<br>(m) | Salida<br>(m) | Ancho<br>(m) | Long.<br>Total (m) |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------------|
| Para un bus     | 10             | 15            | 15            | 3-4          | 40                 |
| Para dos buses  | 10             | 30            | 15            | 4            | 55                 |
| Para tres buses | 15             | 45            | 15            | 4-5          | 75                 |

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004).

**Figura 34:** Bahía para buses, sin separador



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004).

### **3.3. Estudio de tráfico**

El presente estudio de tráfico ha sido posible mediante la realización de un aforo vehicular en el tramo de análisis, donde se han recolectado los datos necesarios para la determinación de los volúmenes de tránsito y el comportamiento vehicular; y por medio de estos se han identificado los alcances de operabilidad, funcionalidad y demanda de la vía.

El tramo km 108 al km 113 Sébaco, carretera panamericana norte, forma parte de la arteria principal de carreteras a nivel nacional e internacional, con una circulación muy diversa y elevada de vehículos, debido a que es un tramo que presenta un tipo de terreno bastante uniforme, carente de ondulaciones; con un índice notorio de zonas agrícolas, residenciales e industriales que producen una alta afluencia de usuarios del transporte liviano, de pasajeros y de carga.

#### **3.3.1. Determinación de ubicación para realización de aforo vehicular**

En la determinación de los puntos de aforo vehicular se ha seleccionado específicamente un punto de conteo, situado en la bahía de autobuses en el km 108.285 Sébaco - San Isidro, Matagalpa (ver **figura 36**), relativamente al inicio del tramo de carretera, la cual es la principal vía de acceso a la carretera panamericana norte de Estelí.

Cabe destacar que este punto se seleccionó de manera estratégica, ya que en la zona se ubica una intersección que conecta la carretera principal con las comunidades aledañas como carreta quebrada y paso carretera, lo que produce una alta afluencia de personas y vehículos que transitan el lugar; siendo este el único punto de aforo vehicular, ya que, a lo largo del tramo de análisis no se encuentran más intersecciones que hagan variar el flujo vehicular y solamente se localizan caminos de acceso que conectan a propiedades privadas como fincas, haciendas y manzanas de tierra destinadas al uso agrícola. (ver **figura 35**).

**Figura 35:** Ubicación de punto de aforo del tramo km 108 al km 113 Sébaco - San Isidro



Fuente: Google Earth.

**Figura 36:** Punto seleccionado de aforo vehicular, km 108.285 Sébaco



Fuente: Elaboración propia.

El aforo vehicular se efectuó según la metodología que indica el anuario de aforos de tráfico del MTI (2019); el cual tuvo lugar los días martes 20, miércoles 21 y jueves 22 de febrero del año 2024, durante 12 horas continuas de (6:00 a.m. a

6:00 p.m.), ubicándose una persona por cada sentido del flujo vehicular (sur-norte, norte-sur respectivamente), donde se han contado y clasificado los diferentes tipos de vehículos que transitaron por el punto seleccionado de aforo, a lo largo del tramo de carretero de estudio.

### 3.3.2. Clasificación vehicular y volúmenes de tránsito

El formato de clasificación vehicular utilizado para el trabajo de campo contiene los datos generales referentes a los puntos donde se realizó el conteo: Nombre de la estación, sentido de circulación, hora, fecha, nombre del aforador y la clasificación vehicular, en correspondencia con el formato establecido por la Universidad Nacional de Ingeniería (ver **tabla 48, anexos**), además se utilizó el cuadro para la tipología y descripción vehicular (ver **tabla 55, anexos**), que nos proporciona en el anuario de aforos de tráfico del MTI (2019). Para los conteos vehiculares realizados (véase **tablas 49, 50, 51, 52, 53 y 54, anexos**).

La **tabla 19** muestra los volúmenes de tránsito en ambos sentidos durante 12 horas correspondientes para el km 108.285 Sébaco, Matagalpa, por día y fecha.

**Tabla 19:** *Volúmenes de tránsito en ambos sentidos durante 12 horas por día y fecha (febrero 2024)*

| Kilometro | Tramo                | Aforo                |                         |                      | Total  |
|-----------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------|
|           |                      | Martes<br>(20/02/24) | Miércoles<br>(21/02/24) | Jueves<br>(22/02/24) |        |
| 108.285   | Sébaco,<br>Matagalpa | 7,099                | 7,139                   | 7,901                | 22,139 |

Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 19** se observa un resumen de las cantidades totales de vehículos en ambos sentidos que pasaron por el punto de control establecido. Siendo jueves, el día con mayor flujo vehicular, debido a que es un día próximo al fin de semana, con mayor entrada y salida de vehículos al municipio con destino al norte del país, o con rumbo a la capital.

### 3.3.3. Evaluación del tránsito existente

Con respecto al tránsito existente en el tramo de estudio y su debida evaluación se utilizaron los datos obtenidos del punto seleccionado para los 3 días de aforo vehicular.

Las **tablas 20 y 21** presentan un consolidado del volumen de tránsito diurno para vehículos de pasajeros, vehículos pesados y de carga, por tipología vehicular identificada durante los 3 días de aforo realizados en el tramo de estudio.

El tránsito vehicular en el tramo de estudio se compone principalmente de vehículos de pasajeros (motos, autos, pick ups, autobuses) con un 78%, ya que son los medios de transporte que dispone la población de las comunidades aledañas para desplazarse de un sector a otro como parte de sus actividades diarias. (Ver **tablas 20 y 21**).

El tránsito de vehículos de carga también tiene un rol importante en la zona, esto es debido a la ubicación geográfica del tramo, ya que sirve como punto de acceso que conecta grandes ciudades del país, lo que lo hace un punto de mucha transurrencia para llegar a casi cualquier parte del país, o para llegar a los países de la región.

**Tabla 20:** Resumen del volumen de tránsito diurno para vehículos de pasajeros durante los 3 días aforados

| Días                          | Vehículos de pasajeros |       |      |         |                  |                    |            |
|-------------------------------|------------------------|-------|------|---------|------------------|--------------------|------------|
|                               | Motos                  | Autos | Jeep | Pick-Up | Microbús <15 pax | Microbús 15-30 pax | Bus Grande |
| Martes 20                     | 1352                   | 1255  | 401  | 2209    | 137              | 47                 | 200        |
| Miércoles 21                  | 1321                   | 1276  | 398  | 2174    | 121              | 47                 | 203        |
| Jueves 22                     | 1465                   | 1511  | 486  | 2292    | 148              | 42                 | 199        |
| Total/Veh                     | 4138                   | 4042  | 1285 | 6675    | 406              | 136                | 602        |
| <b>Total</b>                  | 17284                  |       |      |         |                  |                    |            |
| <b>Veh/ 12hrs. % por tipo</b> | 78%                    |       |      |         |                  |                    |            |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 21:** Resumen del volumen de tránsito diurno para vehículos pesados y de carga durante los 3 días aforados

| Días                          | Vehículos de carga |            |     |    |          |          |       |       | Vehículos pesados |           | Otros | Total/Veh 12 hrs |
|-------------------------------|--------------------|------------|-----|----|----------|----------|-------|-------|-------------------|-----------|-------|------------------|
|                               | Camión Ligero      | C2 > 4 ton | C3  | C4 | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T3-S2 | T3-S3 | Agrícolas         | Construc. |       |                  |
| Martes 20                     | 518                | 426        | 130 | 4  | 10       | 2        | 285   | 78    | 21                | 6         | 18    | 7099             |
| Miércoles 21                  | 532                | 486        | 135 | 6  | 8        | 2        | 352   | 49    | 6                 | 5         | 18    | 7139             |
| Jueves 22                     | 600                | 515        | 109 | 3  | 10       | 1        | 420   | 69    | 11                | 3         | 17    | 7901             |
| Total/Veh                     | 1650               | 1427       | 374 | 13 | 28       | 5        | 1057  | 196   | 38                | 14        | 53    | 22139            |
| <b>Total</b>                  | 4855               |            |     |    |          |          |       |       |                   |           |       | 22139            |
| <b>Veh/ 12hrs. % por tipo</b> | 21%                |            |     |    |          |          |       |       | 1%                |           |       | 100%             |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.4. Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

A partir del conteo vehicular, se han obtenido los siguientes resultados del volumen horario máxima demanda que se presentó por cada uno de los días de aforo, como se aprecia en la **tabla 22**.

**Tabla 22:** *Volumen horario de máxima demanda por día*

| Volumen horario de máxima demanda (VHMD) |               |            |       |
|------------------------------------------|---------------|------------|-------|
| Día                                      | HMD           | VHMD (vph) | Qmáx. |
| Martes (20/02/24)                        | 04:45 - 05:45 | 699        | 197   |
| Miércoles (21/02/24)                     | 05:00 - 06:00 | 753        | 210   |
| Jueves (22/02/24)                        | 04:30 - 05:30 | 794        | 225   |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.5. Cálculo del factor de la hora de máxima demanda (FHMD) o factor pico horario (FPH)

Utilizando la ecuación 4 detallada en la pág. 14 de la presente investigación, se obtienen los siguientes factores para cada día aforado:

#### 3.3.5.1. FHMD para el día martes 20/02/2024

De acuerdo con la **tabla 22**, el VHMD= 699 vph y Qmáx. = 197 vph.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{15máx})} \quad ; \quad FHMD = \frac{699}{4(197)} = 0.89$$

#### 3.3.5.2. FHMD para el día miércoles 21/02/2024

De acuerdo con la **tabla 22**, el VHMD= 753 vph y Qmáx. = 210 vph

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{15máx})} \quad ; \quad FHMD = \frac{753}{4(210)} = 0.90$$

#### 3.3.5.3. FHMD para el día jueves 22/02/2024

De acuerdo con la **tabla 22**, el VHMD= 794 vph y Qmáx. = 225 vph

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{15máx})} \quad ; \quad FHMD = \frac{794}{4(225)} = 0.88$$

La **tabla 23** muestra un resumen de los factores horarios de máxima demanda (FHMD) para cada día de aforo vehicular realizado en el tramo de estudio.

**Tabla 23:** *Resumen del factor horario de máxima demanda (FHMD) para cada día aforado*

| Factores horarios de máxima demanda (FHMD) |               |            |       |      |
|--------------------------------------------|---------------|------------|-------|------|
| Día                                        | HMD           | VHMD (vph) | Qmáx. | FHMD |
| Martes (20/02/24)                          | 04:45 - 05:45 | 699        | 197   | 0.89 |
| Miércoles (21/02/24)                       | 05:00 - 06:00 | 753        | 210   | 0.90 |
| Jueves (22/02/24)                          | 04:30 - 05:30 | 794        | 225   | 0.88 |

Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 23** se observa que, para los tres días el factor horario de máxima demanda (FHMD) varían entre 0.80 y 0.95, esto significa que, dentro de la hora de máxima demanda, existen periodos cortos de intervalos de 15 min con tasas de flujo mayores a la de la hora misma, en donde se exigen las condiciones de máxima demanda.

### 3.3.6. Determinación del tránsito promedio diario anual (TPDA)

Para estimar el valor del TPDA en el tramo de estudio fue necesario el cálculo del tránsito promedio diurno, y la determinación de los factores de ajuste vehicular.

La determinación de los factores de ajuste se ha realizado según el anuario de aforos de tráfico del MTI (2019), donde se utilizó la estación de mayor cobertura (EMC) 107: Sébaco - Empalme San Isidro, la cual es la estación más cercana y correspondiente al tramo.

#### 3.3.6.1. Cálculo de tránsito promedio diurno TP (D)

Con los datos resumen de la **tabla 20** y **21**, se aplica la ecuación 5 detallada en la pág. 15 de la presente investigación, para la determinación de TP (D) por cada tipo de vehículo, datos resumidos (ver **tabla 24** y **25**).

**Tabla 24:** Tránsito promedio diurno para vehículos de pasajeros

| Descripción | Vehículos de pasajeros |       |      |         |                  |                    |            |
|-------------|------------------------|-------|------|---------|------------------|--------------------|------------|
|             | Motos                  | Autos | Jeep | Pick-Up | Microbús <15 pax | Microbús 15-30 pax | Bus Grande |
| Total/Veh   | 4138                   | 4042  | 1285 | 6675    | 406              | 136                | 602        |
| TP (D)      | 1379                   | 1347  | 428  | 2225    | 135              | 45                 | 201        |
| TP (D) %    | 78%                    |       |      |         |                  |                    |            |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 25:** Tránsito promedio diurno para vehículos pesados y de carga

| Descripción | Vehículos de carga |            |     |    |          |          |       |       | Vehículos pesados |           | Otros | Total/Veh 12 hrs |
|-------------|--------------------|------------|-----|----|----------|----------|-------|-------|-------------------|-----------|-------|------------------|
|             | Camión Ligero      | C2 > 4 ton | C3  | C4 | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T3-S2 | T3-S3 | Agrícolas         | Construc. |       |                  |
| Total/Veh   | 1650               | 1427       | 374 | 13 | 28       | 5        | 1057  | 196   | 38                | 14        | 53    | 22139            |
| TP (D)      | 550                | 476        | 125 | 4  | 9        | 2        | 352   | 65    | 13                | 5         | 18    | 7380             |
| TP (D) %    | 21%                |            |     |    |          |          |       |       | 1%                |           |       | 100%             |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.6.2. Factores de ajuste

Para la selección de los factores de ajustes de expansión del tráfico y cálculo del TPDA se selecciona primero el vector geográfico que corresponde al tramo de estudio según la ubicación geográfica (ver **tabla 26**), posteriormente se buscó la estación más cercana al tramo del aforo realizado esta corresponde a la estación de mayor cobertura 107: Sébaco – Empalme San Isidro, y finalmente se toman los factores de ajuste correspondiente al primer cuatrimestre (ver **tabla 27**), debido a que el aforo vehicular se realizó en febrero.

