

# **Estudio de seguridad vial Carretera Sur. Tramo Km. 9 al Km. 14 y posibles soluciones, 2021.**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

**Tutor:**

Br. Andrea Gretchen  
Cuevas Saballos

Carnet: 2016-1286U

Br. Gerald Miguel  
Rodríguez Hernández

Carnet: 2016-0447U

Br. Jorge Luis  
Vázquez López

Carnet: 2016-0917U

MSc. Beatriz de  
los Ángeles Tórrez  
Rodríguez

15 de noviembre de 2023  
Managua, Nicaragua

## **Resumen Ejecutivo**

El **Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo Km.9 al Km. 14 y posibles soluciones, 2021**, es un análisis de diferentes datos existentes, proporcionados por la policía nacional, organizaciones afines y obtenidos por los sustentantes, tales como, accidentes ocurridos en los últimos cinco años, inventario vial, aforo vehicular, estudio de velocidades, entre otros; con el fin de determinar las principales causas de los accidentes en este tramo y sus puntos críticos para ofrecer posibles soluciones.

El presente documento está estructurado de la siguiente manera:

### **CAPITULO I: PRELIMINARES**

En el capítulo I de este documento, se presentan todos aquellos aspectos teóricos y técnicos que se consideran necesarios para los estudios a realizar, la importancia, el porqué de su elaboración y los objetivos propuestos con dicho trabajo.

### **CAPÍTULO II: ESTUDIO DE ACCIDENTABILIDAD VIAL**

El capítulo II abarca un análisis detallado de las estadísticas de accidentes provistos por la dirección de tránsito de la Policía Nacional, mediante los cuales se identificaron las causas, frecuencia, tipos de accidentes, los daños materiales, lesionados, muertes y los puntos críticos del tramo en estudio.

### **CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO**

En este capítulo se analizó el comportamiento del aforo vehicular realizado para determinar la hora de máxima demanda y el flujo presente en éste tramo.

## **CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE VELOCIDAD**

El estudio de velocidad nos permite conocer el porcentaje de vehículos que sobrepasa el límite máximo permisible y realizar la clasificación del nivel de servicio del tramo de carretera, auxiliándose del manual de capacidad de carreteras (HCM 2010).

## **CAPÍTULO V: INVENTARIO VIAL**

El capítulo V, expone el estado físico actual y principales características geométricas del tramo de carretera, las condiciones físicas de las señales verticales, horizontales, drenajes mayores y menores, entre otros elementos; reflejando así la necesidad de instalar nuevos dispositivos y cambiar algunos que están en mal estado.

## **CAPÍTULO VI: SOLUCIONES TECNICO-INGENIERILES DE SEGURIDAD VIAL**

El capítulo VI, plantea propuestas técnicas que dan solución a los problemas identificados bajo los parámetros mencionados en los capítulos anteriores y que a su vez mantengan el buen estado físico de la carretera.

## **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES**

Este capítulo muestra los resultados obtenidos en cada uno de los estudios realizados en el tramo de carretera, con los cuales se diagnosticaron las causas que generan los accidentes

## **CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES**

Se presentan las recomendaciones adecuadas que reduzcan o eliminen en su totalidad las problemáticas existentes.

## ÍNDICE

<b>CAPITULO I: PRELIMINARES</b> .....	1
1.1    Introducción.....	1
1.2    Antecedentes .....	3
1.3    Justificación.....	5
1.4    Objetivos .....	7
1.4.1    Objetivo general:.....	7
1.4.2    Objetivos específicos: .....	7
<b>CAPITULO II: ESTUDIO DE ACCIDENTABILIDAD</b> .....	8
2.1    Introducción.....	8
2.1.1    Seguridad vial activa.....	9
2.1.2    Seguridad vial pasiva.....	9
2.1.3    Accidentabilidad.....	10
2.2    Análisis de accidentes por causa y tipo, 2017-2021. ....	12
2.3    . Análisis de accidentes por tiempo de ocurrencia, 2017-2021. ....	20
2.4    Análisis de accidente por localización, 2017-2021.....	25
2.5    Análisis de puntos críticos, 2017-2021 .....	27
2.6    Magnitud del problema. ....	34
2.6.1    Índice de accidentabilidad con respecto a la población.....	38
2.6.2    Índice de morbilidad con respecto a la población.....	38
2.6.3    Índice de mortalidad con respecto a la población.....	38
2.6.4    Índice de accidentabilidad con respecto a la longitud.....	41
2.6.5    Índice de morbilidad con respecto a la longitud.....	41
2.6.6    Índice de mortalidad con respecto a la longitud .....	41
<b>CAPITULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO</b> .....	44

3.1	Introducción.....	44
2.6.7	Estudio de tráfico .....	44
3.1.1	Aforo vehicular .....	45
3.1.2	Volumen de tránsito.....	46
3.1.3	Volumen (Q) y tasa de Flujo o flujo (q).....	46
3.2	Obtención de los volúmenes de tráfico.....	47
3.3	Volúmenes y clasificación .....	47
3.3.1	Volumen horario de máxima demanda (VHMD).....	48
3.3.2	Factor hora de máxima demanda (FHMD).....	48
3.4	Factor hora de máxima demanda.....	49
3.4.1	Volúmenes de tránsito en estaciones de aforo.....	50
3.1.	Niveles de servicio .....	53
3.1.1.	Descripción de los niveles de servicio.....	53
3.5.2.	Criterio de análisis de capacidad y niveles de servicio.....	57
<b>CAPITULO IV: ESTUDIO DE VELOCIDAD .....</b>		<b>72</b>
4.1	Introducción .....	72
4.2	Estudios de velocidad .....	73
4.3	Estudios de velocidad de punto.....	74
4.3.1.	Estudios de velocidad de recorrido .....	75
4.4	Estudios de campo.....	75
4.5	Resultados de medición de velocidad .....	77
<b>CAPITULO V: INVENTARIO VIAL .....</b>		<b>81</b>
5.1.	Introducción.....	81
5.2	Identificación del tramo en Estudio.....	82
5.3	Descripción del trabajo de campo .....	82

5.4	Características geométricas de la Vía .....	82
5.4.1	Clasificación funcional de la vía .....	83
5.4.2	Carpeta de rodamiento .....	88
5.5	Sección transversal de Carretera .....	91
5.5.1	Plataforma o corona.....	91
5.5.2	Sub Corona o Sub rasante.....	94
5.6	Dispositivos de señalización.....	95
5.6.1	Señalización vertical .....	96
5.6.2	Señalización horizontal .....	106
<b>CAPITULO VI: SOLUCIONES TECNICO-INGENIERILES DE SEGURIDAD VIAL</b>		
.....		110
6.1	Introducción.....	110
6.2	Soluciones técnico-ingenieriles .....	110
<b>CONCLUSIONES</b> .....		121
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		123
<b>ANEXOS</b> .....		I

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Accidentes totales comprendidos en el período del 2017-2021. ....	4
Tabla 2 Cantidad de accidentes, fallecidos y lesionados en tramo de carretera Km 9 al Km 14, Carretera Sur, desde el año 2017 hasta el año 2021.....	8
Tabla 3 Cantidad de accidentes por causa.....	12
Tabla 4 Total de fallecidos y lesionados por causa, 2017-2021.....	15
Tabla 5 Cantidad de accidentes por tipo. ....	17
Tabla 6 Consecuencias de accidentes por tipo. ....	18
Tabla 7 Total de accidentes por mes desde el año 2017 al año 2021 y sus consecuencias. ....	20
Tabla 8 Total de accidentes por día y sus consecuencias desde el año 2017 al año 2021. ....	22
Tabla 9 Total de accidentes por hora y sus consecuencias desde el año 2017 al año 2021 .....	23
Tabla 10 Total de accidentes por ubicación, del año 2017 al año 2021.....	26
Tabla 11 Total de accidentes en puntos críticos, del año 2017 al años 2021 ....	27
Tabla 12 Muertos en puntos críticos del km 9 al km14, desde el año 2017 al año 2021.....	29
Tabla 13 Lesionados en puntos críticos del km 9 al km14, desde el año 2017 al año 2021.....	30
Tabla 14 Causas de accidentes en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021. ....	31
Tabla 15 Tipo de accidentes en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021. ....	33
Tabla 16 Población anual del municipio de Managua, 2017-2021.....	37
Tabla 17 Accidentes, muertos, lesionados y población influyente en el tramo en estudio. ....	38
Tabla 18 Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad, con respecto a la población, en tramo Km 9- Km14, Carretera Sur, 2017-2021. ....	39

Tabla 19 Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad, con respecto a la longitud, en tramo Km 9- Km14, Carretera Sur, 2017-2021.....	42
Tabla 20 Volúmenes de tráfico obtenidos en campo, Km 10.5 y Km 13.5, Carretera Sur. ....	49
Tabla 21 Volúmenes de tráfico máximo, en un período de 1 hora y 15 minutos, en Km 10.5, Carretera Sur. ....	50
Tabla 22 Volúmenes de tráfico máximo, en un período de 1 hora y 15 minutos, en Km 13.5, Carretera Sur. ....	52
Tabla 23 Características de la vía, tramo comprendido entre Km 9 al Km 14, Carretera Sur. ....	60
Tabla 24 Niveles de servicio para carreteras de dos carriles.....	69
Tabla 25 Niveles de servicio y datos, obtenidos. ....	71
Tabla 26 Cantidades de vehículos que exceden y no exceden el límite de velocidad por punto. ....	76
Tabla 27 Sistema de clasificación funcional .....	87
Tabla 28 Sistema funcional (Manual centro americano para el diseño geométrico de carreteras).....	88
Tabla 29 Estado de carpeta de rodamiento.....	89
Tabla 30 Bombeo según tipo de Superficie.....	92
Tabla 31 Señales verticales km9 al km 14 Carretera sur, sentido norte-sur .....	96
Tabla 32 Señales verticales km 9 al km 14 Carretera sur, sentido sur-norte .....	98
Tabla 33 Señales verticales Km 9 al Km 14, ambos sentidos.....	100
Tabla 34 Resumen señales horizontales Km9 al Km14.....	107
Tabla 35 Accidentes km 9 al km 14, Carretera sur, en el año 2021.....	I
Tabla 36 Aforo vehicular, km 10.5, carretera sur, ambos sentidos/03-mayo-2021. ....	VI
Tabla 37 Aforo vehicular, km 10.5, Carretera sur, ambos sentidos/04-mayo-2021. ....	X
Tabla 38 Aforo vehicular, km 10.5, Carretera sur, ambos sentidos/05-mayo-2021. ....	XV

Tabla 39 Volumen hora y máxima demanda y VH15 Máx., km 10. Carretera sur .....	XIX
Tabla 40 Resumen total por tipo km 10.5, Carretera sur. ....	XIX
Tabla 41 Aforo vehicular, km 13.5, Carretera sur, ambos sentidos/03-mayo-2021. ....	XX
Tabla 42 Aforo vehicular, km 13.5, Carretera sur, ambos sentidos/04-mayo-2021. ....	XXIV
Tabla 43 Aforo vehicular, km 13.5, carretera sur, ambos sentidos/05-mayo-2021. ....	XXVIII
Tabla 44 Volumen hora máxima demanda y VH15 máximo en km 13.5 Carretera sur. ....	XXXII
Tabla 45 Resumen por tipo de vehículo .....	XXXII
Tabla 46 Datos obtenidos para cálculo de niveles de servicio. ....	XXXIII

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Accidentes, fallecidos y lesionados en tramo de carretera Km 9 al Km 14, Carretera Sur, desde el año 2017 hasta el año 2021. ....	11
Gráfico 2 Cantidad de accidentes por causa del año 2017 al año 2021 .....	13
Gráfico 3 Total de accidentes por causa entre el año 2017 al 2021 .....	14
Gráfico 4 Total de fallecidos y lesionados por causa, 2017-2021 .....	16
Gráfico 5 Cantidad de accidentes por tipo. ....	18
Gráfico 6 Consecuencias de accidentes por tipo del año 2017 al 2021. ....	19
Gráfico 7 Total de accidentes por mes desde el año 2017 al año 2021 y sus consecuencias. ....	21
Gráfico 8 Total de accidentes por día y sus consecuencias desde el año 2017 al año 2021 .....	22
Gráfico 9 Total de accidentes por hora y sus consecuencias desde el año 2017 al año 2021 .....	24
Gráfico 10 Total de accidentes por ubicación, del año 2017 al año 2021. ....	26
Gráfico 11 Total de accidentes en puntos críticos, del año 2017 al año 2021. ..	28
Gráfico 12 Muertos en puntos críticos del km 9 al km14, desde el año 2017 al año 2021 .....	29
Gráfico 13 Lesionados en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021 .....	30
Gráfico 14 Tabla 14 Causas de accidentes en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021. ....	32
Gráfico 15 Tipo de accidentes en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021 .....	34
Gráfico 16 Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad, con respecto a la población, en tramo Km 9- Km14, Carretera Sur, 2017-2021. ....	40
Gráfico 17 Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad, con respecto a la longitud, en tramo Km 9- Km14, Carretera Sur, 2017-2021. ....	42
Gráfico 18 Volúmenes de tráfico en hora de máxima demanda, cada 15 minutos, Km 10.5 Carretera Sur. ....	51

Gráfico 19 Volúmenes de tráfico en hora de máxima demanda, cada 15 minutos, Km 13.5 Carretera Sur. ....	53
Gráfico 20 Estudio de velocidad km 10.5 en dirección Norte-Sur. ....	77
Gráfico 21 Estudio de velocidad km 10.5 en dirección sur-norte. ....	78
Gráfico 22 Estudio de velocidad Km 13 en dirección norte-sur.....	79
Gráfico 23 Estudio de velocidad km 13 en dirección sur-norte. ....	80



# **CAPÍTULO I: PRELIMINARES**

## **CAPITULO I: PRELIMINARES**

### **1.1 Introducción**

El estudio de seguridad vial en una carretera, es muy importante, tanto en países industrializados, como en países de economía media, ya que mediante éste nos podemos dar cuenta que tan peligroso puede ser circular por éstas.

Aunque se debe de tomar en cuenta que muchos de los factores de accidentabilidad son causados principalmente por el factor humano, entre los cuales se puede mencionar: evadir las señales de tránsito, conducir a alta velocidad, en estado de ebriedad, entre otros. Por otra parte, están los accidentes causados meramente por factores ajenos a éste, como lo son, fenómenos naturales y factores propios de diseño de la carretera.

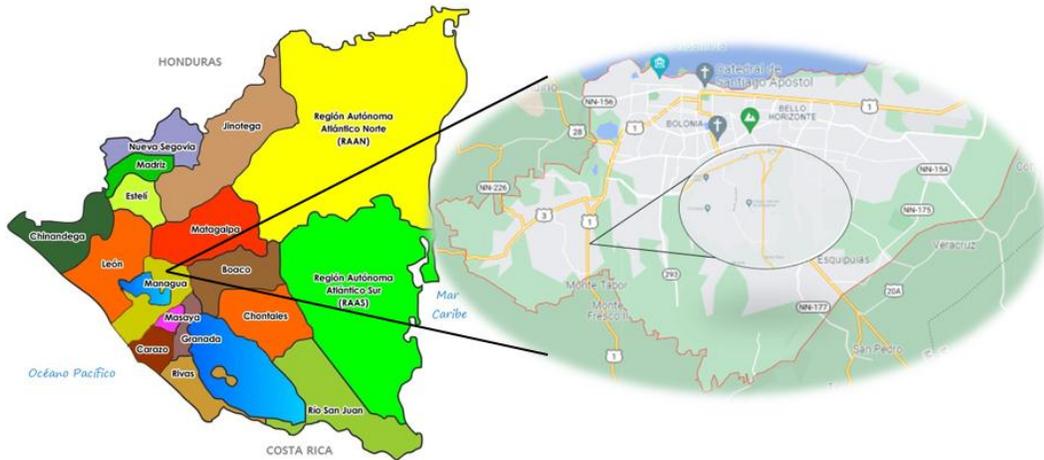
A la hora de realizar un estudio, se debe tomar en cuenta muchos elementos, pero se considerará el de vital importancia; como lo es la seguridad vial, principalmente en la hora de mayor demanda, en la cual es necesario saber, si el componente geométrico de la vía es capaz de abastecer la necesidad de tránsito.

Este estudio se realizará en Carretera Sur, específicamente en el tramo comprendido entre el Km 9 al Km 14, que constará de un análisis de las condiciones actuales, con el fin de revisar, desde el punto de vista de señalización, demanda y accidentabilidad, de esta manera brindar posibles soluciones, en caso de que sea necesario.

Dicho tramo fue asignado por el departamento de ingeniería vial, de la Policía Nacional, ya que este tramo es de suma importancia, al pertenecer a la carretera panamericana.

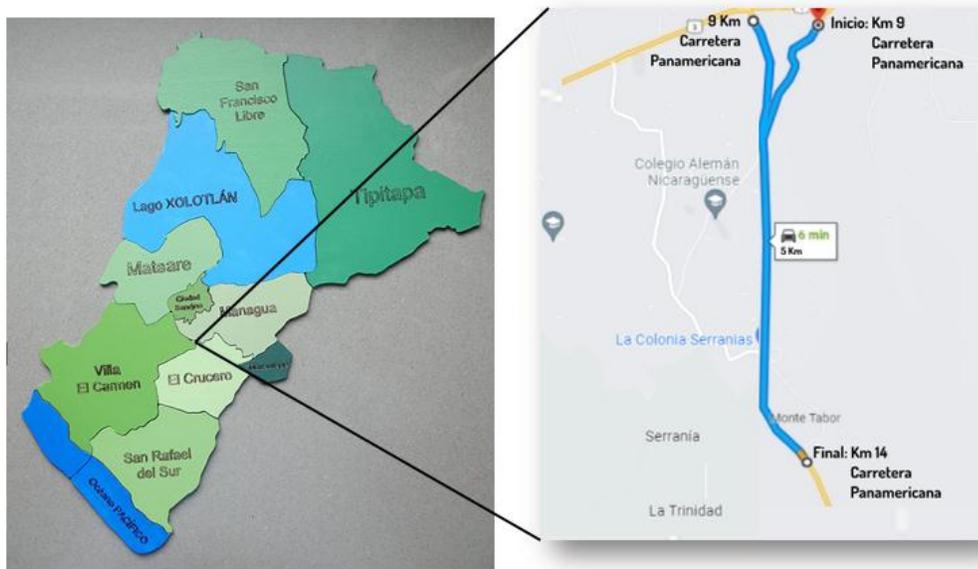
Todo esto se llevará a cabo mediante la implementación de técnicas de estudio, como: análisis de accidentes, volúmenes de tránsito, estudio de velocidad y estado general de la vía.

Ilustración 1 Macro localización del sitio en estudio, departamento de Managua, Km 9 al Km14, Carretera Sur



Fuente: <https://www.socialhizo.com/geografia/mapas/mapa-de-nicaragua-division-politica>

Ilustración 2 Micro localización del sitio en estudio, Km 9 al Km 14, Carretera Sur.



Fuente: <https://www.google.com/maps/dir/12.1031574,-86.3239744/12.0600903,-86.3180715/@12.0806582,-86.3488493,13.75z/data=!4m2!4m1!3e0?hl=es-419&entry=ttu>

## 1.2 Antecedentes

El tramo en estudio corresponde a la clasificación NIC – 2, y a su vez forma parte de la carretera Panamericana, perteneciente a la red básica y denominada Panamericana Sur, por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Este estudio se llevará a cabo en 5 Km de carretera, comprendidos entre el Km 9 y Km 14. La Carretera Sur vía Panamericana, o conocida solamente como la Carretera Sur es una de las principales carreteras que conecta la ciudad de Managua, con distintos departamentos, tales como, Carazo, Granada, Rivas, Masaya, etc.

La Carretera Panamericana, además llamada ruta Panamericana o, sencillamente, Panamericana, es un sistema de carreteras, de alrededor de 17,958 Km de extensión, que vincula a casi todas las naciones americanas, con un tramo unificado de carretera, excepto unos 130 kilómetros en la zona del Darién entre Colombia y Panamá. Ha sido concebida en la V Conferencia Universal de los Estados Americanos en 1923, celebrándose el Primer Congreso Panamericano de Carreteras en Buenos Aires en 1925, al que siguieron los de 1929 y 1939. (Consideraciones de orden histórico sobre la Carretera Panamericana, Sección: Nicaragua, 1975)

Esta carretera es la de mayor relevancia a grado nacional debido a que por ésta circulan los primordiales comercios tanto nacionales como de todo el mundo.

En nuestro país la construcción de la carretera Panamericana norte tuvo origen en la ciudad de Managua, fue iniciada alrededor del año 1928, con el tramo Managua - Tipitapa. Posteriormente en los años 1929 - 1930 se dio inicio a la construcción del tramo Tipitapa - Madera, usando fondos de la aduana nacional, la que fue suspendida en 1931 debido al terremoto ocurrido en Managua, cuando estaba llegando a la etapa final el proceso de construcción del movimiento de tierra. En el año 1940, se reanudó la construcción del tramo mencionado hasta su terminación, en este mismo año se dio inicio a la construcción de la carretera

Panamericana Sur continuando los trabajos en los años 1954 – 1956, 1960, hasta finalizar en el año 1970. (Consideraciones de orden histórico sobre la Carretera Panamericana, Sección: Nicaragua, 1975)

En noviembre del año 2017, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y la empresa constructora LLANSA ingenieros, firmaron un contrato equivalente a U\$33.5 millones para desarrollar la ampliación de la Carretera Sur, específicamente en el tramo vial situado entre el empalme de Nejapa y la ciudad de Diriamba, en Carazo (33.3 kilómetros), abarcando así el tramo que se estará evaluando. Con esta ampliación nuestro tramo quedó conformado por cuatro carriles. (Humberto Galo, 2018)

Según las oficinas de tránsito, la accidentabilidad en el tramo en estudio, a partir de 2017, presenta los siguientes datos:

Tabla 1. Accidentes totales comprendidos en el período del 2017-2021.

<b>Año</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Accidentes</b>	142	146	125	124	138

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

Analizando estos datos podemos apreciar un incremento progresivo en el número de accidentes en los últimos cinco años. El incremento de accidentes era una constante entre 2017 y 2018, pero para los siguientes años, presentó un leve decremento, generada posiblemente por la presencia del COVID-19.

### 1.3 Justificación

La problemática asociada a los accidentes de tránsito en Nicaragua, es de carácter público y restringe el desarrollo del país, ya que, con un nivel de accidentalidad alto, genera pérdidas de vidas humanas y mano de obra efectiva, es por eso que las instituciones que trabajan en lo relacionado a tránsito y regulación de las carreteras, emplean estudios para el control de accidentes.