**Tabla 26:** *Vector Geográfico*

| Vector | Código | Nombre de Región | Departamentos                                                        |
|--------|--------|------------------|----------------------------------------------------------------------|
| R1     | PS     | Pacífico Sur     | Masaya, Granada, Carazo, Rivas                                       |
| R2     | PN     | Pacífico Norte   | León, Chinandega, Managua                                            |
| R3     | CN     | Central Norte    | Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales |
| R4     | AS     | Atlántico Sur    | Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan                  |
| R5     | AN     | Atlántico Norte  | Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)                              |

Fuente: Anuario de aforos de tráfico del MTI (2019).

### 3.3.6.3. Cálculo tránsito promedio diario anual (TPDA)

Una vez obtenido el TP (D) y tomando los factores de ajustes correspondiente al primer cuatrimestre en concordancia con el aforo ejecutado, procede a realizarse el cálculo del TPDA empleando la ecuación 6 detallada en la pág. 15 de la presente investigación. Los datos obtenidos tabulados y resumidos se presentan en la **tabla 28 y 29**.

**Tabla 27: Factores de ajuste vehicular**



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA  
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION  
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL  
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

**ESTACION DE MAYOR COBERTURA 107**  
**SEBACO - EMPALME SAN ISIDRO**  
**FACTORES - 2019**



*Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril*

| Descripción             | Moto | Carro | Jeep | Camioneta | Micro Bus | Mini Bus | Bus  | Liv. 2-5 t. | C2   | C3   | Tx- Sx<=4 | Tx- Sx=>5 | Cx- Rx<=4 | Cx- Rx=>5 | V.A  | V.C  | Otros |
|-------------------------|------|-------|------|-----------|-----------|----------|------|-------------|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|------|-------|
| Factor Día              | 1.25 | 1.25  | 1.30 | 1.25      | 1.25      | 1.31     | 1.17 | 1.32        | 1.44 | 1.47 | 1.00      | 1.52      | 1.40      | 1.00      | 1.00 | 1.00 | 1.17  |
| Factor Semana           | 1.01 | 1.02  | 0.99 | 0.95      | 0.94      | 1.09     | 0.99 | 0.89        | 0.90 | 0.95 | 1.00      | 0.90      | 0.78      | 1.00      | 0.82 | 1.00 | 1.07  |
| Factor Fin de Semana    | 0.98 | 0.95  | 1.02 | 1.16      | 1.20      | 0.83     | 1.02 | 1.46        | 1.36 | 1.15 | 1.00      | 1.39      | 3.50      | 1.00      | 2.29 | 1.00 | 0.87  |
| Factor Expansión a TPDA | 1.08 | 1.01  | 1.01 | 1.03      | 0.96      | 0.83     | 0.99 | 1.09        | 0.99 | 0.98 | 1.00      | 1.04      | 1.00      | 1.00      | 0.85 | 1.00 | 0.75  |

Fuente: Anuario de aforos de tráfico del MTI (2019).

**Tabla 28:** Tránsito promedio diario anual (TPDA) para vehículos de pasajeros

| Descripción      | Vehículos de pasajeros |       |      |         |                  |                    |            |
|------------------|------------------------|-------|------|---------|------------------|--------------------|------------|
|                  | Motos                  | Autos | Jeep | Pick-Up | Microbús <15 pax | Microbús 15-30 pax | Bus Grande |
| <b>TP (D)</b>    | 1379                   | 1347  | 428  | 2225    | 135              | 45                 | 201        |
| Factor día       | 1.25                   | 1.25  | 1.3  | 1.25    | 1.25             | 1.31               | 1.17       |
| Factor Semana    | 1.01                   | 1.02  | 0.99 | 0.95    | 0.94             | 1.09               | 0.99       |
| Factor expansión | 1.08                   | 1.01  | 1.01 | 1.03    | 0.96             | 0.83               | 0.99       |
| <b>TPDA vpd</b>  | 1881                   | 1735  | 557  | 2721    | 153              | 54                 | 230        |
| % TPDA           | 79%                    |       |      |         |                  |                    |            |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29:** Tránsito promedio diario anual (TPDA) para vehículos pesados y de carga

| Descripción      | Vehículos de carga |            |      |          |          |       |       | Vehículos pesados |           | Otros | Total/Veh 12 hrs |
|------------------|--------------------|------------|------|----------|----------|-------|-------|-------------------|-----------|-------|------------------|
|                  | Camión Ligero      | C2 > 4 ton | C3   | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T3-S2 | T3-S3 | Agrícolas         | Construc. |       |                  |
| <b>TP (D)</b>    | 550                | 476        | 125  | 9        | 2        | 352   | 65    | 13                | 5         | 22    | 7380             |
| Factor día       | 1.32               | 1.44       | 1.47 | 1.4      | 1        | 1     | 1.52  | 1                 | 1         | 1.17  |                  |
| Factor Semana    | 0.89               | 0.9        | 0.95 | 0.78     | 1        | 1     | 0.9   | 0.82              | 1         | 1.07  |                  |
| Factor Expansión | 1.09               | 0.99       | 0.98 | 1        | 1        | 1     | 1.04  | 0.85              | 1         | 0.75  |                  |
| <b>TPDA vpd</b>  | 704                | 610        | 171  | 10       | 2        | 352   | 93    | 9                 | 5         | 21    | 9307             |
| % TPDA           | 21%                |            |      |          |          |       |       |                   |           |       | 100%             |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.7. Capacidad y nivel de servicio

Para el cálculo de capacidad y nivel de servicio, se ha empleado el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004), el cual basa en la metodología del Manual de Capacidad de las Carreteras, en su versión de 1994; apoyados de una tabla resumen con los datos del estudio de tránsito y características de la carretera, se han obtenido factores proporcionados por las tablas que se muestran a continuación, y utilizando la ecuación 7 para el cálculo la capacidad y nivel de servicio al que opera el tramo en estudio. (ver **tabla 30**).

**Tabla 30:** Resumen de datos obtenidos del estudio de tránsito e inventario vial

| Características del tramo de carretera en estudio |               |
|---------------------------------------------------|---------------|
| Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)          | 794           |
| Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)           | 0.90          |
| Vehículos recreativos (%)                         | 72.90         |
| Autobuses (%)                                     | 5.17          |
| Camiones (%)                                      | 21.35         |
| Distribución direccional del tránsito             | 50/50         |
| Tipo de terreno                                   | Llano o Plano |
| Ancho de carriles (m)                             | 3.35          |
| Ancho de Hombros (m)                              | 0.00          |
| Velocidad de diseño (Kph)                         | 80.00         |
| Vehículos recreativos (%)                         | 0.00          |

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.7.1. Relación volumen capacidad del nivel de servicio (v/c)

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004), establece las relaciones de (v/c) para carreteras de dos niveles en función de las características geométricas debido al tipo de terreno, y el porcentaje de zonas sin visibilidad de paso. (ver **tabla 31**)

**Tabla 31:** Nivel de servicio (v/c) para carreteras de dos carriles

| Nivel de Servicio (NS) | Terreno plano          |      |      |      |      |      | Terreno Ondulado       |      |      |      |      |      | Terreno Montañoso      |      |      |      |      |      |
|------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------------------------|------|------|------|------|------|------------------------|------|------|------|------|------|
|                        | Restricción de paso, % |      |      |      |      |      | Restricción de paso, % |      |      |      |      |      | Restricción de paso, % |      |      |      |      |      |
|                        | 0                      | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  | 0                      | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  | 0                      | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  |
| <b>A</b>               | 0.15                   | 0.12 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.15                   | 0.10 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.14                   | 0.09 | 0.07 | 0.04 | 0.02 | 0.01 |
| <b>B</b>               | 0.27                   | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.26                   | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.25                   | 0.20 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.10 |
| <b>C</b>               | 0.43                   | 0.39 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.32 | 0.42                   | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.39                   | 0.33 | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.16 |
| <b>D</b>               | 0.64                   | 0.62 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.62                   | 0.57 | 0.52 | 0.48 | 0.46 | 0.43 | 0.58                   | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.37 | 0.33 |
| <b>E</b>               | 1.00                   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.97                   | 0.94 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.91                   | 0.87 | 0.84 | 0.82 | 0.80 | 0.78 |

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994

La vía funciona con un carril por sentido, y tomando en consideración la demarcación horizontal (líneas continuas, discontinuas y dobles), señalización vertical (restricción de adelantamiento) y flujo vehicular, se considera un 60% de porcentaje de restricción de paso a como se indica en **tabla 31**.

### 3.3.7.2. Factor de ajuste de distribución direccional del tránsito en carreteras de dos carriles (fd)

Del estudio de tráfico se determinó la distribución direccional por sentido 50/50 considerando el día más crítico del flujo vehicular, y con la **tabla 32** que nos proporciona el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004), se estima el factor de distribución direccional.

**Tabla 32:** Factores de distribución direccional de tránsito en carreteras de dos carriles

| Separación Direccional (%/%) | Factor |
|------------------------------|--------|
| 50/50                        | 1.00   |
| 60/40                        | 0.94   |
| 70/30                        | 0.89   |
| 80/20                        | 0.83   |
| 90/10                        | 0.75   |
| 100/0                        | 0.71   |

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994

### 3.3.7.3. Factor de ajuste para anchos de carriles y hombros (fw)

Con los datos de ancho de carril y hombros tomados de la **tabla 30**, y haciendo uso de la **tabla 33** tomado del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico SIECA (2004), se estiman los valores del factor de ajuste por efecto combinado de carriles angostos y hombros.

**Tabla 33:** Factor de ajuste por efecto combinado de carriles angostos y hombros restringidos, carreteras de dos carriles

| Hombro (m) | Carril de 3.65m |      | Carril de 3.35m |      | Carril de 3.05m |      | Carril de 2.75m |      |
|------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
|            | NS A-D          | NS E | NS A-D          | NS E | NS A-D          | NS E | NS A-D          | NS E |
| 1.8        | 1.00            | 1.00 | 0.93            | 0.94 | 0.83            | 0.87 | 0.70            | 0.76 |
| 1.2        | 0.92            | 0.97 | 0.85            | 0.92 | 0.77            | 0.85 | 0.65            | 0.74 |
| 0.6        | 0.81            | 0.93 | 0.75            | 0.88 | 0.68            | 0.81 | 0.57            | 0.70 |
| 0.0        | 0.70            | 0.88 | 0.65            | 0.82 | 0.58            | 0.75 | 0.49            | 0.66 |

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994  
NS: Nivel de Servicio

### 3.3.7.4. Factor de ajuste por vehículos pesados (Fhv)

Para la determinación del factor de ajuste por vehículos pesados empleamos la **tabla 34**, que nos proporciona el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA (2004), tomando en consideración el tipo de terreno que predomina en el tramo.

**Tabla 34:** Automóviles equivalentes por camiones y autobuses en función del tipo del terreno, carreteras de dos carriles

| Tipo de Vehículo | NS  | Tipo de Terreno |          |           |
|------------------|-----|-----------------|----------|-----------|
|                  |     | Plano           | Ondulado | Montañoso |
| Camiones, Et     | A   | 2.0             | 4.0      | 7.0       |
|                  | B-C | 2.2             | 5.0      | 10.0      |
|                  | D-E | 2.0             | 5.0      | 12.0      |
| Buses, Eb        | A   | 1.8             | 3.0      | 5.7       |
|                  | B-C | 2.0             | 3.4      | 6.0       |
|                  | D-E | 1.6             | 2.9      | 6.5       |

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994  
NS: Nivel de Servicio

En la **tabla 24** y **25** se encuentran los valores **PT** y **PB** tomados del tránsito promedio diario, los cuales resultan en un 5.17% buses y 21.35% camiones, y el cálculo de la pendiente del tramo se clasificó como llano o plano según las **tablas 11 y 12**.