Los datos de la Tabla 1, describen el comportamiento de los accidentes en el tramo de carretera comprendido entre el Km 9 y Km 14, los cuales presentan un incremento constante de accidentes, fallecidos y lesionados. En este informe la Policía Nacional presentó como las principales causas:

- Atender el celular
- Invasión de carril
- Giros indebidos
- Estado de embriaguez
- Imprudencia peatonal
- Exceso de velocidad

Con esto, se ve la necesidad de ejecutar un estudio de seguridad vial, para corroborar que las causas siguen siendo las mismas y a su vez verificar que el tramo está operando a su capacidad.

Cabe recalcar que el decremento de los accidentes en 2020 se debió al inicio de una cuarentena provocada por la llegada del COVID-19; muchas empresas, negocios, escuelas y diversas entidades se vieron obligadas a interrumpir sus labores cotidianos, optando por Home-working (trabajo en casa) y clases virtuales, para evitar el riesgo de contraer COVID-19, esto provocó una notable disminución del tránsito en la zona; a pesar de dicho descenso, los accidentes, lesionados y fallecidos siguen siendo una constante.

Las causas y consecuencias de los accidentes son del conocimiento de los usuarios, por lo que un estudio vial, se vuelve una prioridad para satisfacer las necesidades de éstos. Los estudios viales, sirven para reducir los accidentes en una zona de alta peligrosidad y para prevenir accidentes futuros.

Con este estudio, se pretende dar una respuesta preventiva a accidentes futuros y mejorar la fluidez de tránsito, en caso que sea necesario.

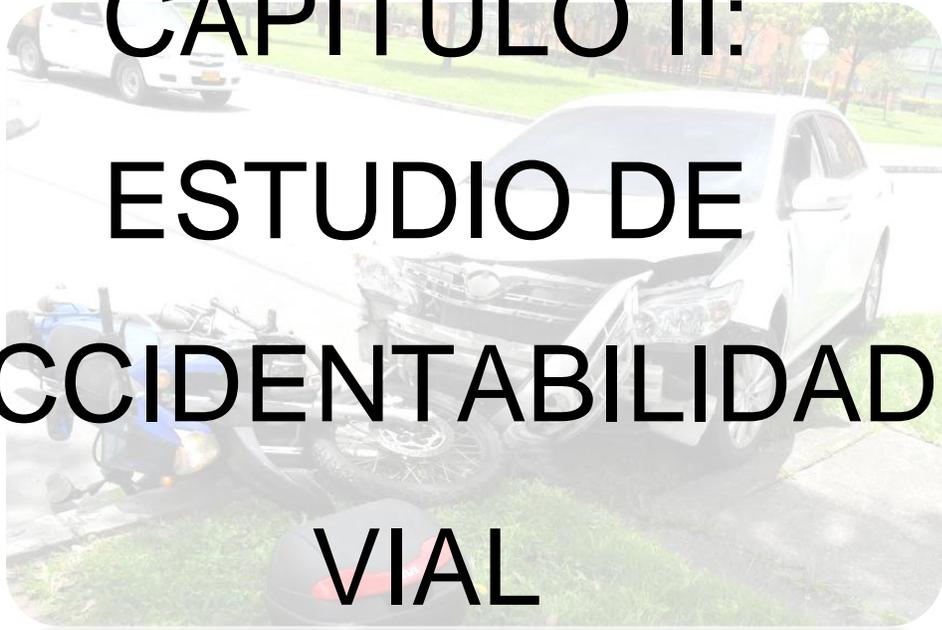
## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general:**

- Realizar un estudio de seguridad vial en la carretera sur, tramo Km. 9 - Km. 14, que permita determinar los factores que inciden en la ocurrencia de accidentes y a la vez proponer posibles alternativas de solución.

### **1.4.2 Objetivos específicos:**

- Analizar las estadísticas sobre accidentes proporcionadas por la policía nacional, para determinación de las causas y factores reales de éstos en el tramo de carretera, a su vez identificar los tramos peligrosos y puntos críticos.
- Realizar un aforo vehicular, para obtenerse una precisión de los volúmenes de tránsito, clasificación vehicular y se conozca el nivel de servicio al que está operando la vía.
- Efectuar un estudio de velocidad, que permita corroborarse su efecto en los accidentes y refleje si se cumple con los límites de velocidad de esta zona.
- Ejecutar un inventario vial, que brinde información detallada del estado actual de la infraestructura del tramo en estudio.
- Proponer posibles soluciones técnico-ingenieriles de seguridad vial en el tramo de estudio, para la reducción de accidentabilidad de éste y a su vez el riesgo a los usuarios.

A photograph of a road accident scene. A white sedan is parked on the side of a road, with its front end damaged. A blue motorcycle is lying on its side on the grass next to the car. The scene is set on a paved road with a grassy area and trees in the background. The text is overlaid on the image.

**CAPITULO II:  
ESTUDIO DE  
ACCIDENTABILIDAD  
VIAL**

## CAPITULO II: ESTUDIO DE ACCIDENTABILIDAD

### 2.1 Introducción

En la actualidad la cantidad de vehículos ha crecido considerablemente, debido a que la población los demanda para realizar sus tareas cotidianas y movilizarse con mayor rapidez, a su vez agilizan el trabajo, en cuanto a vehículos de carga se refiere. Esta demanda, así como satisface una necesidad, lleva consigo una consecuencia y es la inseguridad vial, que se abarca en este capítulo.

En los últimos 5 años, el índice de accidentes sigue una función creciente, partiendo de 2017 y finalizando en 2021, logramos ver claramente el comportamiento en dicho incremento, por lo que denotar las causas, lugar que sucedió el acontecimiento y otros factores, hacen sencillo analizar su influencia.

Es de suma importancia conocer la razón en la ocurrencia de este fenómeno, por lo cual determinaremos los distintos parámetros, tales como, frecuencia con que ocurren los accidentes, las causas, localización, entre otros. Todo esto será posible, mediante la utilización de datos brindados por el departamento de Ingeniería Vial, de la Policía Nacional, obteniendo así, datos reales de la totalidad de accidentes ocurridos en el sitio de estudio, cuantos tuvieron un fin trágico y las causas por la que han ocurrido en un periodo de 5 años a partir del 2017.

En la siguiente tabla se presentan los datos del tramo en estudio:

Tabla 2 Cantidad de accidentes, fallecidos y lesionados en tramo de carretera Km 9 al Km 14, Carretera Sur, desde el año 2017 hasta el año 2021.

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Accidentes	142	146	125	124	138
Fallecidos	1	2	5	3	6
Lesionados	10	12	17	35	11

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

La estabilidad vial es el grupo de ocupaciones y mecanismos que respaldan el buen manejo de la circulación del tránsito, por medio de la implementación de conocimientos (leyes, reglamento y disposiciones) y reglas de conducta, bien sea como peatón, pasajero o conductor, con la intención de utilizar de manera correcta la vía pública previniendo los accidentes de tránsito.

La seguridad vial se encarga de prevenir y/o minimizar los daños y efectos que provocan los accidentes viales, su principal objetivo es salvaguardar la integridad física de las personas que transitan por la vía pública eliminando y/o disminuyendo los factores de riesgo. Dentro de seguridad vial existe la seguridad vial activa y seguridad vial pasiva: (Cultura Vial, 2011)

### **2.1.1 Seguridad vial activa**

La seguridad vial activa o primaria tiene como fin primordial evitar que el accidente suceda.

La seguridad vial activa se aplica al componente humano, a los vehículos y a las vías. Ejemplificando, un factor de seguridad vial activa en las vías son las señales de tránsito, en el transporte podrían ser los frenos ABS y en el elemento humano la rapidez correcta a la que se conduce.

### **2.1.2 Seguridad vial pasiva**

La seguridad pasiva o secundaria comprende una secuencia de dispositivos cuya tarea se basa en intentar reducir al más alto nivel la gravedad de las heridas ocasionadas a las víctimas de un accidente cuando éste se ha producido.

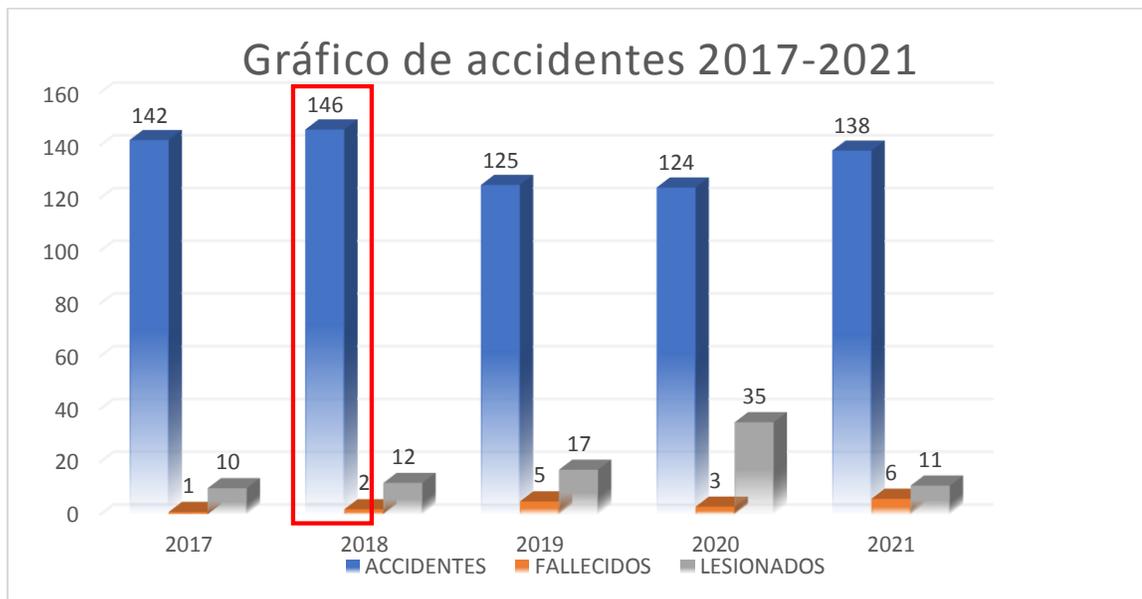
Al igual que la seguridad vial activa ésta se puede aplicar en el factor humano, en los vehículos y en las vías. Por ejemplo, el cinturón de seguridad es un elemento de seguridad vial pasiva aplicada al vehículo. (Liderman, 2017, pág. 12)

### **2.1.3 Accidentabilidad**

La accidentabilidad, estudia las estadísticas sobre el número de accidentes vehiculares ocurridos, en las carreteras que conforman la red vial actual y si es posible, conocer las principales causas por las que éstos han sucedido, ya que se encuentran entre las diez principales causas de muerte a nivel mundial. (Estudio de accidentabilidad del tramo de carretera sur Nic-2, km 64 al km 80, empalme El Grajinan-puente Ochomogo, Granada, Nicaragua, 2018).

Para la dimensión de la accidentabilidad y para mayor agilidad de análisis, los objetos de estudio se dividen según las categorías tradicionales del análisis: accidentes y víctimas según gravedad. En cada uno de estos objetos de estudio están presentes las tres temáticas o factores que intervienen en la accidentabilidad (entorno, vehículo y personas) (Monografía de Seguridad Vial Melsinho, 2017).