### 3.3.7.5. Cálculo del flujo de servicio (Sfi)

a. Determinación de la relación volumen/capacidad (v/c), ver **tabla 31**.

$$(V/C) A = 0.07, \quad (V/C) B = 0.19, \quad (V/C) C = 0.34,$$

$$(V/C) D = 0.59, \quad (V/C) E = 1.00$$

b. Factor de distribución direccional (fd), ver **tabla 32**.

$$fd (50/50) = 1.00$$

c. Factor de ajuste / ancho de carril y hombro (fw), ver **tabla 33**.

$$Fw (A-D) = 0.65$$

$$Fw (E) = 0.82$$

d. Factor de ajuste por vehículos pesados (fhv), ver **tabla 34**.

$$fhv = \frac{1}{[1 + PT (ET - 1) + PB (EB - 1) + PR (ER - 1)]}$$

Porcentaje de camiones: **PT** = 0.2135

Porcentaje de autobuses: **PB** = 0.0517

Porcentaje de vehículos recreativos: **PR** = 0.0

Por tanto, la ecuación se reduce a:

$$fhv = \frac{1}{[1 + PT (ET - 1) + PB (EB - 1)]}$$

$$ET(A) = 2.00$$

$$EB(A) = 1.80$$

$$ET(B-C) = 2.20$$

$$EB(B-C) = 2.00$$

$$ET(D-E) = 2.00$$

$$EB(D-E) = 1.60$$

- Realizando el proceso de cálculo para (**Fhv**) se obtiene:

$$fhv(A) = \frac{1}{[1 + 0.2135(2.00 - 1) + 0.0517(1.80 - 1)]} = 0.80$$

$$fhv(B-C) = \frac{1}{[1 + 0.2135(2.20 - 1) + 0.0517(2.00 - 1)]} = 0.76$$

$$fhv(D-E) = \frac{1}{[1 + 0.2135(2.00 - 1) + 0.0517(1.60 - 1)]} = 0.80$$

- El flujo de servicio para cada nivel (**Sfi**) será el siguiente:

$$Sfi = 2,800 * \frac{V}{C} * fd * fw * fhv$$

$$Sf_A = 2,800 * 0.07 * 1.00 * 0.65 * 0.80 = 102 \frac{Veh}{hr}$$

$$Sf_B = 2,800 * 0.19 * 1.00 * 0.65 * 0.76 = 265 \frac{Veh}{hr}$$

$$Sf_C = 2,800 * 0.34 * 1.00 * 0.65 * 0.76 = 474 \frac{Veh}{hr}$$

$$Sf_D = 2,800 * 0.59 * 1.00 * 0.65 * 0.80 = 863 \frac{Veh}{hr}$$

$$Sf_E = 2,800 * 1.00 * 1.00 * 0.82 * 0.80 = 1,845 \frac{Veh}{hr}$$

- Cálculo del flujo máximo de la demanda actual (**Fs**).

$$Fs \text{ actual} = \frac{VHMD}{FHMD}$$

Ecuación 10

$$Fs \text{ actual} = \frac{794}{0.90} = 886 \text{ Vehículos por hora}$$

Comparación del flujo de servicio (**Sfi**) con el flujo máximo de la demanda actual (**Fs**) para determinar en nivel de servicio.

$$Sfd < Fs \text{ actual} < Sfe$$

$$863 \text{ vph} < 886 \text{ vph} < 1,845 \text{ vph}$$

Se observa que el flujo máximo de la demanda actual ( $F_s$ ) marcado en verde, se encuentra entre el flujo de servicio D (**Sfd**) y el flujo de servicio E (**Sfe**), pero este valor es más próximo al flujo de servicio D (**Sfd**) marcado en amarillo, por tanto, se concluye que el camino está operando en un nivel de servicio D; acercándose a un flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.

### 3.3.8. Estudio de velocidad

En este análisis se han dividido los vehículos en 3 grupos, vehículos livianos el cual constará de motos, autos y pick ups, otro grupo serán los autobuses y por último los vehículos pesados que serán camiones y tráileres con semirremolques.

Según Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales (2018), expresa que “el tamaño apropiado de la muestra para velocidades de punto en cualquier tipo de vía y de tránsito, en caso que no se hayan efectuado estudios anteriores es de 122 vehículos, siendo más que suficiente para cumplir con los requerimientos de error menor permitido” (Pág. 286). Es por ello que para el sentido norte-sur se ha utilizado una muestra de 60 vehículos livianos, solamente 7 buses, ya que estos transitaban cada 15 min, y 21 vehículos pesados; mientras que para el sentido sur-norte se ha utilizado una muestra de 60 vehículos livianos, 11 buses, y 24 vehículos pesados, tomando una muestra total de 183 vehículos.

#### 3.3.8.1. Km 108.7 sentido norte-sur

En base a las **tablas 35, 36, 37 y 38** se aprecia el comportamiento de los vehículos que transitan en el tramo de análisis expresados en porcentajes, que entre vehículos livianos, buses y vehículos pesados, se obtiene un total de 88 vehículos que representarían el 100%; de estos 88 vehículos el 84% cumplen con la velocidad máx. de diseño establecida en el tramo (80 km/h), en sentido norte-sur, y un 16% de vehículos que no cumplen con la velocidad máx. de diseño siendo estos en su totalidad vehículos livianos (motos, autos y pick ups), un porcentaje considerable en comparación al número de vehículos que transitan.

**Tabla 35:** Distribución de velocidades en el km 108.7 sentido N-S, para vehículos livianos

| Localidad: Comunidad Rio viejo km 108.7 |       |        |         |       |                              |         |         |        |         |
|-----------------------------------------|-------|--------|---------|-------|------------------------------|---------|---------|--------|---------|
| Sentido: Norte – sur                    |       |        |         |       |                              |         |         |        |         |
| Distancia medida: 100 mts               |       |        |         |       | Velocidad de diseño: 80 km/h |         |         |        |         |
| Vehículos livianos                      |       |        |         |       |                              |         |         |        |         |
| N.º                                     | Motos |        |         | Autos |                              |         | Pick up |        |         |
|                                         | T(S)  | V(m/s) | V(Km/h) | T(S)  | V(m/s)                       | V(Km/h) | T(S)    | V(m/s) | V(Km/h) |
| 1                                       | 7,27  | 13,76  | 49,52   | 5,57  | 17,95                        | 64,63   | 4,53    | 22,08  | 79,47   |
| 2                                       | 4,56  | 21,93  | 78,95   | 9,58  | 10,44                        | 37,58   | 4,34    | 23,04  | 82,95   |
| 3                                       | 6,26  | 15,97  | 57,51   | 4,89  | 20,45                        | 73,62   | 7,05    | 14,18  | 51,06   |
| 4                                       | 4,35  | 22,99  | 82,76   | 4,32  | 23,15                        | 83,33   | 4,65    | 21,51  | 77,42   |
| 5                                       | 3,36  | 29,76  | 107,14  | 6,22  | 16,08                        | 57,88   | 5,32    | 18,80  | 67,67   |
| 6                                       | 3,96  | 25,25  | 90,91   | 5,94  | 16,84                        | 60,61   | 4,79    | 20,88  | 75,16   |
| 7                                       | 8,71  | 11,48  | 41,33   | 4,90  | 20,41                        | 73,47   | 4,17    | 23,98  | 86,33   |
| 8                                       | 6,01  | 16,64  | 59,90   | 5,95  | 16,81                        | 60,50   | 4,32    | 23,15  | 83,33   |
| 9                                       | 4,60  | 21,74  | 78,26   | 5,28  | 18,94                        | 68,18   | 7,37    | 13,57  | 48,85   |
| 10                                      | 5,35  | 18,69  | 67,29   | 4,01  | 24,94                        | 89,78   | 5,74    | 17,42  | 62,72   |
| 11                                      | 4,55  | 21,98  | 79,12   | 4,43  | 22,57                        | 81,26   | 3,82    | 26,18  | 94,24   |
| 12                                      | 5,63  | 17,76  | 63,94   | 6,27  | 15,95                        | 57,42   | 4,68    | 21,37  | 76,92   |
| 13                                      | 5,34  | 18,73  | 67,42   | 5,83  | 17,15                        | 61,75   | 4,88    | 20,49  | 73,77   |
| 14                                      | 3,82  | 26,18  | 94,24   | 4,61  | 21,69                        | 78,09   | 6,46    | 15,48  | 55,73   |
| 15                                      | 3,61  | 27,70  | 99,72   | 4,27  | 23,42                        | 84,31   | 4,83    | 20,70  | 74,53   |
| 16                                      | 6,13  | 16,31  | 58,73   | 7,67  | 13,04                        | 46,94   | 6,21    | 16,10  | 57,97   |
| 17                                      | 4,86  | 20,58  | 74,07   | 4,85  | 20,62                        | 74,23   | 4,91    | 20,37  | 73,32   |
| 18                                      | 7,36  | 13,59  | 48,91   | 4,46  | 22,42                        | 80,72   | 6,14    | 16,29  | 58,63   |
| 19                                      | 5,58  | 17,92  | 64,52   | 4,69  | 21,32                        | 76,76   | 6,05    | 16,53  | 59,50   |
| 20                                      | 6,69  | 14,95  | 53,81   | 5,94  | 16,84                        | 60,61   | 6,45    | 15,50  | 55,81   |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 36:** Distribución de velocidades en el km 108.7 sentido N-S, para vehículos pesados

| Localidad: Comunidad Rio viejo km 108.7 |       |        |         |          |        |                              |                 |        |         |
|-----------------------------------------|-------|--------|---------|----------|--------|------------------------------|-----------------|--------|---------|
| Sentido: Norte – sur                    |       |        |         |          |        |                              |                 |        |         |
| Distancia medida: 100 mts               |       |        |         |          |        | Velocidad de diseño: 80 km/h |                 |        |         |
| Vehículos pesados                       |       |        |         |          |        |                              |                 |        |         |
| N.º                                     | Buses |        |         | Camiones |        |                              | T2-S2 o mayores |        |         |
|                                         | T(S)  | V(m/s) | V(Km/h) | T(S)     | V(m/s) | V(Km/h)                      | T(S)            | V(m/s) | V(Km/h) |
| 1                                       | 7,06  | 14,16  | 50,99   | 6,29     | 15,90  | 57,23                        | 6,68            | 14,97  | 53,89   |
| 2                                       | 4,69  | 21,32  | 76,76   | 5,83     | 17,15  | 61,75                        | 5,05            | 19,80  | 71,29   |
| 3                                       | 5,17  | 19,34  | 69,63   | 5,25     | 19,05  | 68,57                        | 7,93            | 12,61  | 45,40   |
| 4                                       | 4,81  | 20,79  | 74,84   | 5,14     | 19,46  | 70,04                        | 8,19            | 12,21  | 43,96   |
| 5                                       | 5,35  | 18,69  | 67,29   | 6,46     | 15,48  | 55,73                        | 8,41            | 11,89  | 42,81   |
| 6                                       | 10,91 | 9,17   | 33,00   | 6,42     | 15,58  | 56,07                        | 6,34            | 15,77  | 56,78   |
| 7                                       | 5,92  | 16,89  | 60,81   | 5,31     | 18,83  | 67,80                        | 5,53            | 18,08  | 65,10   |
| 8                                       |       |        |         | 7,86     | 12,72  | 45,80                        | 7,90            | 12,66  | 45,57   |
| 9                                       |       |        |         | 7,63     | 13,11  | 47,18                        | 8,10            | 12,35  | 44,44   |
| 10                                      |       |        |         | 7,13     | 14,03  | 50,49                        | 10,05           | 9,95   | 35,82   |
| 11                                      |       |        |         | 8,72     | 11,47  | 41,28                        |                 |        |         |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 37:** Distribución de velocidades expresada en (%) para vehículos livianos

| Tabla de resumen |                     |                         |         |            |
|------------------|---------------------|-------------------------|---------|------------|
| Velocidad (Km/h) | Vehículos livianos  |                         |         |            |
|                  | Número de vehículos | Porcentaje de vehículos | Cumplen | No cumplen |
| 0 – 30           | 0                   | 0%                      | 77%     |            |
| 31 – 40          | 1                   | 2%                      |         |            |
| 41 – 50          | 5                   | 8%                      |         |            |
| 51 – 60          | 15                  | 25%                     |         |            |
| 61 – 70          | 9                   | 15%                     |         |            |
| 71 – 80          | 16                  | 27%                     |         |            |
| 81 – 90          | 9                   | 15%                     | 23%     |            |
| 91 - 100         | 4                   | 6%                      |         |            |
| 101 – Mas        | 1                   | 2%                      |         |            |
| Total            | 60                  | 100%                    | 100%    |            |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 38:** Distribución de velocidades expresada en (%) para vehículos pesados

| Tabla de resumen |                     |                         |         |            |
|------------------|---------------------|-------------------------|---------|------------|
| Velocidad (Km/h) | Vehículos Pesados   |                         |         |            |
|                  | Número de vehículos | Porcentaje de vehículos | Cumplen | No cumplen |
| 0 – 30           | 0                   | 0%                      | 100%    |            |
| 31 – 40          | 2                   | 7%                      |         |            |
| 41 – 50          | 10                  | 36%                     |         |            |
| 51 – 60          | 6                   | 21%                     |         |            |
| 61 – 70          | 7                   | 25%                     |         |            |
| 71 – 80          | 3                   | 11%                     |         |            |
| 81 – 90          | 0                   | 0%                      | 0%      |            |
| 91 - 100         | 0                   | 0%                      |         |            |
| 101 – Mas        | 0                   | 0%                      |         |            |
| Total            | 28                  | 100%                    | 100%    |            |

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas anteriores indican los porcentajes de vehículos que cumplen y no cumplen con la velocidad máx. de diseño establecida en el tramo de carretera, siendo el color verde, el color que se utilizó para representar los vehículos que cumplen con velocidades iguales o inferiores a la velocidad máx. y el color rojo, representa el porcentaje de vehículos que no cumplen con la velocidad máx. de diseño, superando el límite establecido de 80 km/h, de estas tablas se observa que para el sentido norte-sur los vehículos pesados cumplen en su totalidad, mientras que los vehículos livianos el 23% no cumplen representando un valor relativamente considerable, que podría ir en aumento de no prestar atención a la situación, y tomar las medidas de seguridad apropiadas que permitan reducir este valor.

#### **3.3.8.2. Km 108.7 sentido sur-norte**

En base a las **tablas 39, 40, 41 y 42**, se aprecia que en el sentido sur-norte se tomó una muestra de 95 de vehículos, en los cuales hay un aumento significativo de vehículos que transitan a exceso de velocidad, resultando que el 32% de vehículos livianos, no cumplen con la velocidad máx. de 80 km/h correspondiente al tramo en estudio, en comparación con el sentido norte-sur hay un aumento del 9% de los vehículos livianos que exceden esta marca; también es notable que para el caso de los vehículos pesados hay un aumento del 11% vehículos que exceden la velocidad máx. establecida, superando al sentido norte-sur; esto resulta alarmante ya que, debido a su peso y estructura estos deberían respetar el límite de velocidad establecido, porque en caso de ocasionarse un accidente que los involucre, este podría llegar a ser catastrófico.

**Tabla 39:** Distribución de velocidades en el km 108.7 sentido S-N, para vehículos livianos

| Localidad: Comunidad Rio viejo km 108.7 |      |        |         |       |                              |         |         |        |         |
|-----------------------------------------|------|--------|---------|-------|------------------------------|---------|---------|--------|---------|
| Sentido: Sur – norte                    |      |        |         |       |                              |         |         |        |         |
| Distancia medida: 100 mts               |      |        |         |       | Velocidad de diseño: 80 km/h |         |         |        |         |
| Vehículos livianos                      |      |        |         |       |                              |         |         |        |         |
| N.º                                     | Moto |        |         | Autos |                              |         | Pick up |        |         |
|                                         | T(S) | V(m/s) | V(Km/h) | T(S)  | V(m/s)                       | V(Km/h) | T(S)    | V(m/s) | V(Km/h) |
| 1                                       | 7,13 | 14,03  | 50,49   | 4,08  | 24,51                        | 88,24   | 6,61    | 15,13  | 54,46   |
| 2                                       | 5,01 | 19,96  | 71,86   | 4,56  | 21,93                        | 78,95   | 5,90    | 16,95  | 61,02   |
| 3                                       | 3,93 | 25,45  | 91,60   | 5,78  | 17,30                        | 62,28   | 5,90    | 16,95  | 61,02   |
| 4                                       | 5,03 | 19,88  | 71,57   | 4,25  | 23,53                        | 84,71   | 5,40    | 18,52  | 66,67   |
| 5                                       | 8,30 | 12,05  | 43,37   | 6,98  | 14,33                        | 51,58   | 4,80    | 20,83  | 75,00   |
| 6                                       | 6,88 | 14,53  | 52,33   | 5,02  | 19,92                        | 71,71   | 4,37    | 22,88  | 82,38   |
| 7                                       | 4,64 | 21,55  | 77,59   | 5,91  | 16,92                        | 60,91   | 4,43    | 22,57  | 81,26   |
| 8                                       | 3,48 | 28,74  | 103,45  | 4,93  | 20,28                        | 73,02   | 3,25    | 30,77  | 110,77  |
| 9                                       | 4,88 | 20,49  | 73,77   | 5,04  | 19,84                        | 71,43   | 5,09    | 19,65  | 70,73   |
| 10                                      | 5,26 | 19,01  | 68,44   | 4,12  | 24,27                        | 87,38   | 4,37    | 22,88  | 82,38   |
| 11                                      | 4,39 | 22,78  | 82,00   | 3,76  | 26,60                        | 95,74   | 4,14    | 24,15  | 86,96   |
| 12                                      | 5,17 | 19,34  | 69,63   | 5,50  | 18,18                        | 65,45   | 5,88    | 17,01  | 61,22   |
| 13                                      | 5,52 | 18,12  | 65,22   | 6,46  | 15,48                        | 55,73   | 6,98    | 14,33  | 51,58   |
| 14                                      | 5,53 | 18,08  | 65,10   | 3,52  | 28,41                        | 102,27  | 5,30    | 18,87  | 67,92   |
| 15                                      | 6,02 | 16,61  | 59,80   | 4,92  | 20,33                        | 73,17   | 6,09    | 16,42  | 59,11   |
| 16                                      | 6,66 | 15,02  | 54,05   | 5,68  | 17,61                        | 63,38   | 4,02    | 24,88  | 89,55   |
| 17                                      | 5,50 | 18,18  | 65,45   | 5,83  | 17,15                        | 61,75   | 4,07    | 24,57  | 88,45   |
| 18                                      | 6,77 | 14,77  | 53,18   | 3,10  | 32,26                        | 116,13  | 4,45    | 22,47  | 80,90   |
| 19                                      | 5,37 | 18,62  | 67,04   | 5,32  | 18,80                        | 67,67   | 4,33    | 23,09  | 83,14   |
| 20                                      | 3,73 | 26,81  | 96,51   | 5,35  | 18,69                        | 67,29   | 3,08    | 32,47  | 116,88  |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 40:** Distribución de velocidades en el km 108.7 sentido S-N, para vehículos pesados

| Localidad: Comunidad Rio viejo km 108.7 |       |        |         |          |        |                              |                 |        |         |
|-----------------------------------------|-------|--------|---------|----------|--------|------------------------------|-----------------|--------|---------|
| Sentido: Sur – norte                    |       |        |         |          |        |                              |                 |        |         |
| Distancia medida: 100 mts               |       |        |         |          |        | Velocidad de diseño: 80 km/h |                 |        |         |
| Vehículos pesados                       |       |        |         |          |        |                              |                 |        |         |
| N.º                                     | Buses |        |         | Camiones |        |                              | T2-S2 o mayores |        |         |
|                                         | T(S)  | V(m/s) | V(Km/h) | T(S)     | V(m/s) | V(Km/h)                      | T(S)            | V(m/s) | V(Km/h) |
| 1                                       | 6,41  | 15,60  | 56,16   | 6,10     | 16,39  | 59,02                        | 7,48            | 13,37  | 48,13   |
| 2                                       | 6,28  | 15,92  | 57,32   | 5,80     | 17,24  | 62,07                        | 7,59            | 13,18  | 47,43   |
| 3                                       | 6,18  | 16,18  | 58,25   | 4,45     | 22,47  | 80,90                        | 5,03            | 19,88  | 71,57   |
| 4                                       | 5,57  | 17,95  | 64,63   | 4,09     | 24,45  | 88,02                        | 4,22            | 23,70  | 85,31   |
| 5                                       | 6,81  | 14,68  | 52,86   | 4,12     | 24,27  | 87,38                        | 5,95            | 16,81  | 60,50   |
| 6                                       | 4,50  | 22,22  | 80,00   | 4,94     | 20,24  | 72,87                        | 5,57            | 17,95  | 64,63   |
| 7                                       | 5,81  | 17,21  | 61,96   | 5,35     | 18,69  | 67,29                        | 5,97            | 16,75  | 60,30   |
| 8                                       | 4,35  | 22,99  | 82,76   | 7,13     | 14,03  | 50,49                        | 8,02            | 12,47  | 44,89   |
| 9                                       | 4,85  | 20,62  | 74,23   | 7,39     | 13,53  | 48,71                        |                 |        |         |
| 10                                      | 6,21  | 16,10  | 57,97   | 6,23     | 16,05  | 57,78                        |                 |        |         |
| 11                                      | 5,10  | 19,61  | 70,59   | 6,65     | 15,04  | 54,14                        |                 |        |         |
| 12                                      |       |        |         | 6,02     | 16,61  | 59,80                        |                 |        |         |
| 13                                      |       |        |         | 6,76     | 14,79  | 53,25                        |                 |        |         |
| 14                                      |       |        |         | 5,82     | 17,18  | 61,86                        |                 |        |         |
| 15                                      |       |        |         | 6,73     | 14,86  | 53,49                        |                 |        |         |
| 16                                      |       |        |         | 5,40     | 18,52  | 66,67                        |                 |        |         |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 41:** Distribución de velocidades expresada en (%) para vehículos livianos

| Tabla de resumen |                     |                         |         |            |
|------------------|---------------------|-------------------------|---------|------------|
| Velocidad (Km/h) | Vehículos livianos  |                         |         |            |
|                  | Número de vehículos | Porcentaje de vehículos | Cumplen | No cumplen |
| 0 - 30           | 0                   | 0%                      | 68%     |            |
| 31 - 40          | 0                   | 0%                      |         |            |
| 41 - 50          | 2                   | 3%                      |         |            |
| 51 - 60          | 10                  | 17%                     |         |            |
| 61 - 70          | 18                  | 30%                     |         |            |
| 71 - 80          | 11                  | 18%                     |         |            |
| 81 - 90          | 11                  | 18%                     | 32%     |            |
| 91 - 100         | 3                   | 5%                      |         |            |
| 101 - Mas        | 5                   | 8%                      |         |            |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 42:** Distribución de velocidades expresada en (%) para vehículos pesados

| Tabla de resumen |                     |                         |         |            |
|------------------|---------------------|-------------------------|---------|------------|
| Velocidad (Km/h) | Vehículos Pesados   |                         |         |            |
|                  | Número de vehículos | Porcentaje de vehículos | Cumplen | No cumplen |
| 0 - 30           | 0                   | 0%                      | 89%     |            |
| 31 - 40          | 0                   | 0%                      |         |            |
| 41 - 50          | 5                   | 14%                     |         |            |
| 51 - 60          | 13                  | 37%                     |         |            |
| 61 - 70          | 8                   | 23%                     |         |            |
| 71 - 80          | 5                   | 14%                     |         |            |
| 81 - 90          | 4                   | 11%                     | 11%     |            |
| 91 - 100         | 0                   | 0%                      |         |            |
| 101 - Mas        | 0                   | 0%                      |         |            |

Fuente: Elaboración propia.

### **3.4. Propuesta de seguridad vial**

Aquí se abordan las propuestas de seguridad vial elaboradas a partir de los resultados obtenidos de los estudios realizados en el tramo carretera panamericana norte, Sébaco km 108 al km 113, Matagalpa; de los cuales se recopiló la información necesaria, para cimentar todas las propuestas de solución; estas cumpliendo con los requisitos técnico-ingenieriles fundamentales indicados en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA 2014, y el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras regionales, SIECA 2004; que garantizarán una mayor seguridad vial en el tramo en estudio.

#### **3.4.1. Mejoramiento de la carpeta asfáltica en la vía**

Mediante la elaboración del inventario vial se han levantado cada una de las características físicas-geométricas que presenta la vía del tramo en estudio, es por ello que se aprecian los daños en la carpeta de rodamiento a considerarse para una propuesta de mejora, si bien estos daños no afectan directamente el funcionamiento de la vía, si afectan el confort y nivel de servicio que esta ofrece a sus usuarios, es por ello, que dentro de esta propuesta se contempla la realización de reparaciones o mantenimiento de la carpeta de rodamiento en puntos determinados como en mal estado o regular.

Partiendo en el km 108.263, punto donde inicia una de las bahías de autobuses localizadas en el tramo, hasta el km 108.314 punto donde termina la segunda bahía de autobuses (ver **figuras 32 y 33**); acá se propone realizar un bacheo profundo o mayor que según el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA (2010), en el capítulo dos establece: “*Estas áreas con problemas deben ser reparadas con el objetivo de devolver la sustentación estructural original de la carretera y proporcionar comodidad y seguridad; las labores que deben realizarse son excavación, material de relleno, relleno con material de base triturada, relleno con concreto asfáltico*” (pág. 107). Con ello se pretende mejorar las condiciones y

funcionamiento pleno de las bahías de autobuses, para uso y servicio de las personas de la localidad.

También se propone hacer reparaciones de la carpeta de rodamiento en otros puntos como en el km 108.186, km 109.280 y km 109.435; para estas secciones se contempla realizar un sello de fisuras y grietas según el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA (2010), en el capítulo dos donde establece que: *“El sello de fisuras y grietas es una actividad como mantenimiento preventivo y se debe realizar cuando éstas se han reflejado claramente en el pavimento, las cuales pueden aparecer longitudinal o transversalmente en la línea de rodadura, con propósito de impermeabilizar las capas que forman la estructura del pavimento, evitando la falla tipo piel de cocodrilo y luego la formación de baches”* (pág.103).

Por último para el km 110.443 se propone dar un mantenimiento tipo bacheo superficial o menor a la carpeta de rodamiento, que según Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA (2010), en el capítulo dos establece: *“Consiste en la reparación a mano o a máquina de estas áreas de superficie pavimentadas, que se realiza con mezcla en frío o caliente, con un espesor máximo igual a la existente, incluyendo la excavación, extracción y cuadrado del área que debe repararse, y la colocación de mezcla asfáltica”* (pág.111). (Ver **tabla 13** y **14** del inventario vial).

### **3.4.2. Señalización vertical**

En base al inventario vial se encontraron con 6 señales en estado regular y 8 en mal estado que están divididas en señales de prevención y de información, por lo que es necesario dar un correcto mantenimiento a las señales en estado regular y cambiar las señales en mal estado por unas nuevas que cumplan con la función que deben.

#### **3.4.2.1. Señales de prevención**

Son las que indican al conductor las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza, por lo que se debe proponer algunas señales de prevención con las que el tramo de estudio no cuenta según nuestro criterio en base a los análisis hechos anteriormente. (Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito, 2014, págs. 1, capítulo 2).