Gráfico 1 Accidentes, fallecidos y lesionados en tramo de carretera Km 9 al Km 14, Carretera Sur, desde el año 2017 hasta el año 2021.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En el gráfico se ve de forma más clara la representación de los accidentes, siendo el año 2018 uno con el mayor número de accidentes ocurridos, cabe recalcar que, aunque en 2021 la cantidad de accidentes ocurridos es un poco menor, la cantidad de muertos aumentó considerablemente.

En el año 2020 se observa como el número de accidentes se redujo bastante, teniendo en cuenta que en nuestro país dio inicio la cuarentena por pandemia de COVID-19, haciendo el tránsito más ligero y las calles poco concurridas.

Los accidentes ocurridos han presentado una forma creciente, al igual que muertos y lesionados, siendo estas dos últimas los principales parámetros a evaluar, ya que la Policía Nacional pretende como principal objeto brindar seguridad a la ciudadanía y con este estudio, hacer conciencia de lo ocurrido.

## 2.2 Análisis de accidentes por causa y tipo, 2017-2021.

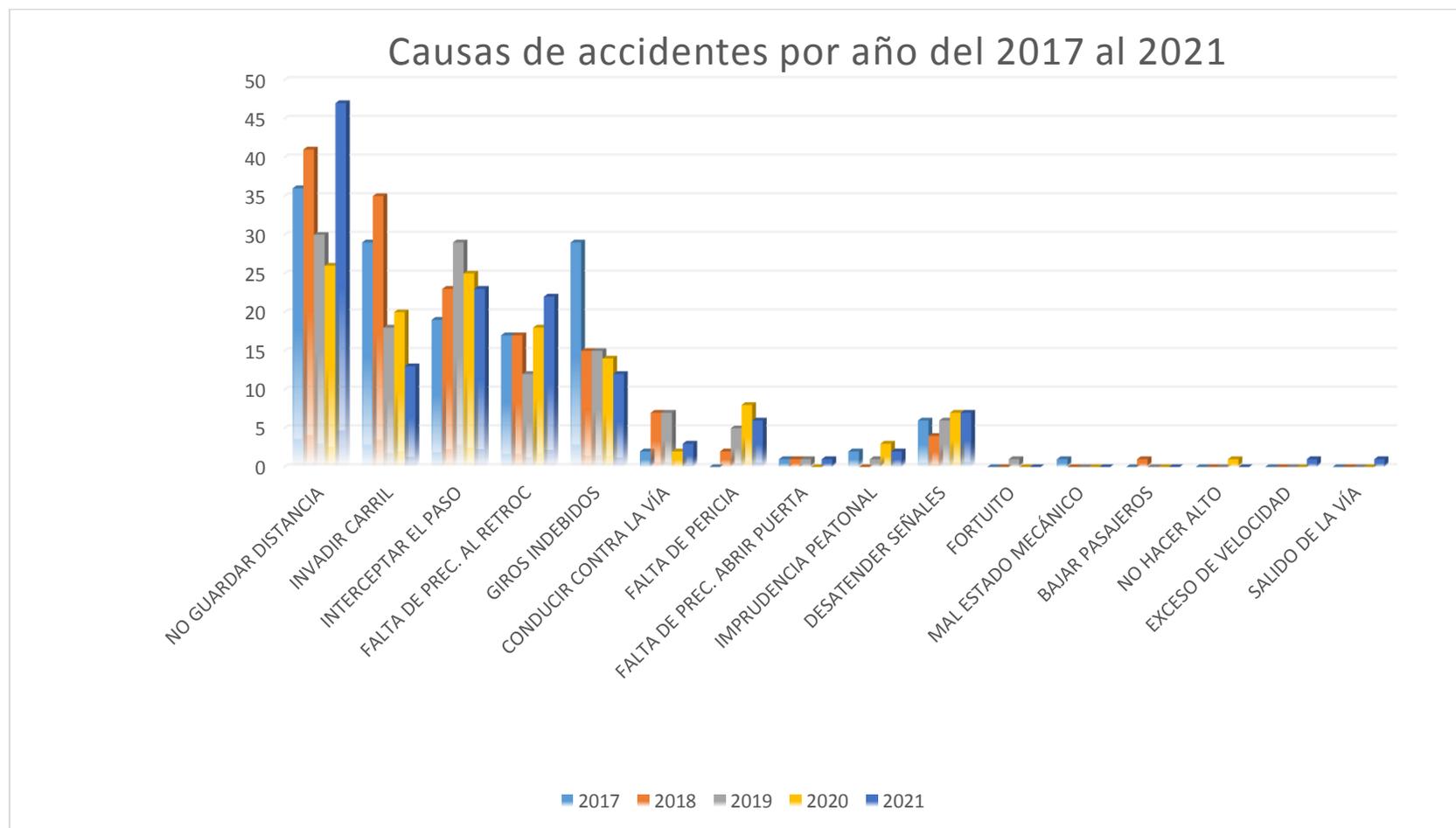
La siguiente tabla, refleja las principales causas de accidentes por año:

Tabla 3 Cantidad de accidentes por causa.

Causas de accidentes por año						
Causas	2017	2018	2019	2020	2021	Total
No guardar distancia	36	41	30	26	47	180
Invadir carril	29	35	18	20	13	115
Interceptar el paso	19	23	29	25	23	119
Falta de precaución al retroceder	17	17	12	18	22	86
Giros indebidos	29	15	15	14	12	85
Conducir contra la vía	2	7	7	2	3	21
Falta de pericia	0	2	5	8	6	21
Falta de precaución al abrir puerta	1	1	1	0	1	4
Imprudencia peatonal	2	0	1	3	2	8
Desatender señales	6	4	6	7	7	30
Fortuito	0	0	1	0	0	1
Mal estado mecánico	1	0	0	0	0	1
Bajar pasajeros	0	1	0	0	0	1
No hacer alto	0	0	0	1	0	1
Exceso de velocidad	0	0	0	0	1	1
Salido de la vía	0	0	0	0	1	1
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>146</b>	<b>125</b>	<b>124</b>	<b>138</b>	<b>675</b>

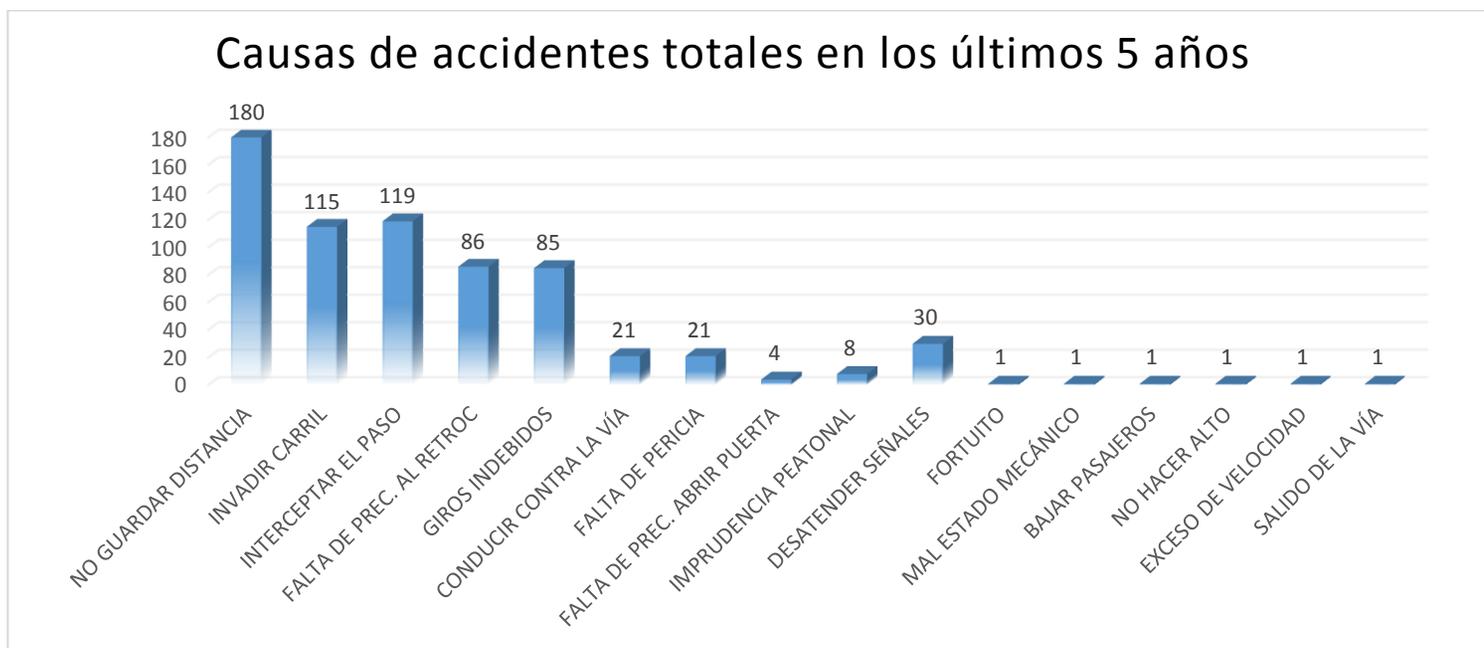
Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

Gráfico 2 Cantidad de accidentes por causa del año 2017 al año 2021



Fuente: Elaborado por sustentantes

Gráfico 3 Total de accidentes por causa entre el año 2017 al 2021



Fuente: Elaborado por sustentantes.

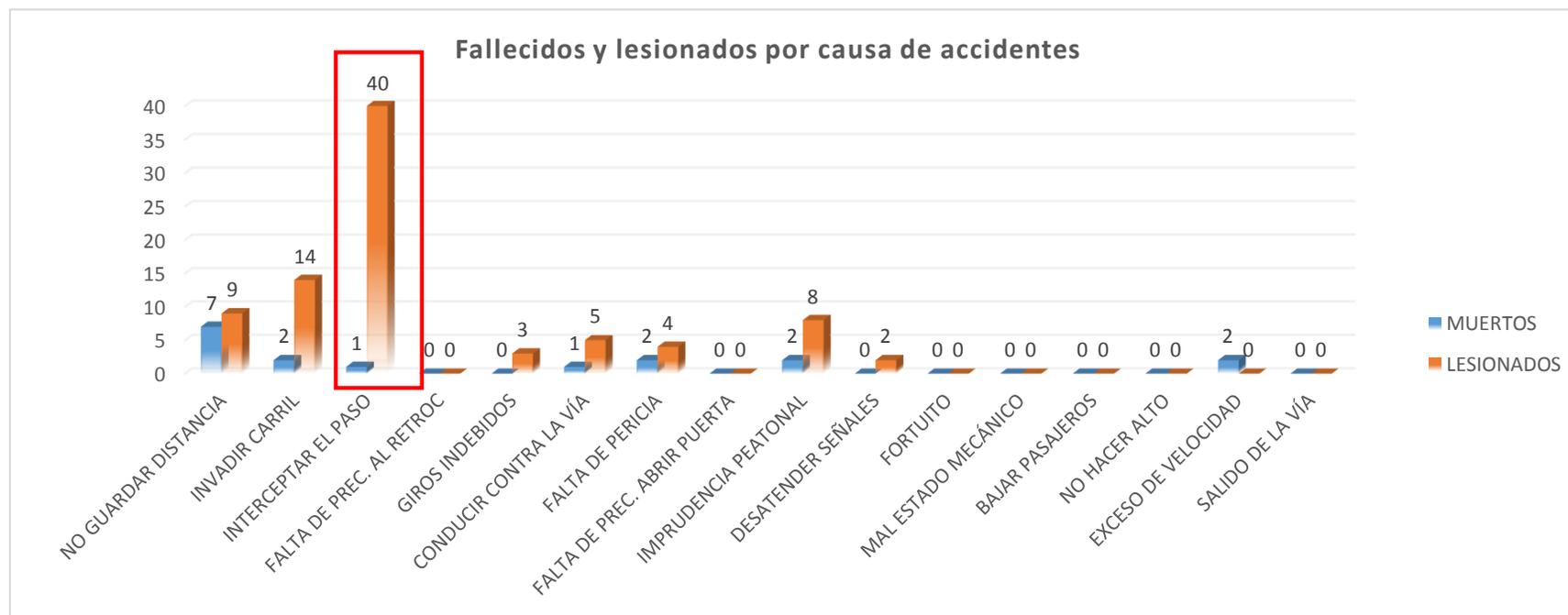
En base a los datos proporcionados por la Policía Nacional, se logró elaborar la tabla número 3 y los gráficos 2 y 3, obteniendo como resultado 16 causas principales que han generado accidentes en los últimos 5 años. Las de mayor influencia fueron: No guardar distancia, Invadir carril, Interceptar el paso, falta de precaución al retroceder y giros indebidos, con unas cifras totales de 180, 115, 119, 86, 85 accidentes respectivamente, señalando así que los conductores no respetan las principales normas de manejo.