- **Señal preventiva “Proximidad de una curva” (P-1-2)**

El tramo cuenta con dos curvas que abarcan un tramo considerable por lo que es necesario implementar señales de este tipo para que los conductores pueden bajar la velocidad previniendo accidentes de volcamiento, entre otros. Dentro de la propuesta se contemplan dos señales de este tipo, (ver **tabla 43**, ver **figura 37**, **anexos**).

- **Señal preventiva “Proximidad de policía dormido” (P-9-12)**

El tramo cuenta con reductores de velocidad, los cuales no disponen de una señal de tránsito que indique la proximidad de estos, por lo cual es necesario implementar una señal de “proximidad de policía dormido” donde corresponda (ver **tabla 43**, ver **figura 38**, **anexos**), y de paso dar mantenimiento a los reductores de velocidad en el tramo, ya que se encuentran bastante desgastados (ver **figura 39**, **anexos**).

- **Señal preventiva “circulación de bicicletas” (P-9-10)**

El tramo de carretera en estudio es una zona rural en la que es muy común ver a personas transitar en bicicletas; sin embargo, esta vía no cuenta con hombros, ni ciclovías que permitan a los ciclistas transitar de manera segura. Por lo cual proponemos la colocación de una señal de “circulación de bicicletas” (**P-9-10**) para evitar accidentes fatales que involucren a ciclistas (ver **tabla 43**, ver **figura 40**, **anexos**).

**Tabla 43:** Colocación de señales verticales

| Ítem | Tipo de señal                         | Código | Sentido     |             |
|------|---------------------------------------|--------|-------------|-------------|
|      |                                       |        | Norte – Sur | Sur - Norte |
| 1    | Señal preventiva (CURVA)              | P-1-2  | Km 110.150  | -           |
| 2    | Señal preventiva (CURVA)              | P-1-2  | -           | Km 109.020  |
| 3    | Señal preventiva (Cir. De bicicletas) | P-9-10 | -           | Km 108.000  |
| 4    | Señal preventiva (Reductor de vel.)   | P-9-12 | -           | Km 112.930  |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3. Delineadores de dirección tipo “chevron” (P-1-9)

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, SIECA (2014), en el capítulo dos refiriéndose a los delineadores de dirección tipo chevron expresa lo siguiente: *“Son dispositivos reflectivos montados en serie al costado de la calzada, para indicar la alineación del camino, en particular, los cambios de dirección; constituyen una ayuda efectiva para la conducción nocturna y deben ser considerados como dispositivos de dirección, más que de prevención”. “Pueden ser utilizados en secciones largas de caminos, en tramos cortos donde existan cambios en la alineación, particularmente donde el alineamiento puede ser confuso, en curvas pronunciadas, frente a los carriles de entrada a las rotondas o en tramos de transición en el ancho de la calzada”* (pág. 2-42).

En el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 municipio de Sébaco-San Isidro, Matagalpa se propone la colocación de delineadores tipo “chevron” ya que en los puntos que se muestran en la **tabla 44**, no cuentan con las señales necesarias de este tipo para guiar a los conductores a no salirse de la vía.

**Tabla 44:** Señales propuestas de delineadores tipo “chevron” en el tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco, Matagalpa

| Kilómetro | Carril  | Código | Dimensiones | Imagen                                                                              |
|-----------|---------|--------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 109.200   | Derecho | P-1-9  | 122*61 cm   |  |
| 109.260   |         |        |             |                                                                                     |
| 109.380   |         |        |             |                                                                                     |

Fuente: Elaboración propia.

El criterio utilizado para el cálculo de los delineadores tipo “chevron” toma como base las longitudes de curva en nuestro tramo, considerando los espaciamientos máximos recomendados para delineadores del (Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, SIECA, 2014, sec. 2.3.15.3).

#### 3.4.4. Señal “Parada de autobuses” (R-10-1)

El transporte colectivo de personas es el medio de transporte más importante de los habitantes de América central, en particular la modalidad de autobús. La señal que indica donde se ubican las paradas de autobús es de naturaleza reglamentaria, ya que es una obligación de los conductores detenerse y deben hacerlo solo en sitios autorizados por el ente público competente que establezca el marco jurídico de cada país. De igual manera, las señales que indican que la parada está prohibida es de orden reglamentario y de acatamiento obligatorio.

Conforme a lo establecido en la sección 2.2.13 del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, SIECA (2014), se propone instalar 2 señales de parada de autobuses, ya que no existen en las dos bahías para autobuses presentes en el tramo; ubicadas en los puntos mostrados a continuación. (ver **tabla 45**).

**Tabla 45:** Señales propuestas de “Parada de autobuses” en el tramo Carretera Panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco, Matagalpa

| Kilómetro | Carril    | Código | Dimensiones | Imagen                                                                              |
|-----------|-----------|--------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 108.285   | Derecho   | R-10-1 | 91.4*61 cm  |  |
| 108.290   | Izquierdo |        |             |                                                                                     |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.5. Postes guías

Estos dispositivos verticales toman la función de delineadores de franja, que permiten a los usuarios de la vía discernir la presencia de otros dispositivos y obras de drenaje. Pueden clasificarse como postes guías o de kilometraje según su ubicación.

A lo largo el tramo pudo apreciarse su existencia y sus condiciones actuales, en base a estas se propone el mantenimiento y reposición de algunos de estos elementos que se encuentran en estado regular y deteriorados completamente, en los puntos que se muestran a continuación. (ver **tabla 46**).

**Tabla 46:** Propuesta de postes guías en el tramo Carretera Panamericana norte km 108 al km 113 Sébaco, Matagalpa

| Kilometro | Propuesta                    | Carril             |
|-----------|------------------------------|--------------------|
| 108.700   | Reemplazar estructura física | Derecho            |
| 109.140   | Ubicar estructura física     | Izquierdo          |
| 109.493   | Ubicar estructura física     | Izquierdo          |
| 110.523   | Restaurar estructura física  | Izquierdo          |
| 110.603   | Restaurar estructura física  | Izquierdo          |
| 112.879   | Restablecer pintura          | Izquierdo, Derecho |
| 112.970   | Restablecer pintura          | Derecho            |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.6. Puentes

Dentro del tramo de estudio se localizan dos elementos de drenaje mayor denominados como puentes de paso, por medio de la ejecución del inventario vial se determinó que uno de estos se encuentra en óptimas condiciones, y el otro en estado regular, siendo este último mencionad el puente río viejo; para este caso se propone que se le dé un mantenimiento adecuado a la estructura, dentro de la propuesta se contempla que se restablezca la pintura de las barandas, hombros de concreto y demarcación horizontal del puente, así mismo, se debe realizar un mantenimiento adecuado en la carpeta asfáltica del puente, ya que se encuentra deteriorada a como se muestra en el **figura 41** correspondiente a los **anexos**.

### 3.4.7. Señalización horizontal

Por medio de la visita de campo y elaboración del inventario vial en el estudio presente se aprecia que, en varias zonas de la vía, tanto las líneas, así como símbolos y reductores de velocidad presentan un desgaste bastante notorio que limita a estos elementos en el cumplimiento de su función, por lo que es necesario dar mantenimiento a cada una de estos, pintando nuevamente las líneas centrales entre carriles y líneas de borde que están desgastadas (ver **tabla 47**).

Igualmente la vía cuenta con una baja cantidad de vialetas también conocidas como “ojo de gato”, las cuales han sido vandalizadas o desgastadas por el flujo vehicular y la intemperie; por lo cual es necesario implantar nuevas vialetas en todo el tramo de estudio que permitan aumentar la visibilidad en la carretera durante la noche y en condiciones climatológicas que afecten a los conductores; estas deberán colocarse a cada 8 metros de acuerdo lo establecido en el capítulo tres del (Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito SIECA, 2014, cuadro 3.8).

**Tabla 47:** *Líneas de señalización en mal estado o regular*

| Km<br>inicia | Km<br>termina | Señal                                  | Estado  | Solución | Color    |
|--------------|---------------|----------------------------------------|---------|----------|----------|
| 108.280      | 108.280       | Cruce tipo cebra                       | Regular | Pintar   | Blanco   |
| 108.680      | 108.850       | L. continua                            | Regular | Pintar   | Amarillo |
| 108.680      | 108.850       | L. borde                               | Regular | Pintar   | Blanco   |
| 110          | 110.280       | Doble combinada<br>(línea carril izq.) | Regular | Pintar   | Amarillo |
| 110          | 110.280       | Línea de borde                         | Regular | Pintar   | Blanco   |
| 110.720      | 110.800       | Línea discontinua                      | Malo    | Pintar   | Amarillo |
| 110.720      | 110.800       | Línea de borde                         | Malo    | Pintar   | Blanco   |
| 111.800      | 111.860       | Línea de borde                         | Regular | Pintar   | Blanco   |

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

- ❖ En el análisis realizado en base a los datos de accidentalidad proporcionados por la Policía Nacional de Tránsito del tramo carretera panamericana norte km 108 al km 113 que comprenden los años 2017 al 2021 se ha concluido que la mayoría de los accidentes que ocurren en el tramo de estudio se dan por irresponsabilidad del conductor representando el 94% de los accidentes y solo un 6% de los accidentes ocurren por imprudencia peatonal o mal estado de la vía. Estas estadísticas al igual que los índices de accidentalidad van aumentando; por lo cual, esto indica que en el tramo de estudio no se han implementado las medidas de prevención y seguridad necesarias por parte de las autoridades correspondientes para evitar el aumento de estos accidentes.
- ❖ Tras la ejecución del inventario vial, se concluye que la mayor parte de la carpeta asfáltica, obras de drenaje, demarcaciones horizontales y señales verticales se encuentran en buenas condiciones; sin embargo, se identificaron puntos particulares en la vía donde los elementos antes mencionados requieren mantenimiento o mejoras debido a su estado deteriorado; también se logró apreciar la falta de elementos de iluminación de la carretera esto en gran parte debido a que ésta se ubica en una zona rural, siendo las vialetas los únicos elementos de iluminación dispuestos para este tipo de carretera, los cuales se encontraron muy pocos y en muy mal estado.
- ❖ Mediante la realización del aforo vehicular, se ha determinado que el tránsito promedio diario anual (TPDA) al que opera la vía es de 9,307 vpd, la hora de máxima demanda (HMD) es el día jueves (22/02/2024) de 04:30-05:30 PM, con 794 vph; respecto a la composición vehicular, una configuración del 78.88% de vehículos de pasajeros, 20.75% de vehículos pesados de carga y 0.37% de equipo pesado, resaltan las pick-up como el tipo de vehículo en mayor porcentaje (29%) que transita la zona, la carretera presenta un nivel de servicio **D**, y como parte del estudio de velocidad en sentido N-S, un 16% de

veh. no cumplen con el límite de velocidad establecido, mientras que en sentido S-N, un 24% de los vehículos tampoco cumplen con el requerimiento.

- ❖ Respecto a las propuesta de solución técnico-ingenieril, se concluye que será necesario implementar medidas de seguridad vial por parte de las autoridades correspondientes, tales como, concientización de la población acerca de las responsabilidades y riesgos que se asumen como usuarios de la vía; también es necesario el reemplazo y mantenimiento de algunos elementos de suma importancia para la vía como lo son la carpeta de rodamiento en puntos específicos detallados en la propuesta, ciertas señales verticales y horizontales que por su estado no están cumpliendo con su función de diseño; y la instalación y reemplazo de las vialetas en todo el tramo, esto para reducir los el número de accidentes que se presentan en el tramo.

## RECOMENDACIONES

Como parte de nuestro estudio y con el fin de reducir los índices de accidentes de tránsito en el tramo de estudio, hemos elaborado las siguientes recomendaciones:

1. A la Policía Nacional de tránsito se recomienda ejecutar campañas de educación vial, planificando charlas para los transportistas, conductores y población en general, considerando las causas de peligrosidad actual en el tramo de estudio, que reflejan las estadísticas de accidentes de tránsito proporcionadas por la Policía Nacional.
2. Se recomienda al fondo de mantenimiento vial (FOMAV) brindar un mantenimiento periódico en el tramo Panamericana norte, Sébaco km 108 al km 113 para garantizar la condición estructural y buen estado de la superficie de rodamiento ante la presencia de fisuras, grietas, baches y otros tipos de desgaste.
3. También el FOMAV debe instalar y restaurar dispositivos de demarcación horizontal (líneas centrales y borde) y vertical (señales preventivas y restrictivas), detallados en la propuesta de seguridad vial para el correcto funcionamiento y flujo vehicular libre de accidentes en la vía de estudio.
4. Instalar y restaurar dispositivos de demarcación de la vía como vialetas o captaluces en todo el tramo de estudio que permitan aumentar la iluminación durante la noche y en condiciones climatológicas.
5. Se recomienda al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) instalar dispositivos de iluminación artificial, ejecutada por la empresa de electricidad ENATREL.
6. Aumentar vigilancia del tránsito por parte de la Policía de Tránsito Nacional, sobre todo en los puntos críticos del tramo.

## **BIBLIOGRAFIA**

Araya, J. (2014) Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito.

Cal, R., & Cárdenas, J. (2007) Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones. 9na edición. Alfaomega.

CORASCO (2008) Manual para la revisión de estudio de tránsito. Nicaragua: Ministerio de transporte e Infraestructura.

POLICÍA NACIONAL (2021) Anuario Estadístico Policial 2021. Policía Nacional de Nicaragua.

SIECA (2004) Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales. 2da edición.

SIECA (2011) Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras.

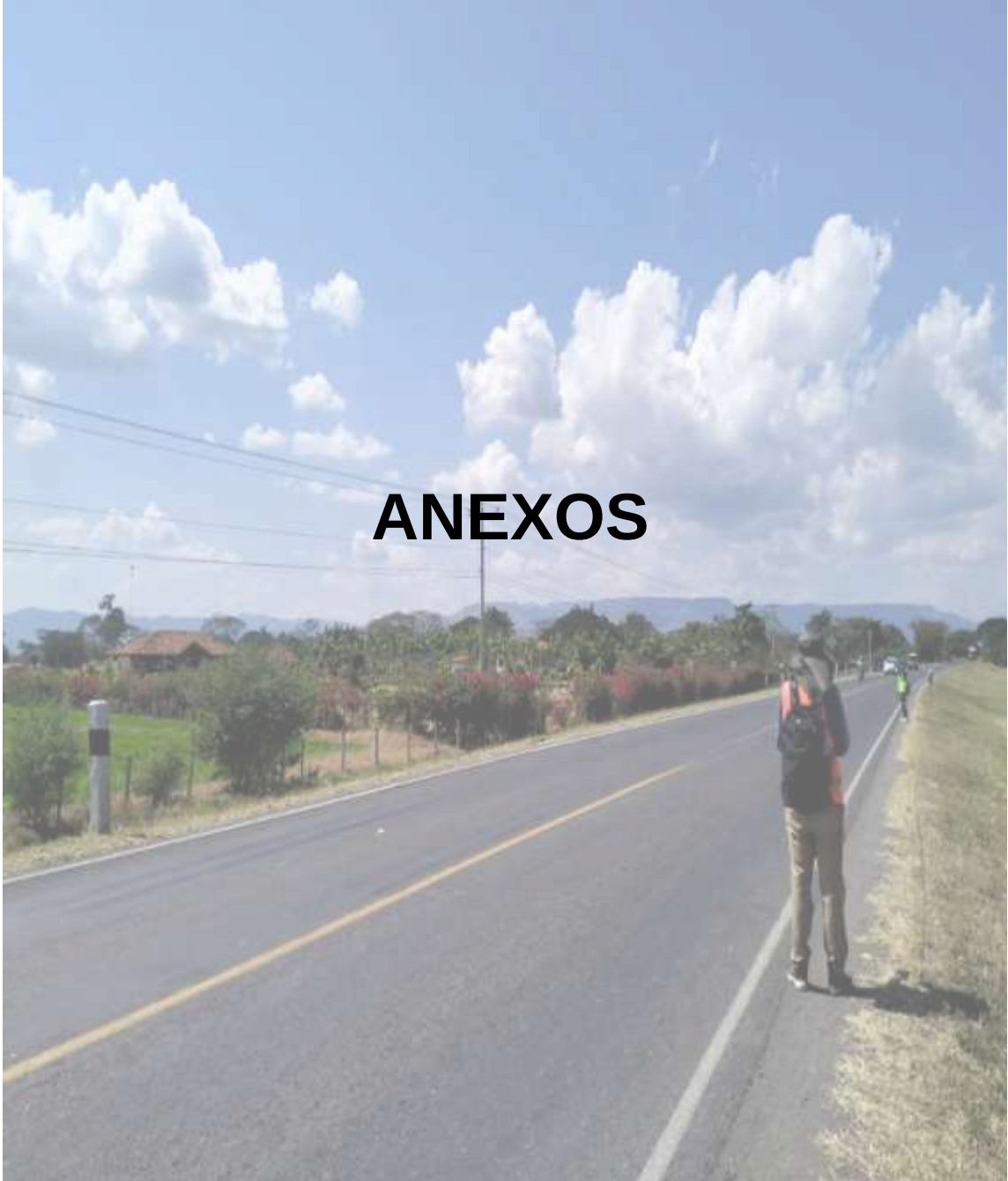
Ministerio de Transporte e Infraestructura, M. (2019) Anuario de aforos de Tráfico.

Ministerio de Transporte e Infraestructura, M. (2018) Anuario de aforos de Tráfico.

SIECA, Manual centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial. Edición 2010.

Ministerio de Transporte e Infraestructura, RED VIAL DE NICARAGUA 2020.

# ANEXOS



## ANEXOS

**Tabla 48:** *Formato utilizado para aforo vehicular*

|                                               |  |                         |            |                      |                     |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------|--|-------------------------|------------|----------------------|---------------------|--|--|--|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERÍA |  |                         |            |                      |                     |  |  |  |  |
| ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL                     |  |                         |            |                      |                     |  |  |  |  |
| Tramo:                                        |  |                         |            |                      |                     |  |  |  |  |
| ESTACION                                      |  |                         |            |                      |                     |  |  |  |  |
|                                               |  | <b>CONTEO VEHICULAR</b> |            |                      |                     |  |  |  |  |
|                                               |  | FECHA                   | SECUENCIAL |                      | CONTADOR DE TRAFICO |  |  |  |  |
|                                               |  |                         |            |                      |                     |  |  |  |  |
| Sentido                                       |  |                         |            | COORDINADOR DE SITIO |                     |  |  |  |  |
|                                               |  |                         |            |                      |                     |  |  |  |  |

[illegible]

Fuente: Formato establecido por Universidad Nacional de Ingeniería.

**Tabla 49:** Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido S-N/ martes 20/02/24

| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERÍA           |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                                                                                                                                                                                                       |  |   |  |                      |  |                                                                                                                                                                                 |  |  |  |
|---------------------------------------------------------|--|-----|--|----|--|-------|--|------------|--|---------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---|--|----------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL                               |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                                                                                                                                                                                                       |  |   |  |                      |  |                                                                                                                                                                                 |  |  |  |
| Tramo: Km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa. |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                                                                                                                                                                                                       |  |   |  |                      |  |                                                                                                                                                                                 |  |  |  |
| ESTACION                                                |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                                                                                                                                                                                                       |  |   |  |                      |  |                                                                                                                                                                                 |  |  |  |
| <b>CONTEO VEHICULAR</b>                                 |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                                                                                                                                                                                                       |  |   |  |                      |  |                                                                                                                                                                                 |  |  |  |
| 1                                                       |  | 0   |  | 8  |  | FECHA |  | SECUENCIAL |  | CONTADOR DE TRAFICO |  | <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">  </div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">  </div> Bryan Contreras Ayala |  |   |  |                      |  |                                                                                                                                                                                 |  |  |  |
| Sentido                                                 |  | S-N |  | 21 |  | 2     |  | 20         |  | 24                  |  | 0                                                                                                                                                                                                     |  | 1 |  | COORDINADOR DE SITIO |  | <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">  </div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">  </div> |  |  |  |

| Hora                  | VEHICULOS DE PASAJEROS |       |       |            |         |                  |                   |        |               | VEHICULOS DE CARGA |    |    |          |          |       |                    |       | OTROS VEHICULOS PESADOS |         |       | Total |       |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|------------|---------|------------------|-------------------|--------|---------------|--------------------|----|----|----------|----------|-------|--------------------|-------|-------------------------|---------|-------|-------|-------|
|                       | Vehículos Livianos     |       |       |            |         | Autobuses        |                   |        |               | Camiones           |    |    |          | Camión   |       | Trailer Articulado |       | Agrícolas               | Constru | Otros |       |       |
|                       | Bicicletas             | Motos | Autos | Jeep / SUV | Pick-Up | Microbús <15 pax | Minibús 15-30 pax | Grande | Camión Ligero | C2 > 4 ton         | C3 | C4 | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T2-S1 | T2-S2              | T3-S2 |                         |         |       |       | T3-S3 |
| 6:00 a.m. a 7:00 a.m. | 16                     | 91    | 25    | 5          | 70      |                  | 1                 | 8      | 19            | 35                 | 6  |    |          | 1        |       |                    | 13    | 4                       |         |       | 7     | 301   |
| 7:00 a.m. a 8:00 a.m. | 1                      | 101   | 51    | 7          | 76      | 8                | 1                 | 7      | 37            | 14                 | 6  |    | 1        |          |       |                    | 6     | 4                       | 2       | 2     | 1     | 325   |
| 8:00 a.m. a 9:00 a.m. |                        | 60    | 49    | 18         | 86      | 7                | 2                 | 7      | 27            | 17                 | 5  |    |          |          |       |                    | 6     | 6                       |         |       |       | 290   |
| 9:00 a.m. a 10:00     |                        | 37    | 50    | 17         | 80      | 14               | 2                 | 7      | 21            | 24                 | 5  |    |          |          |       |                    | 10    | 7                       |         |       | 3     | 277   |
| 10:00 a.m. a 11:00    |                        | 38    | 43    | 12         | 78      | 6                | 2                 | 5      | 14            | 16                 | 5  | 1  | 1        |          |       |                    | 16    | 5                       | 2       |       |       | 244   |
| 11:00 a.m. a 12:00    | 2                      | 20    | 46    | 16         | 80      | 4                | 1                 | 5      | 37            | 10                 | 1  |    |          |          |       |                    | 16    | 1                       |         |       |       | 239   |
| 12:00 m.d a 1:00      | 1                      | 52    | 67    | 16         | 100     | 3                | 2                 | 9      | 19            | 29                 | 7  |    |          |          |       |                    | 15    | 4                       | 1       |       | 1     | 326   |
| 1:00 p.m. a 2:00 p.m. | 2                      | 45    | 74    | 23         | 92      | 7                | 4                 | 7      | 22            | 16                 | 8  |    |          |          |       |                    | 10    | 5                       |         |       | 2     | 317   |
| 2:00 p.m. a 3:00 p.m. | 2                      | 38    | 57    | 19         | 79      | 7                | 4                 | 10     | 18            | 20                 | 5  |    |          |          |       |                    | 14    | 2                       |         |       | 2     | 277   |
| 3:00 p.m. a 4:00 p.m. |                        | 36    | 69    | 21         | 116     | 4                | 8                 | 10     | 15            | 14                 | 8  |    |          |          |       |                    | 15    |                         | 3       |       | 1     | 320   |
| 4:00 p.m. a 5:00 p.m. |                        | 36    | 64    | 10         | 103     | 5                | 5                 | 8      | 7             | 14                 | 6  |    |          |          |       |                    | 9     |                         |         |       |       | 267   |
| 5:00 p.m. a 6:00 p.m. | 1                      | 77    | 64    | 26         | 109     | 5                | 8                 | 10     | 20            | 13                 | 6  | 1  |          |          |       |                    | 18    | 4                       |         |       |       | 362   |
| <b>Total</b>          | 25                     | 631   | 659   | 190        | 1069    | 70               | 40                | 93     | 256           | 222                | 68 | 2  | 2        | 1        | 0     | 0                  | 148   | 42                      | 8       | 2     | 17    | 3545  |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 50:** Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido N-S/ martes 20/02/24

| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERÍA           |   |   |                         |            |                      |                     |  |  |  |
|---------------------------------------------------------|---|---|-------------------------|------------|----------------------|---------------------|--|--|--|
| ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL                               |   |   |                         |            |                      |                     |  |  |  |
| Tramo: Km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa. |   |   |                         |            |                      |                     |  |  |  |
| ESTACION                                                |   |   |                         |            |                      |                     |  |  |  |
| 1                                                       | 0 | 8 | <b>CONTEO VEHICULAR</b> |            |                      |                     |  |  |  |
|                                                         |   |   | FECHA                   | SECUENCIAL | CONTADOR DE TRAFICO  |                     |  |  |  |
|                                                         |   |   | 21 2                    | 20 24      | 0 1                  | José Gabriel Bustos |  |  |  |
| Sentido                                                 |   |   | N-S                     |            |                      |                     |  |  |  |
|                                                         |   |   |                         |            | COORDINADOR DE SITIO |                     |  |  |  |