Tabla 4 Total de fallecidos y lesionados por causa, 2017-2021.

Causas de accidentes por año	Total	
	Fallecidos	Lesionados
No guardar distancia	7	9
Invadir carril	2	14
Interceptar el paso	1	40
Falta de precaución al retroceder	0	0
Giros indebidos	0	3
Conducir contra la vía	1	5
Falta de pericia	2	4
Falta de precaución al abrir puerta	0	0
Imprudencia peatonal	2	8
Desatender señales	0	2
Fortuito	0	0
Mal estado mecánico	0	0
Bajar pasajeros	0	0
No hacer alto	0	0
Exceso de velocidad	2	0
Salido de la vía	0	0
<b>Total</b>	17	85

Fuente: Elaborado por sustentante

Gráfico 4 Total de fallecidos y lesionados por causa, 2017-2021



Fuente: Elaborado por sustentantes.

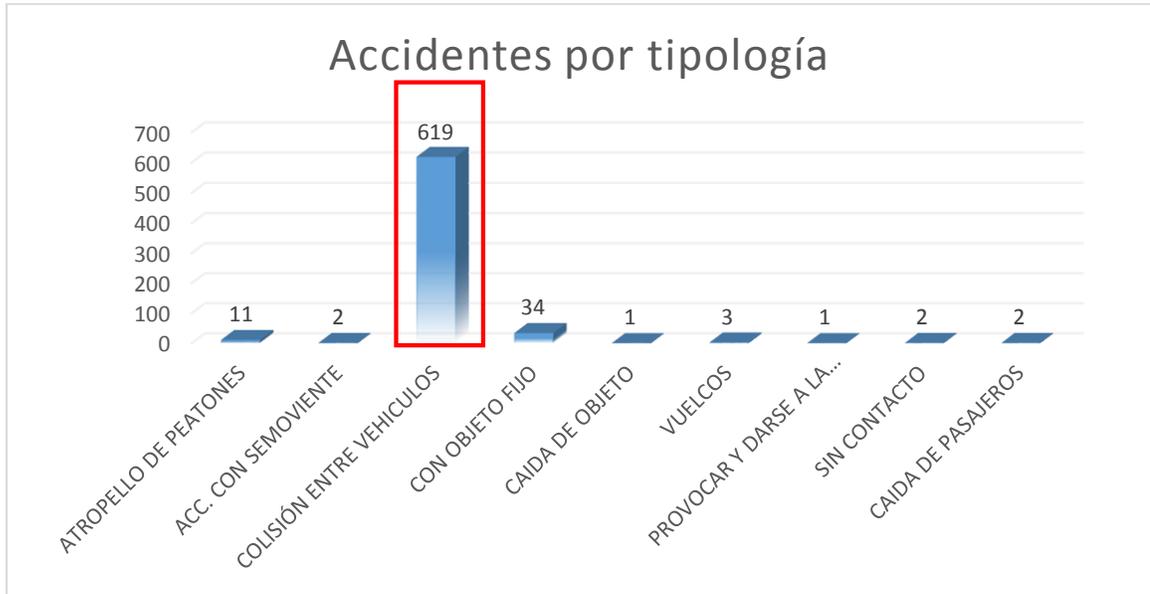
En el gráfico 4, se reflejan las cifras totales de muertos y lesionados durante los últimos 5 años, dentro del tramo en estudio en el cual se observa que la mayor cantidad de muertos es causada por no guardar distancia, sin embargo, para interceptar el paso la cantidad de muertos disminuyó notablemente, presentó la cifra más elevada de 40 personas, esto únicamente indica que la falta de precaución al conducir es la misma y que pudieron provocar una tragedia, la muerte.

Tabla 5 Cantidad de accidentes por tipo.

<b>Total</b>	
<b>Tipo de accidente</b>	<b>Cantidad.</b>
Atropello de peatones	11
Accidente con semoviente	2
Colisión entre vehículos	619
Con objeto fijo	34
Caída de objeto	1
Vuelcos	3
Provocar y darse a la fuga	1
Sin contacto	2
Caída de pasajeros	2
<b>Total</b>	<b>675</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

Gráfico 5 Cantidad de accidentes por tipo.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

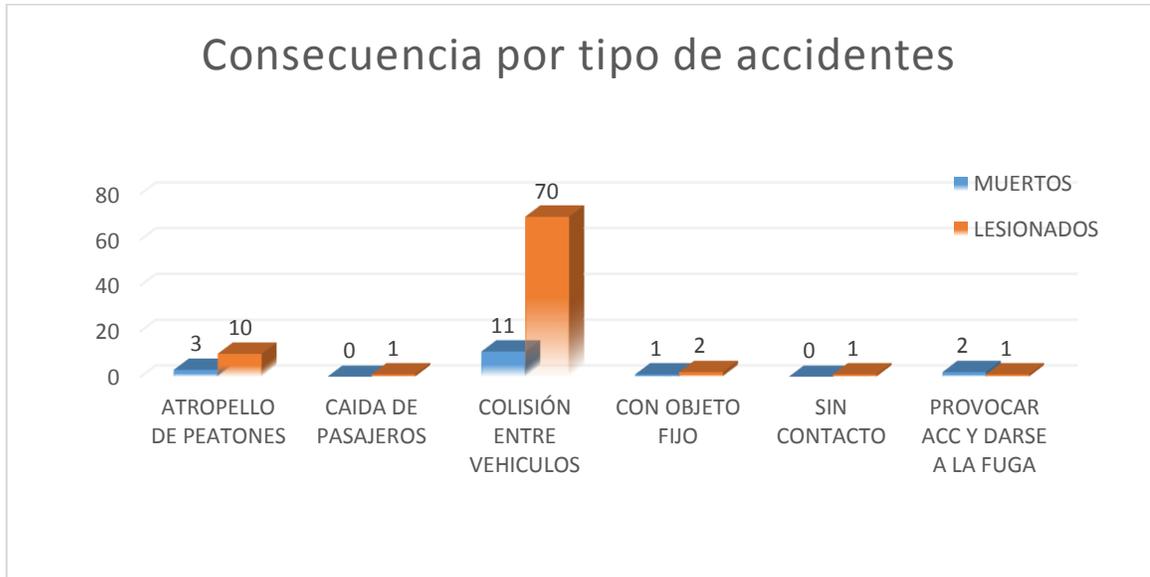
En el gráfico 5, realizado con los datos de la tabla 5, logramos ver los tipos de accidentes totales del año 2017 hasta el 2021, siendo el de mayor presencia, Colisión entre vehículos, abarcando una cifra de 619 accidentes.

Tabla 6 Consecuencias de accidentes por tipo.

Total		
Tipo de accidente	Fallecidos	Lesionados
Atropello de peatones	3	10
Caída de pasajeros	0	1
Colisión entre vehículos	11	70
Con objeto fijo	1	2
Sin contacto	0	1
Provocar accidente y darse a la fuga	2	1
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>85</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

Gráfico 6 Consecuencias de accidentes por tipo del año 2017 al 2021.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

El gráfico 6 elaborado con la tabla de muertos y lesionados según las consecuencias por cada tipo de accidentes, muestra el comportamiento elevado para las colisiones entre vehículos, con una cantidad de 70 lesionados y 11 muertes, en segundo lugar, con una cantidad menor pero relevante de lesionados se presenta el atropello de peatones, el cual también deja un número de muertes que sobresale con respecto a los otros años.

### 2.3 . Análisis de accidentes por tiempo de ocurrencia, 2017-2021.

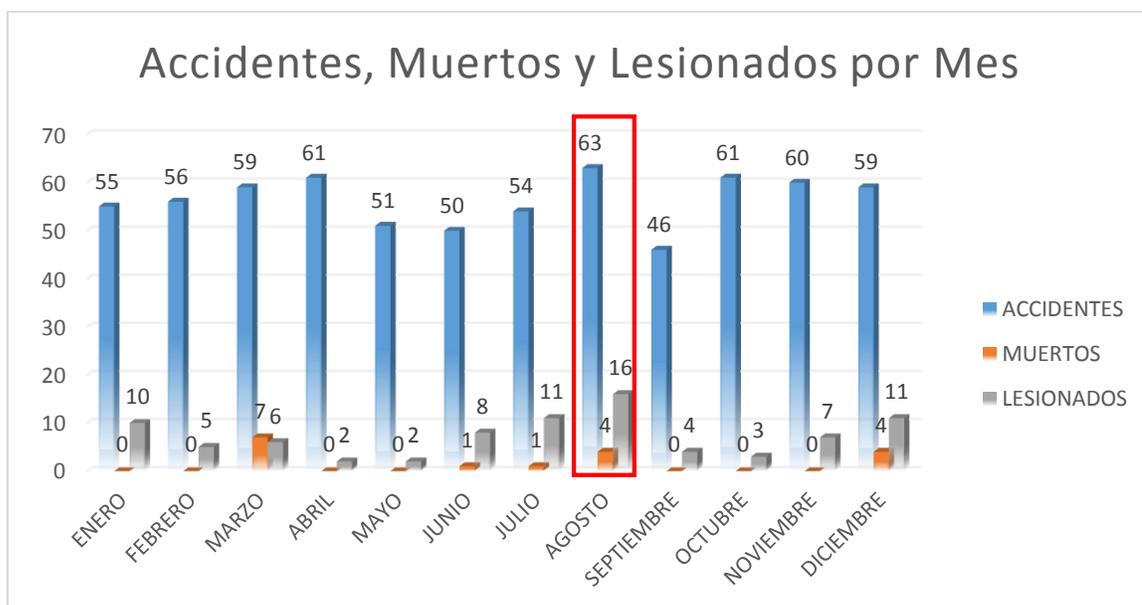
En este ítem daremos a conocer los accidentes ocurridos, por fecha, ya que no solo es importante saber las cantidades de éstos, sus causas, sus formas de ocurrencia y sus consecuencias, sino saber en qué temporada del año ocurrieron.

Tabla 7 Total de accidentes por mes desde el año 2017 al año 2021 y sus consecuencias.

<b>Totales</b>			
<b>Meses del 2017-2021</b>	Accidentes	Fallecidos	Lesionados
Enero	55	0	10
Febrero	56	0	5
Marzo	59	7	6
Abril	61	0	2
Mayo	51	0	2
Junio	50	1	8
Julio	54	1	11
Agosto	63	4	16
Septiembre	46	0	4
Octubre	61	0	3
Noviembre	60	0	7
Diciembre	59	4	11
<b>Total</b>	<b>675</b>	<b>17</b>	<b>85</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Gráfico 7 Total de accidentes por mes desde el año 2017 al año 2021 y sus consecuencias.



Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

El gráfico 7, representa las cifras correspondientes a cada mes de accidentes y sus consecuencias; por un lado se observa la variación mínima entre 54 y 63 accidentes durante todos los meses del periodo seleccionado, en donde el mes con menor incidencia fue Julio y el de mayor incidencia Agosto, por otro lado en los meses de Enero, Junio, Julio, Agosto y Diciembre se muestran las cantidades más elevadas respecto a lesionados, siendo Agosto por supuesto el mes predominante, y por último vemos el número de muertes donde de igual manera Agosto tiene la cifra más elevada.

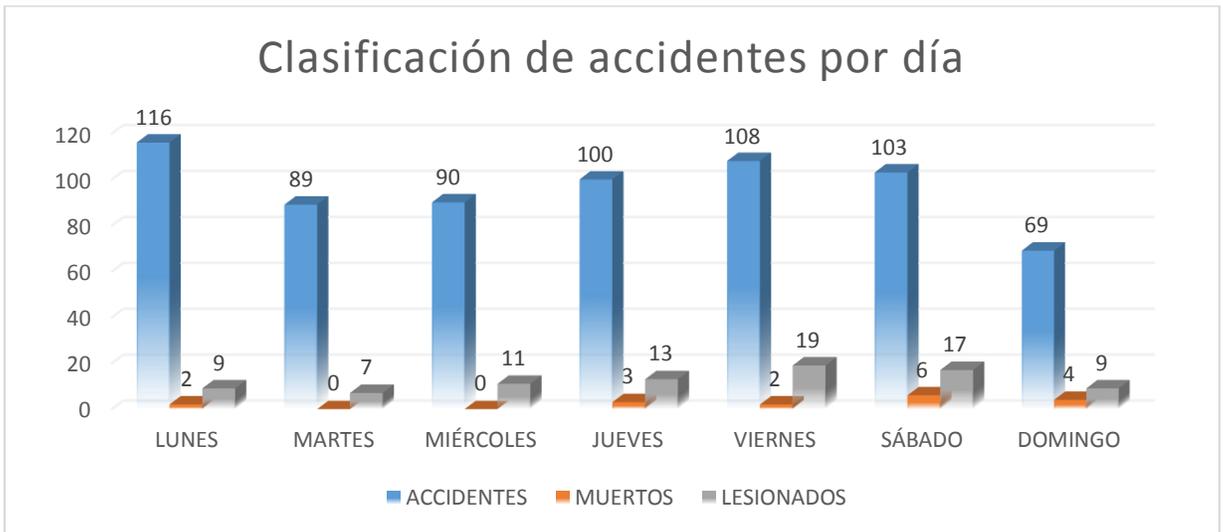
Cabe mencionar que las cantidades de accidentes por meses, se mantienen en un rango con variaciones mínimas, pero en los lesionados y muertos claramente se da un incremento en el 2do semestre del año.

Tabla 8 Total de accidentes por día y sus consecuencias desde el año 2017 al año 2021.

Día	Totales		
	Accidentes	Fallecidos	Lesionados
Lunes	116	2	9
Martes	89	0	7
Miércoles	90	0	11
Jueves	100	3	13
Viernes	108	2	19
Sábado	103	6	17
Domingo	69	4	9
<b>Total</b>	<b>675</b>	<b>17</b>	<b>85</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

Gráfico 8 Total de accidentes por día y sus consecuencias desde el año 2017 al año 2021



Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

En el gráfico 8, obtenido de la tabla 8, vemos la cantidad de accidentes, lesionados y muertos para cada día de la semana durante los últimos 5 años. El día con mayor número de accidentes corresponde a lunes, seguido de viernes y sábado, teniendo en cuenta que cada lunes inicia la jornada laboral y finaliza viernes o sábado en ciertas instituciones. Además de retomar la semana laboral, inician las

clases en centros de estudios y universidades, de modo que estudiantes y trabajadores se transportan hacia la capital.

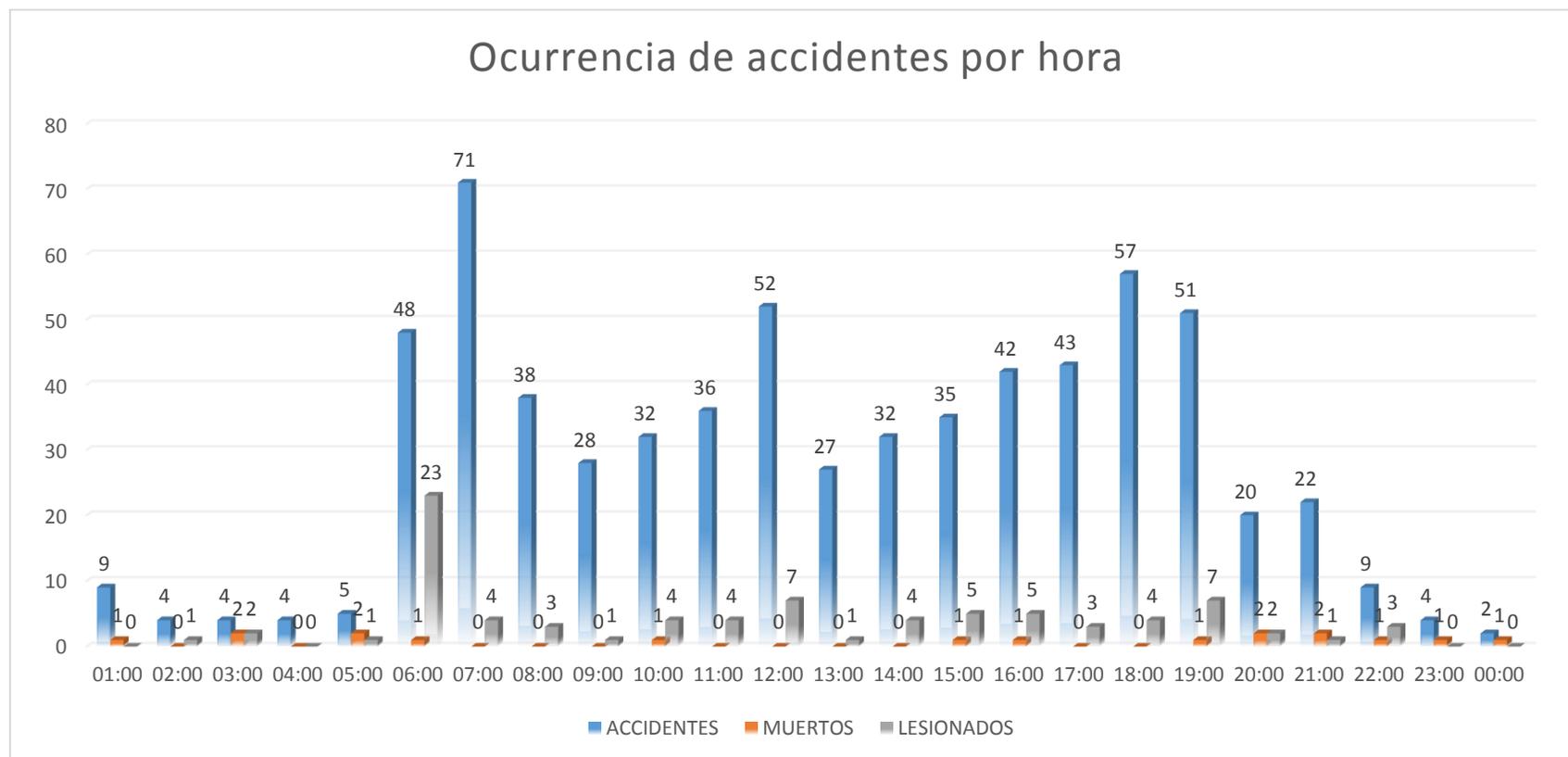
Observamos que a medida que se acerca el fin de Semana el número de accidentes incrementa notablemente. Es el caso del día viernes y sábado donde sobresalen las cifras de muertos y lesionados; hablamos de que termina el periodo de trabajo, comienzan los retornos a hogares y del mismo modo los paseos familiares fuera de la capital.

Tabla 9 Total de accidentes por hora y sus consecuencias desde el año 2017 al año 2021

Hora	Total		
	Accidentes	Fallecidos	Lesionados
01:00	9	1	0
02:00	4	0	1
03:00	4	2	2
04:00	4	0	0
05:00	5	2	1
06:00	48	1	23
07:00	71	0	4
08:00	38	0	3
09:00	28	0	1
10:00	32	1	4
11:00	36	0	4
12:00	52	0	7
13:00	27	0	1
14:00	32	0	4
15:00	35	1	5
16:00	42	1	5
17:00	43	0	3
18:00	57	0	4
19:00	51	1	7
20:00	20	2	2
21:00	22	2	1
22:00	9	1	3
23:00	4	1	0
00:00	2	1	0
<b>Total</b>	<b>675</b>	<b>17</b>	<b>85</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Gráfico 9 Total de accidentes por hora y sus consecuencias desde el año 2017 al año 2021



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En el gráfico 9, vemos el comportamiento de los accidentes a lo largo del transcurso de las horas en el día; a la izquierda con la cifra más alta de 71 accidentes a las 7 de la mañana, seguido de las 6 de la tarde con 57 accidentes. En definitiva, se logra observar que la mayor cantidad de incidencias ocurre en horas pico si tomamos en cuenta que la hora de entrada en los centros de estudio a las 7 de la mañana, lo que quiere decir que empieza a haber movilización desde las 6 de la mañana y es ahí donde se presenta el mayor número de lesionados al día, también la entrada a los centros de trabajo es a las 8 de la mañana finalizando la jornada a las 5 de la tarde, donde nuevamente se da el incremento de accidentes a las 6 de la noche.