| Hora                  | VEHICULOS DE PASAJEROS |       |       |            |         |                  |                   |        |               | VEHICULOS DE CARGA |    |    |          |          |       |                    |       |       | OTROS VEHICULOS PESADOS |            |       | Total |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|------------|---------|------------------|-------------------|--------|---------------|--------------------|----|----|----------|----------|-------|--------------------|-------|-------|-------------------------|------------|-------|-------|
|                       | Vehículos Livianos     |       |       |            |         | Autobuses        |                   |        |               | Camiones           |    |    |          | Camión   |       | Trailer Articulado |       |       | Agricultor              | Constru c. | Otros |       |
|                       | Bicicletas             | Motos | Autos | Jeep / SUV | Pick-Up | Microbús <15 pax | Minibús 15-30 pax | Grande | Camión Ligero | C2 > 4 ton         | C3 | C4 | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T2-S1 | T2-S2              | T3-S2 | T3-S3 |                         |            |       |       |
| 6:00 a.m. a 7:00 a.m. | 6                      | 61    | 44    | 13         | 95      | 7                | 1                 | 11     | 15            | 18                 | 5  | 0  | 1        | 0        | 0     | 0                  | 17    | 1     | 1                       | 1          | 0     | 297   |
| 7:00 a.m. a 8:00 a.m. | 1                      | 75    | 59    | 17         | 111     | 8                | 0                 | 11     | 12            | 21                 | 4  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 10    | 3     | 2                       | 1          | 0     | 335   |
| 8:00 a.m. a 9:00 a.m. | 0                      | 50    | 50    | 21         | 82      | 4                | 1                 | 8      | 14            | 9                  | 4  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 7     | 2     | 2                       | 0          | 0     | 254   |
| 9:00 a.m. a 10:00     | 4                      | 44    | 66    | 18         | 110     | 3                | 2                 | 13     | 16            | 12                 | 3  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 4     | 2     | 1                       | 0          | 0     | 298   |
| 10:00 a.m. a 11:00    | 0                      | 39    | 48    | 21         | 86      | 6                | 0                 | 7      | 29            | 18                 | 11 | 0  | 1        | 0        | 0     | 0                  | 17    | 0     | 2                       | 0          | 0     | 285   |
| 11:00 a.m. a 12:00    | 15                     | 43    | 46    | 12         | 86      | 5                | 1                 | 8      | 28            | 19                 | 7  | 1  | 1        | 0        | 0     | 0                  | 12    | 5     | 0                       | 0          | 1     | 290   |
| 12:00 m.d a 1:00      | 8                      | 55    | 47    | 10         | 82      | 5                | 0                 | 7      | 18            | 20                 | 4  | 0  | 0        | 1        | 0     | 0                  | 13    | 3     | 3                       | 0          | 0     | 276   |
| 1:00 p.m. a 2:00 p.m. | 9                      | 56    | 44    | 16         | 89      | 5                | 0                 | 7      | 25            | 22                 | 6  | 1  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 16    | 5     | 1                       | 0          | 0     | 302   |
| 2:00 p.m. a 3:00 p.m. | 6                      | 77    | 49    | 14         | 86      | 1                | 0                 | 7      | 20            | 13                 | 3  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 3     | 5     | 1                       | 0          | 0     | 285   |
| 3:00 p.m. a 4:00 p.m. | 1                      | 69    | 60    | 21         | 117     | 13               | 0                 | 8      | 34            | 26                 | 6  | 0  | 2        | 0        | 0     | 0                  | 12    | 3     | 0                       | 0          | 0     | 372   |
| 4:00 p.m. a 5:00 p.m. | 7                      | 83    | 40    | 23         | 103     | 7                | 0                 | 7      | 25            | 12                 | 4  | 0  | 3        | 0        | 0     | 0                  | 12    | 2     | 0                       | 0          | 0     | 328   |
| 5:00 p.m. a 6:00 p.m. | 4                      | 69    | 43    | 25         | 93      | 3                | 2                 | 13     | 26            | 14                 | 5  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 14    | 5     | 0                       | 2          | 0     | 318   |
| Total                 | 61                     | 721   | 596   | 211        | 1140    | 67               | 7                 | 107    | 262           | 204                | 62 | 2  | 8        | 1        | 0     | 0                  | 137   | 36    | 13                      | 4          | 1     | 3640  |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 51:** Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido S-N/  
miércoles 21/02/24

| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERÍA           |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                       |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------|--|-----|--|----|--|-------|--|------------|--|---------------------|--|-----------------------|--|---|--|----------------------|--|--|--|--|--|
| ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL                               |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                       |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| Tramo: Km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa. |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                       |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| ESTACION                                                |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                       |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| <b>CONTEO VEHICULAR</b>                                 |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                       |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| 1                                                       |  | 0   |  | 8  |  | FECHA |  | SECUENCIAL |  | CONTADOR DE TRAFICO |  | Bryan Contreras Avala |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| Sentido                                                 |  | S-N |  | 22 |  | 2     |  | 20         |  | 24                  |  | 0                     |  | 1 |  | COORDINADOR DE SITIO |  |  |  |  |  |

| Hora                  | VEHICULOS DE PASAJEROS |       |       |            |         |                  |                   |        | VEHICULOS DE CARGA |            |    |    |          |          |                    |       | OTROS VEHICULOS PESADOS |              |       | Total |       |       |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|------------|---------|------------------|-------------------|--------|--------------------|------------|----|----|----------|----------|--------------------|-------|-------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
|                       | Vehículos Livianos     |       |       |            |         | Autobuses        |                   |        | Camiones           |            |    |    | Camión   |          | Trailer Articulado |       | Agricultores            | Construcción | Otros |       |       |       |
|                       | Bicicletas             | Motos | Autos | Jeep / SUV | Pick-Up | Microbús <15 pax | Minibús 15-30 pax | Grande | Camión Ligero      | C2 > 4 ton | C3 | C4 | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T2-S1              | T2-S2 |                         |              |       |       | T3-S2 | T3-S3 |
| 6:00 a.m. a 7:00 a.m. | 11                     | 68    | 30    | 9          | 73      |                  | 4                 | 7      | 25                 | 23         | 3  |    | 1        | 1        |                    |       | 7                       | 1            | 1     | 3     | 1     | 268   |
| 7:00 a.m. a 8:00 a.m. | 2                      | 86    | 45    | 11         | 93      | 4                | 2                 | 8      | 26                 | 26         | 9  |    | 1        |          |                    |       | 8                       | 4            | 1     |       | 4     | 330   |
| 8:00 a.m. a 9:00 a.m. |                        | 58    | 46    | 24         | 104     | 7                | 6                 | 6      | 19                 | 18         | 7  | 1  | 1        |          |                    |       | 13                      | 1            | 1     |       | 4     | 316   |
| 9:00 a.m. a 10:00     |                        | 32    | 40    | 20         | 73      | 4                | 6                 | 7      | 11                 | 30         | 6  |    |          |          |                    |       | 21                      | 1            |       |       | 2     | 253   |
| 10:00 a.m. a 11:00    |                        | 41    | 45    | 13         | 69      | 1                | 0                 | 5      | 13                 | 25         | 3  |    | 1        |          |                    |       | 10                      | 3            |       |       | 1     | 230   |
| 11:00 a.m. a 12:00    | 4                      | 32    | 48    | 14         | 75      | 5                | 1                 | 8      | 22                 | 20         | 3  |    |          |          |                    |       | 14                      | 1            |       |       | 1     | 248   |
| 12:00 m.d a 1:00      | 1                      | 34    | 49    | 18         | 80      | 2                | 3                 | 6      | 19                 | 25         | 3  | 1  |          |          |                    |       | 14                      | 4            |       |       | 1     | 260   |
| 1:00 p.m. a 2:00 p.m. | 1                      | 39    | 46    | 16         | 84      | 3                | 1                 | 7      | 16                 | 27         | 7  | 1  |          |          |                    |       | 24                      | 4            |       |       | 1     | 277   |
| 2:00 p.m. a 3:00 p.m. | 1                      | 44    | 45    | 17         | 85      | 8                | 2                 | 8      | 13                 | 34         | 7  |    |          |          |                    |       | 17                      | 3            |       |       | 1     | 285   |
| 3:00 p.m. a 4:00 p.m. | 1                      | 52    | 69    | 15         | 93      | 3                | 3                 | 12     | 31                 | 10         | 7  |    |          |          |                    |       | 8                       | 3            | 1     |       | 1     | 309   |
| 4:00 p.m. a 5:00 p.m. | 3                      | 55    | 67    | 17         | 95      | 4                | 5                 | 10     | 19                 | 12         | 7  |    |          |          |                    |       | 19                      | 2            |       |       |       | 315   |
| 5:00 p.m. a 6:00 p.m. | 1                      | 75    | 67    | 19         | 116     | 2                | 4                 | 10     | 26                 | 14         | 6  |    |          |          |                    |       | 22                      | 2            |       |       |       | 364   |
| <b>Total</b>          | 25                     | 616   | 597   | 193        | 1040    | 43               | 37                | 94     | 240                | 264        | 68 | 3  | 4        | 1        | 0                  | 0     | 177                     | 29           | 4     | 3     | 17    | 3455  |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 52:** Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido N-S/  
miércoles 21/02/24

| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERÍA           |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                     |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------|--|-----|--|----|--|-------|--|------------|--|---------------------|--|---------------------|--|---|--|----------------------|--|--|--|--|--|
| ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL                               |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                     |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| Tramo: Km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa. |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                     |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| ESTACION                                                |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                     |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| <b>CONTEO VEHICULAR</b>                                 |  |     |  |    |  |       |  |            |  |                     |  |                     |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| 1                                                       |  | 0   |  | 8  |  | FECHA |  | SECUENCIAL |  | CONTADOR DE TRAFICO |  | José Gabriel Bustos |  |   |  |                      |  |  |  |  |  |
| Sentido                                                 |  | N-S |  | 22 |  | 2     |  | 20         |  | 24                  |  | 0                   |  | 1 |  | COORDINADOR DE SITIO |  |  |  |  |  |

| Hora                  | VEHICULOS DE PASAJEROS |            |            |            |             |                  |                   |            |               | VEHICULOS DE CARGA |           |          |          |          |          |                    |            |           | OTROS VEHICULOS PESADOS |              |             | Total |
|-----------------------|------------------------|------------|------------|------------|-------------|------------------|-------------------|------------|---------------|--------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|------------|-----------|-------------------------|--------------|-------------|-------|
|                       | Vehículos Livianos     |            |            |            |             | Autobuses        |                   |            |               | Camiones           |           |          |          | Camión   |          | Trailer Articulado |            |           | Agricultores            | Construcción | Otros       |       |
|                       | Bicicletas             | Motos      | Autos      | Jeep / SUV | Pick-Up     | Microbús <15 pas | Minibús 15-30 pas | Grande     | Camión Ligero | C2 > 4 ton         | C3        | C4       | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T2-S1    | T2-S2              | T3-S2      | T3-S3     |                         |              |             |       |
| 6:00 a.m. a 7:00 a.m. | 3                      | 58         | 35         | 12         | 79          | 3                | 0                 | 11         | 12            | 8                  | 4         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0                  | 12         | 0         | 0                       | 0            | 1           | 238   |
| 7:00 a.m. a 8:00 a.m. | 3                      | 69         | 65         | 13         | 92          | 4                | 0                 | 12         | 21            | 9                  | 3         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0                  | 16         | 1         | 0                       | 0            | 308         |       |
| 8:00 a.m. a 9:00 a.m. | 2                      | 40         | 68         | 15         | 91          | 6                | 0                 | 11         | 25            | 10                 | 0         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0                  | 7          | 0         | 0                       | 0            | 275         |       |
| 9:00 a.m. a 10:00     | 0                      | 55         | 48         | 17         | 97          | 6                | 0                 | 12         | 18            | 17                 | 7         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0                  | 18         | 1         | 1                       | 0            | 297         |       |
| 10:00 a.m. a 11:00    | 7                      | 42         | 65         | 12         | 83          | 10               | 2                 | 8          | 29            | 19                 | 6         | 1        | 0        | 0        | 0        | 0                  | 16         | 3         | 0                       | 0            | 303         |       |
| 11:00 a.m. a 12:00    | 9                      | 47         | 66         | 22         | 76          | 10               | 0                 | 7          | 19            | 27                 | 2         | 2        | 0        | 0        | 0        | 0                  | 10         | 2         | 0                       | 0            | 299         |       |
| 12:00 m.d a 1:00      | 8                      | 59         | 38         | 17         | 84          | 5                | 0                 | 6          | 16            | 29                 | 4         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0                  | 12         | 2         | 0                       | 1            | 281         |       |
| 1:00 p.m. a 2:00 p.m. | 6                      | 51         | 51         | 20         | 87          | 8                | 2                 | 7          | 15            | 25                 | 9         | 0        | 1        | 0        | 0        | 0                  | 18         | 1         | 0                       | 0            | 301         |       |
| 2:00 p.m. a 3:00 p.m. | 12                     | 49         | 65         | 19         | 85          | 6                | 0                 | 8          | 25            | 17                 | 9         | 0        | 1        | 0        | 0        | 0                  | 15         | 2         | 0                       | 1            | 314         |       |
| 3:00 p.m. a 4:00 p.m. | 5                      | 68         | 56         | 20         | 133         | 5                | 1                 | 6          | 33            | 23                 | 8         | 0        | 0        | 1        | 0        | 0                  | 16         | 4         | 0                       | 0            | 379         |       |
| 4:00 p.m. a 5:00 p.m. | 5                      | 80         | 57         | 17         | 119         | 6                | 2                 | 10         | 36            | 26                 | 8         | 0        | 2        | 0        | 0        | 0                  | 20         | 2         | 1                       | 0            | 391         |       |
| 5:00 p.m. a 6:00 p.m. | 6                      | 87         | 65         | 21         | 108         | 9                | 3                 | 11         | 43            | 12                 | 7         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0                  | 15         | 2         | 0                       | 0            | 389         |       |
| <b>Total</b>          | <b>66</b>              | <b>705</b> | <b>679</b> | <b>205</b> | <b>1134</b> | <b>78</b>        | <b>10</b>         | <b>109</b> | <b>292</b>    | <b>222</b>         | <b>67</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>0</b>           | <b>175</b> | <b>20</b> | <b>2</b>                | <b>2</b>     | <b>3775</b> |       |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 53:** Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido S-N/ jueves 22/02/24

| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |       |       |            |         |                  |                   |        |               |                    |    |    |          |          |       |                    |       |       |                         |         |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|------------|---------|------------------|-------------------|--------|---------------|--------------------|----|----|----------|----------|-------|--------------------|-------|-------|-------------------------|---------|-------|-------|
| ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                        |       |       |            |         |                  |                   |        |               |                    |    |    |          |          |       |                    |       |       |                         |         |       |       |
| Tramo: Km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        |       |       |            |         |                  |                   |        |               |                    |    |    |          |          |       |                    |       |       |                         |         |       |       |
| ESTACION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                        |       |       |            |         |                  |                   |        |               |                    |    |    |          |          |       |                    |       |       |                         |         |       |       |
| <b>CONTEO VEHICULAR</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        |       |       |            |         |                  |                   |        |               |                    |    |    |          |          |       |                    |       |       |                         |         |       |       |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8</div> </div> <div>FECHA</div> <div>SECUENCIAL</div> <div>CONTADOR DE TRAFICO</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Bryan Contreras Ayala</div> </div>                                                                                                                                                                                                                                        |                        |       |       |            |         |                  |                   |        |               |                    |    |    |          |          |       |                    |       |       |                         |         |       |       |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Sentido</div> <div>S-N</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">23</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">20</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">24</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</div> </div> <div>COORDINADOR DE SITIO</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div> </div> |                        |       |       |            |         |                  |                   |        |               |                    |    |    |          |          |       |                    |       |       |                         |         |       |       |
| Hora                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | VEHICULOS DE PASAJEROS |       |       |            |         |                  |                   |        |               | VEHICULOS DE CARGA |    |    |          |          |       |                    |       |       | OTROS VEHICULOS PESADOS |         |       | Total |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Vehículos Livianos     |       |       |            |         | Autobuses        |                   |        |               | Camiones           |    |    |          | Camión   |       | Trailer Articulado |       |       | Agrícolas               | Constru | Otros |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bicicletas             | Motos | Autos | Jeep / SUV | Pick-Up | Microbús <15 paz | Minibús 15-30 paz | Grande | Camión Ligero | C2 > 4 ton         | C3 | C4 | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T2-S1 | T2-S2              | T3-S2 | T3-S3 |                         |         |       |       |
| 6:00 a.m. a 7:00 a.m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 13                     | 98    | 44    | 10         | 73      | 6                | 0                 | 6      | 36            | 22                 | 4  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 11    | 1     | 0                       | 0       | 0     | 324   |
| 7:00 a.m. a 8:00 a.m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                      | 107   | 44    | 23         | 93      | 5                | 1                 | 8      | 42            | 16                 | 5  | 0  | 2        | 0        | 0     | 0                  | 11    | 1     | 2                       | 1       | 0     | 363   |
| 8:00 a.m. a 9:00 a.m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3                      | 72    | 40    | 14         | 101     | 8                | 1                 | 9      | 31            | 17                 | 5  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 7     | 0     | 0                       | 0       | 0     | 308   |
| 9:00 a.m. a 10:00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3                      | 53    | 45    | 14         | 68      | 7                | 0                 | 5      | 25            | 21                 | 4  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 7     | 1     | 0                       | 0       | 0     | 253   |
| 10:00 a.m. a 11:00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1                      | 45    | 59    | 17         | 94      | 9                | 1                 | 6      | 35            | 12                 | 4  | 0  | 1        | 0        | 0     | 0                  | 25    | 9     | 0                       | 0       | 0     | 318   |
| 11:00 a.m. a 12:00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6                      | 67    | 63    | 20         | 83      | 7                | 0                 | 6      | 22            | 27                 | 4  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 16    | 5     | 0                       | 0       | 0     | 326   |
| 12:00 m.d a 1:00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4                      | 38    | 55    | 18         | 97      | 5                | 0                 | 8      | 32            | 15                 | 5  | 0  | 1        | 0        | 0     | 0                  | 14    | 9     | 0                       | 0       | 0     | 301   |
| 1:00 p.m. a 2:00 p.m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                      | 47    | 67    | 23         | 111     | 4                | 0                 | 7      | 15            | 14                 | 8  | 0  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 19    | 5     | 0                       | 0       | 0     | 320   |
| 2:00 p.m. a 3:00 p.m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                      | 57    | 80    | 25         | 93      | 7                | 0                 | 10     | 25            | 19                 | 2  | 2  | 0        | 0        | 0     | 0                  | 9     | 2     | 2                       | 0       | 0     | 335   |
| 3:00 p.m. a 4:00 p.m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                      | 52    | 67    | 25         | 108     | 13               | 2                 | 9      | 24            | 22                 | 4  | 0  | 2        | 0        | 0     | 0                  | 22    | 1     | 2                       | 0       | 0     | 355   |
| 4:00 p.m. a 5:00 p.m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                      | 70    | 72    | 28         | 137     | 10               | 0                 | 13     | 27            | 19                 | 3  | 0  | 2        | 0        | 0     | 0                  | 39    | 2     | 1                       | 0       | 0     | 427   |
| 5:00 p.m. a 6:00 p.m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                      | 96    | 63    | 32         | 114     | 9                | 0                 | 8      | 19            | 20                 | 6  | 0  | 2        | 1        | 0     | 0                  | 22    | 2     | 0                       | 0       | 0     | 394   |
| <b>Total</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 40                     | 802   | 699   | 249        | 1172    | 90               | 5                 | 95     | 333           | 224                | 54 | 2  | 10       | 1        | 0     | 0                  | 202   | 38    | 7                       | 1       | 0     | 4024  |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 54:** Resumen por hora de aforo vehicular km 108.285 panamericana norte Sébaco, Matagalpa/Sentido S-N/ jueves 22/02/24

| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA INGENIERÍA           |  |     |  |   |  |                         |  |            |  |                     |  |    |  |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                      |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------|--|-----|--|---|--|-------------------------|--|------------|--|---------------------|--|----|--|---|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------|--|--|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL                               |  |     |  |   |  |                         |  |            |  |                     |  |    |  |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                      |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| Tramo: Km 108.285 Panamericana norte Sébaco, Matagalpa. |  |     |  |   |  |                         |  |            |  |                     |  |    |  |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                      |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| ESTACION                                                |  |     |  |   |  |                         |  |            |  |                     |  |    |  |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                      |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                                                       |  | 0   |  | 8 |  | <b>CONTEO VEHICULAR</b> |  |            |  |                     |  |    |  |   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                      |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                         |  |     |  |   |  | FECHA                   |  | SECUENCIAL |  | CONTADOR DE TRAFICO |  |    |  |   |  | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black;"></div> <div style="display: inline-block; width: 100px; border-bottom: 1px solid black;">José Gabriel Bustos</div> </div> |  |                      |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |
| Sentido                                                 |  | N-S |  |   |  | 23                      |  | 2          |  | 20                  |  | 24 |  | 0 |  | 1                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | COORDINADOR DE SITIO |  |  |  |  |  | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black;"></div> <div style="display: inline-block; width: 100px; border-bottom: 1px solid black;"></div> </div> |  |  |  |  |  |  |  |

| Hora                  | VEHICULOS DE PASAJEROS |            |            |            |             |                  |                   |            |               | VEHICULOS DE CARGA |           |          |          |          |          |                    |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |          |          | Total     |             |
|-----------------------|------------------------|------------|------------|------------|-------------|------------------|-------------------|------------|---------------|--------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|------------|-------------------------|----------|----------|-----------|-------------|
|                       | Vehículos Livianos     |            |            |            |             | Autobuses        |                   |            |               | Camiones           |           |          |          | Camión   |          | Trailer Articulado |            | Agricultor              | Constru  | Otros    |           |             |
|                       | Bicicletas             | Motos      | Autos      | Jeep / SUV | Pick-Up     | Microbús <15 pax | Minibús 15-30 pax | Grande     | Camión Ligero | C2 > 4 ton         | C3        | C4       | ≤ 4 ejes | ≥ 5 ejes | T2-S1    | T2-S2              | T3-S2      |                         |          |          |           | T3-S3       |
| 6:00 a.m. a 7:00 a.m. | 10                     | 51         | 64         | 28         | 101         | 3                | 5                 | 9          | 18            | 15                 | 1         |          |          |          |          |                    | 23         | 1                       |          |          | 1         | 330         |
| 7:00 a.m. a 8:00 a.m. |                        | 54         | 55         | 28         | 90          | 4                | 3                 | 10         | 20            | 11                 | 4         |          |          |          |          |                    | 11         | 2                       |          |          | 1         | 293         |
| 8:00 a.m. a 9:00 a.m. |                        | 39         | 58         | 17         | 93          | 5                | 7                 | 11         | 17            | 12                 | 5         |          |          |          |          |                    | 9          |                         | 2        |          | 3         | 278         |
| 9:00 a.m. a 10:00     | 2                      | 40         | 75         | 22         | 104         | 6                | 2                 | 10         | 15            | 26                 | 1         |          |          |          |          |                    | 14         | 1                       |          |          | 1         | 319         |
| 10:00 a.m. a 11:00    | 1                      | 36         | 66         | 16         | 72          | 4                | 2                 | 8          | 16            | 29                 | 5         |          |          |          |          |                    | 21         |                         | 1        |          |           | 277         |
| 11:00 a.m. a 12:00    | 19                     | 43         | 62         | 15         | 83          | 2                | 3                 | 5          | 16            | 26                 | 10        | 1        |          |          |          |                    | 26         | 2                       |          |          | 2         | 315         |
| 12:00 m.d a 1:00      | 8                      | 41         | 60         | 17         | 84          | 6                | 4                 | 5          | 14            | 26                 | 2         |          |          |          |          |                    | 17         | 2                       | 1        |          | 3         | 290         |
| 1:00 p.m. a 2:00 p.m. | 7                      | 52         | 70         | 19         | 97          | 3                | 2                 | 11         | 21            | 27                 | 6         |          |          |          |          |                    | 18         | 6                       |          |          |           | 339         |
| 2:00 p.m. a 3:00 p.m. | 6                      | 64         | 85         | 14         | 103         | 6                |                   | 10         | 41            | 30                 | 6         |          |          |          |          |                    | 26         | 3                       |          | 1        | 3         | 398         |
| 3:00 p.m. a 4:00 p.m. | 3                      | 71         | 75         | 25         | 117         | 8                | 3                 | 9          | 23            | 31                 | 6         |          |          |          |          |                    | 8          | 4                       |          |          | 1         | 384         |
| 4:00 p.m. a 5:00 p.m. | 4                      | 79         | 70         | 13         | 92          | 5                | 4                 | 7          | 26            | 31                 | 2         |          |          |          |          |                    | 21         | 7                       |          | 1        |           | 362         |
| 5:00 p.m. a 6:00 p.m. | 1                      | 93         | 72         | 23         | 84          | 6                | 2                 | 9          | 40            | 27                 | 7         |          |          |          |          |                    | 24         | 3                       |          |          | 2         | 393         |
| <b>Total</b>          | <b>61</b>              | <b>663</b> | <b>812</b> | <b>237</b> | <b>1120</b> | <b>58</b>        | <b>37</b>         | <b>104</b> | <b>267</b>    | <b>291</b>         | <b>55</b> | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>           | <b>218</b> | <b>31</b>               | <b>4</b> | <b>2</b> | <b>17</b> | <b>3978</b> |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 55: Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico**

| CLASIF. VEHICULAR      | TIPOS DE VEHICULOS             | ESQUEMA VEHICULAR                                                                   | DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VEHICULOS DE PASAJEROS | MOTOCICLETAS                   |    | Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoys, Cuadracilos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor. |
|                        | AUTOMOVILES                    |    | Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos coupe y station wagon.                                                                                                                                                      |
|                        | JEEP                           |    | Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.                                                                                                                                                      |
|                        | CAMIONETA                      |    | Son todos aquellos tipos de vehículos con lina en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.                                                                                                               |
|                        | MICROBUS                       |    | Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.                                                                                                                                                                                          |
|                        | MINIBUS                        |    | Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.                                                                                                                                                                                                                          |
|                        | BUS                            |    | Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.                                                                                                                                                                     |
| VEHICULOS DE CARGA     | LIVIANO DE CARGA               |    | Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.                                                                                                                                                                                                |
|                        | CAMIÓN DE CARGA C2 - C3        |    | Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.                                                                                                                                          |
|                        | CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx=4 |   | Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx=4.                                                                                                                                                                   |
|                        | Tx-Sx=5                        |  | Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi-Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.                                                                                                                                                                       |
|                        | Cx-Rem=4                       |  | Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rem=4.                                                                                                                                                                       |
|                        | Cx-Rem=5                       |  | Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.                                                                                                                                                                                                     |
| EQUIPO PESADO          | VEHICULOS AGRÍCOLAS            |  | Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)                                 |
|                        | VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN      |  | Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.                |
| OTROS                  | REMOLQUES Y/O TRAILERS         |  | Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semoventes).                                                                                                                                |

Fuente: Anuario de aforos de tráfico del MTI (2018).

**Figura 37:** Señal preventiva “Proximidad de una curva” (P-1-2)



Fuente: SIECA (2014).

**Figura 38:** Señal preventiva “Proximidad de policía dormido” (P-9-12)



Fuente: SIECA (2014).

**Figura 39:** Reductor de velocidad deteriorado, km 112.937 carretera panamericana norte Sébaco, Matagalpa



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 40:** Señal preventiva “Circulación de bicicletas” (P-9-10)



Fuente: SIECA (2014).

**Figura 41:** Condición del puente río viejo



Fuente: Elaboración propia.

# PLANOS