#### **2.4 Análisis de accidente por localización, 2017-2021.**

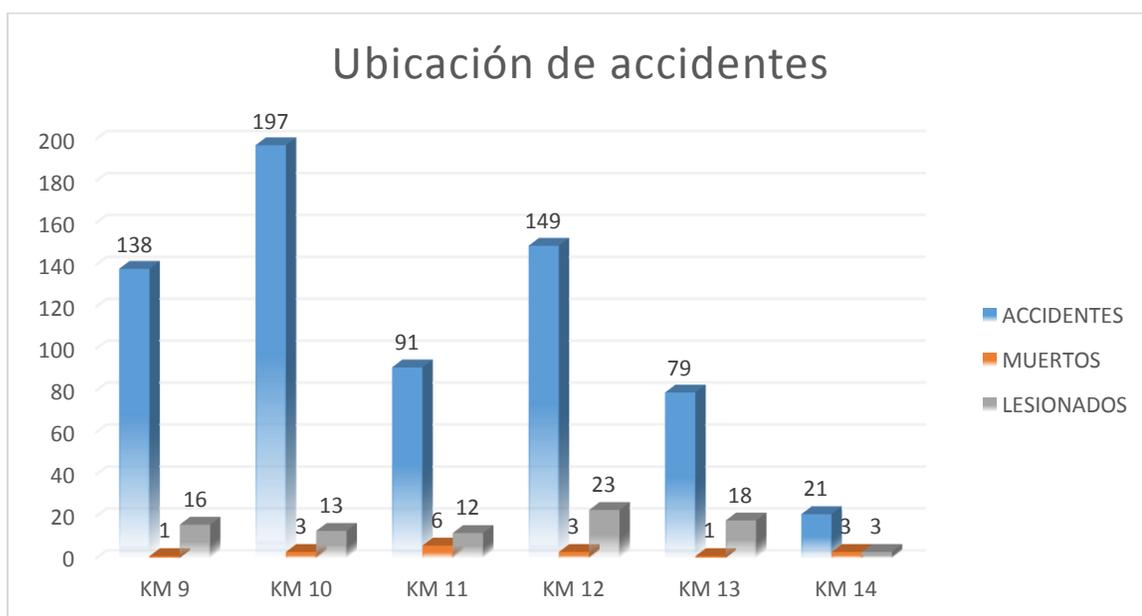
Conocer la localización de los accidentes, es un dato que sirve para identificar detalles de diseño en la vía que están fallando y provocando incidencias frecuentes en un punto determinado, es aquí donde se convierten en puntos críticos, avalados por la Policía Nacional, esto referido a carreteras abiertas.

Tabla 10 Total de accidentes por ubicación, del año 2017 al año 2021.

Total			
Ubicación	Accidentes	Muertos	Lesionados
Km 9	138	1	16
Km 10	197	3	13
Km 11	91	6	12
Km 12	149	3	23
Km 13	79	1	18
Km 14	21	3	3
<b>Total</b>	<b>675</b>	<b>17</b>	<b>85</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

Gráfico 10 Total de accidentes por ubicación, del año 2017 al año 2021.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En el gráfico 10 se ilustran las cifras de accidentes que ocurren por cada kilómetro del tramo estudiado; en primer lugar, con el mayor número de accidentes, sobresale el kilómetro 10, con una cifra de 197, seguido por el km 12 con una diferencia notable de 149 de estos; sin embargo, aunque la cantidad de accidentes

no es la mayor para este kilómetro, es en este mismo punto donde se tienen la mayor cantidad de lesionados. Finalmente es entre estos dos puntos críticos donde se dan la mayor cantidad de muertes, en el transcurso del Km 14.

## 2.5 Análisis de puntos críticos, 2017-2021

Tabla 11 Total de accidentes en puntos críticos, del año 2017 al años 2021

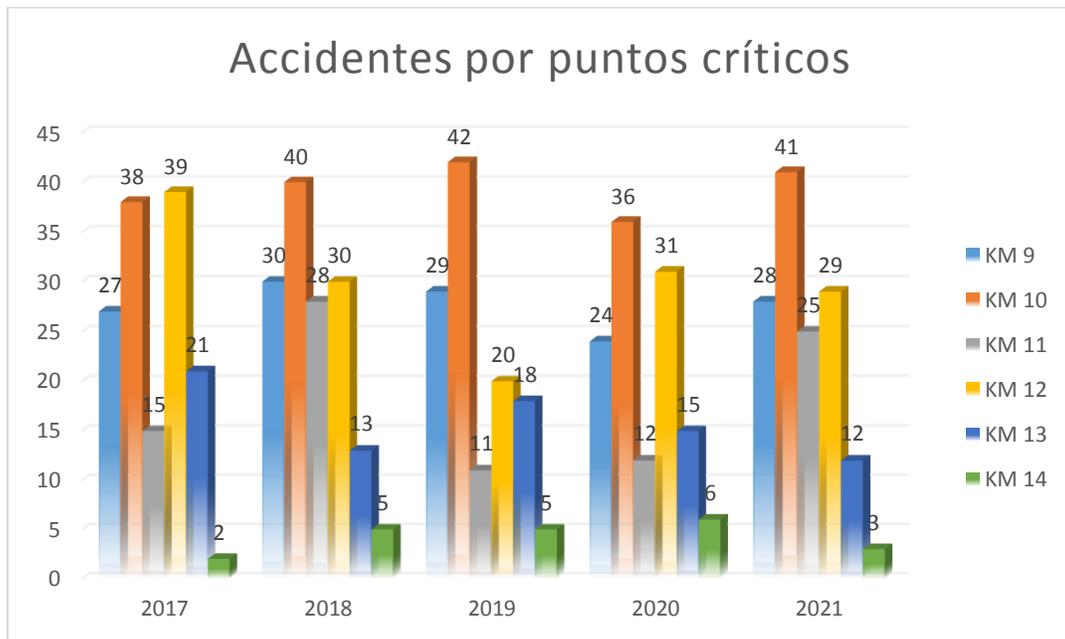
Accidentes						
Ubicación	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Km 9	27	30	29	24	28	138
Km 10	38	40	42	36	41	197
Km 11	15	28	11	12	25	91
Km 12	39	30	20	31	29	149
Km 13	21	13	18	15	12	79
Km 14	2	5	5	6	3	21
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>146</b>	<b>125</b>	<b>124</b>	<b>138</b>	<b>675</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional.

Teniendo en cuenta la definición de punto crítico anteriormente mencionada, vemos que por cada año se sobrepasa el número mínimo de accidentes y que desde el Km 9 donde comienza nuestro estudio hasta el Km 14 donde finaliza tenemos puntos críticos; para este análisis se tomarán estos conceptos como referencia.

El total de accidentes ocurrieron en puntos críticos, observamos claramente que es un tramo conformado por puntos críticos con necesidades latentes en todos los aspectos.

Gráfico 11 Total de accidentes en puntos críticos, del año 2017 al año 2021.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En el gráfico 11, se observa, por un lado, los accidentes en cada punto crítico desde el año 2017 hasta el pasado 2021, así pues, a la derecha del gráfico las cifras totales correspondientes a cada kilómetro a lo largo del período seleccionado.

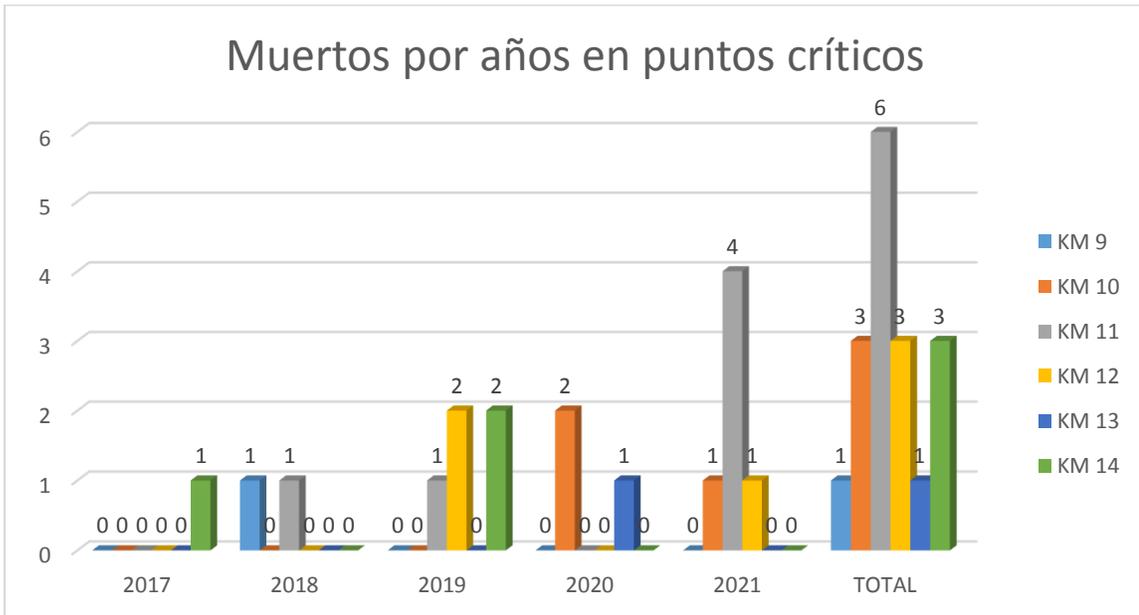
En principio vemos el kilómetro 10, con aproximadamente 200 accidentes en un lapso de 5 años, en segundo lugar, el kilómetro 12 con 149 accidentes y por último el kilómetro 9 con 138, siendo estos tres los de mayor periodicidad.

Tabla 12 Muertos en puntos críticos del km 9 al km14, desde el año 2017 al año 2021.

Muertos						
Ubicación	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Km 9	0	1	0	0	0	1
Km 10	0	0	0	2	1	3
Km 11	0	1	1	0	4	6
Km 12	0	0	2	0	1	3
Km 13	0	0	0	1	0	1
Km 14	1	0	2	0	0	3
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>17</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Gráfico 12 Muertos en puntos críticos del km 9 al km14, desde el año 2017 al año 2021



Fuente: Elaborado por sustentantes.

Gráfico 12, detalla las cifras correspondientes a muertos en cada año por punto crítico.

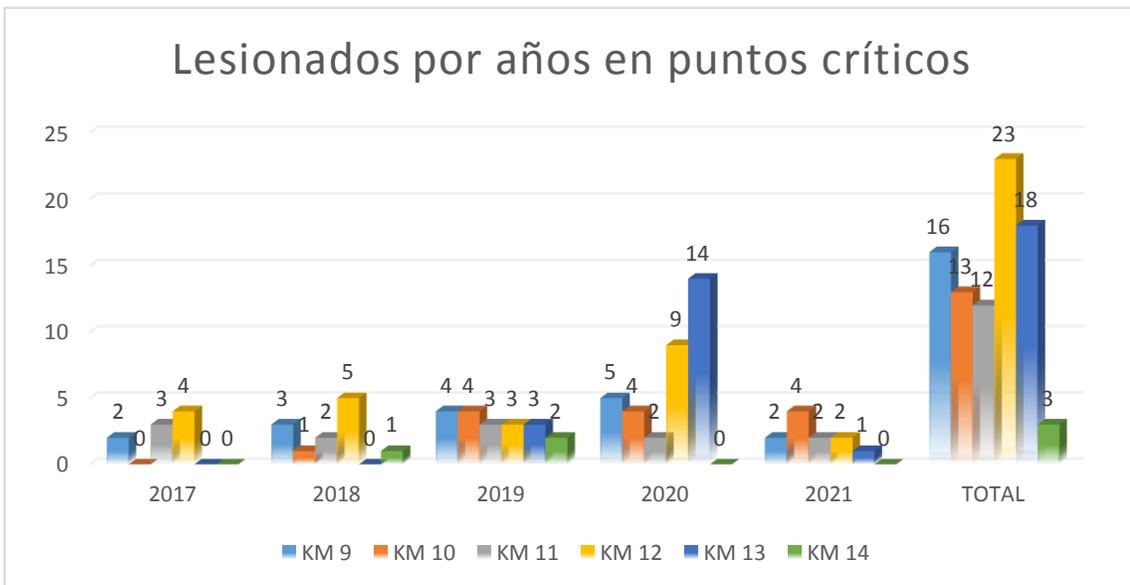
Se observa como aumentan gradualmente al año las víctimas por incidencias, es el año 2021 donde sobresale la cantidad de fallecidos para el kilómetro 11, dejando el Kilómetro 11 y 12 como segundo lugar en cuanto a muertes.

Tabla 13 Lesionados en puntos críticos del km 9 al km14, desde el año 2017 al año 2021.

Lesionados						
Ubicación	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Km 9	2	3	4	5	2	16
Km 10	0	1	4	4	4	13
Km 11	3	2	3	2	2	12
Km 12	4	5	3	9	2	23
Km 13	0	0	3	14	1	18
Km 14	0	1	2	0	0	3
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>34</b>	<b>11</b>	<b>85</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Gráfico 13 Lesionados en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021



Fuente: Elaborado por sustentantes.

Gráfico 13, detalla las cifras correspondientes a lesionados en cada año por Kilómetro.

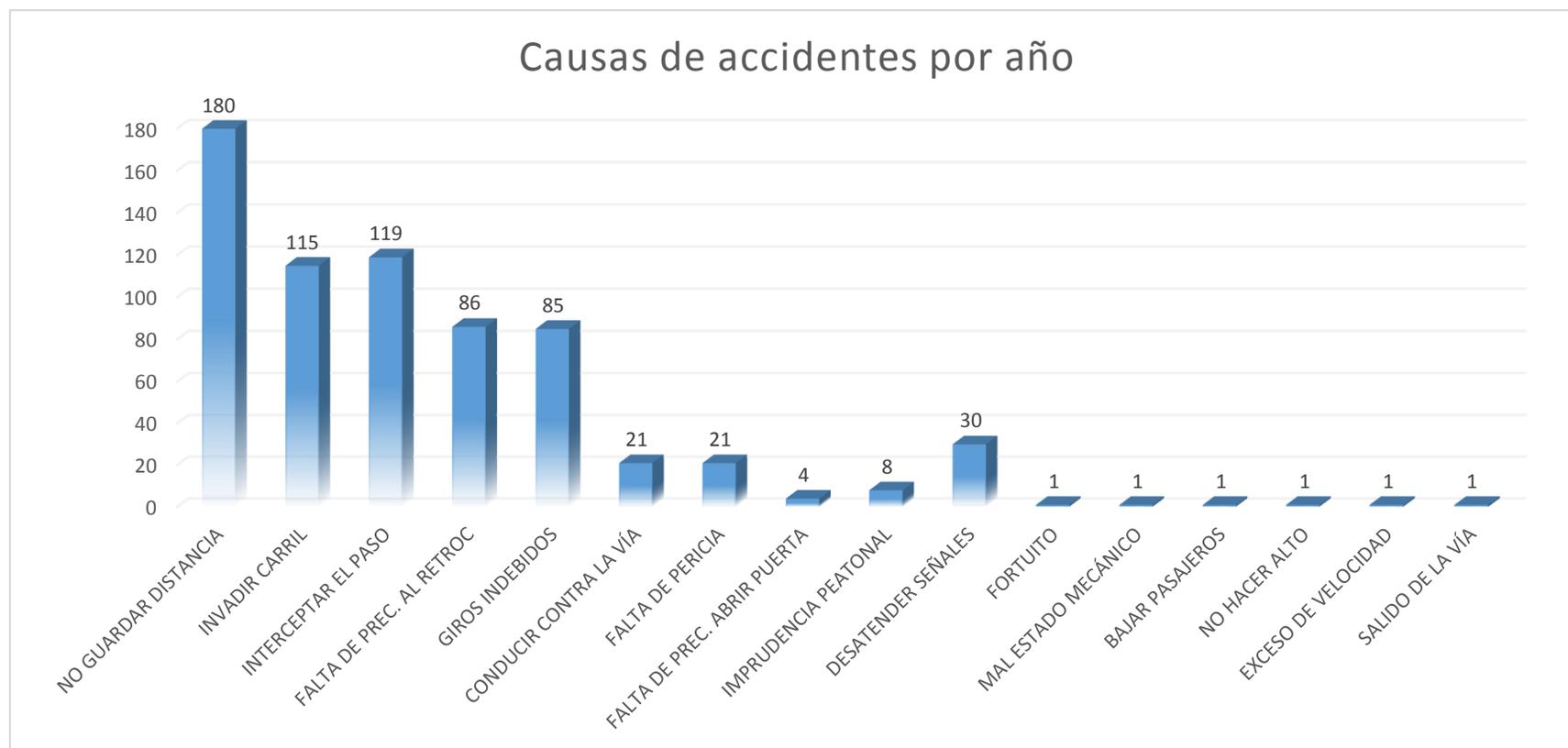
Se observa el comportamiento constante de entre 0-5 lesionados entre el año 2017 y 2019, pero en 2020 las cifras aumentan para todos los puntos, mayormente para el kilómetro 12 y 13, y vemos nuevamente como decrecen los valores en el año 2021.

Tabla 14 Causas de accidentes en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021.

Causas	Total
No guardar distancia	180
Invadir carril	115
Interceptar el paso	119
Falta de precaución al retroceder	86
Giros indebidos	85
Conducir contra la vía	21
Falta de pericia	21
Falta de precaución al abrir puerta	4
Imprudencia peatonal	8
Desatender señales	30
Fortuito	1
Mal estado mecánico	1
Bajar pasajeros	1
No hacer alto	1
Exceso de velocidad	1
Salido de la vía	1
<b>Total</b>	<b>675</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Gráfico 14 Tabla 14 Causas de accidentes en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021.



Fuente: Elaborado por sustentantes

Gráfico 14, nuevamente se reflejan las cifras por causas de accidentes, pero esta vez conociendo los puntos críticos.

Son evidentes las causas que ocupan los primeros puestos, no guardar distancia abarca la cifra más numerosa seguida de invasiones de carril, interceptar el paso y falta de precaución al retroceder de la misma manera que presentamos dichas situaciones al comienzo del capítulo.

Tabla 15 Tipo de accidentes en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021.

Tipo de accidente	Cantidades
Atropello de peatones	11
Accidentes con semoviente	2
Colisión entre vehículos	619
Con objeto fijo	34
Caída de objeto	1
Vuelcos	3
Provocar y darse a la fuga	1
Sin contacto	2
Caída de pasajeros	2
<b>Total</b>	<b>675</b>

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Gráfico 15 Tipo de accidentes en puntos críticos, desde el año 2017 al año 2021



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En el gráfico anterior se muestran los tipos de accidentes más frecuentes en los puntos críticos seleccionados.

Como es notable, el tipo de accidente más relevante por sus cifras es la colisión entre vehículos, llegando casi a los 600 accidentes durante el periodo en estudio, los otros mantuvieron valores bajos y constantes de entre 1 o 2, sin embargo, es en accidente contra un objeto fijo donde únicamente se eleva la cifra a 32 accidentes.

## 2.6 Magnitud del problema.

La población de un sitio es importante a la hora de analizar la accidentalidad, por lo que relacionar dicho parámetro con los accidentes ocurridos, nos permitirá saber que tan peligroso puede ser transitar en el tramo de carretera seleccionado, de esta forma es más favorable analizar la magnitud del problema.

Para este ítem utilizaremos el indicador más común, nos referimos al índice dado por la Población (P), en éste se abarcan, accidentalidad (cantidad de accidentes), morbilidad (cantidad de lesionados) y el de mortalidad (cantidad de muertos), con respecto a la población del sitio, que para fines académicos y debido a que nuestro tramo pertenece a esta localidad, se utilizará la del municipio de Managua y dichos valores serán reflejados por cada 100, 000 habitantes.

La forma de calcular estos valores, será la siguiente:

✚ Índices con respecto a la población

Índice de accidentalidad.

$$I \frac{A}{P} = \frac{\text{Accidentes por año}}{\text{Población actual}} * 100,000$$

(Ecuación 1)

Índice de Morbilidad.

$$I \frac{\text{Morbilidad}}{P} = \frac{\text{Lesionados por año}}{\text{Población actual}} * 100,000$$

(Ecuación 2)

Índice de Mortalidad.

$$I \frac{\text{Mortalidad}}{P} = \frac{\text{Muertos por año}}{\text{Población actual}} * 100,000$$

(Ecuación 3)

Pero para calcular estos índices necesitamos la población actual, ésta se calculará utilizando el último censo realizado en el municipio, mediante la siguiente expresión:

$$Población_{año-n} = Población_{último\ censo} + (Año_n - Año_{censo}) * tasa\ de\ crecimiento$$

(Ecuación 4)

$$tasa\ de\ crecimiento = \frac{Población_{censo\ n} - Población_{censo\ n-1}}{Año_n - Año_{n-1}}$$

(Ecuación 5)

✚ Índices con respecto a la longitud

Índice de accidentalidad.

$$I \frac{Accidentes}{Longitud} = \frac{Accidentes\ por\ año}{5Km} * 100Km$$

(Ecuación 6)

Índice de Morbilidad.

$$I \frac{Morbilidad}{Longitud} = \frac{Lesionados\ por\ año}{5\ Km} * 100\ Km$$

(Ecuación 7)

Índice de Mortalidad.

$$I \frac{Mortalidad}{Longitud} = \frac{Muertos\ por\ año}{5\ Km} * 100\ Km$$

(Ecuación 8)

Realizando los cálculos, mediante el uso de estas ecuaciones, se obtiene:

$$tasa\ de\ crecimiento = \frac{1,496,738\ Habitantes - 1,484,462\ Habitantes}{(2016 - 2015)Año}$$

$$= 12,276\ Habitantes/Año$$

Con el cálculo de la tasa de crecimiento, procedemos a calcular la población actual, mediante el uso de la ecuación 4.

$$Población_{año-2021} = 1,484,462 \text{ Habitantes} + (2021 - 2015) \text{ año} * 12,276 \frac{\text{Habitantes}}{\text{Año}}$$

$$Población_{año-2021} = = 1,558,118 \text{ Habitantes}$$

De esta manera utilizando como referencia el último censo correspondiente al año 2015 proyectamos la población para cada año obteniendo así:

Tabla 16 Población anual del municipio de Managua, 2017-2021.

Estimación de población anual					
	2017	2018	2019	2020	2021
Población (habitantes)	1,509,014	1,521,290	1,533,566	1,545,842	1,558,118

Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE, Sección Población y hechos vitales. página 35)

Según los datos de la tabla 16, la cantidad de habitantes aumenta anualmente, por lo que los accidentes ocurren con mayor frecuencia.

### 2.6.1 Índice de accidentabilidad con respecto a la población

Tabla 17 Accidentes, muertos, lesionados y población influyente en el tramo en estudio.

	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Accidentes</b>	142	146	125	124	138
Muertos	1	2	5	3	6
Lesionados	10	12	17	35	11
Población (habitantes)	1,509,014	1,521,290	1,533,566	1,545,842	1,558,118

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Mediante el uso de la tabla 17, calcularemos el índice de accidentabilidad para cada año, con ayuda de la ecuación 1.

Índice de accidentalidad en el año 2017.

$$I \frac{\text{Accidentalidad}}{\text{Población}} = \frac{142 \text{ Accidentes}}{1509014 \text{ Habitantes}} * 100,000 = 9.41$$

### 2.6.2 Índice de morbilidad con respecto a la población

Igual que el inciso anterior, tomaremos como referencia la tabla 17 y ecuación 2.

Índice de Morbilidad en el año 2017.

$$I \frac{\text{Morbilidad}}{\text{Población}} = \frac{10 \text{ Lesionados}}{1509014 \text{ Habitantes}} * 100,000 = 0.66$$

### 2.6.3 Índice de mortalidad con respecto a la población

Con ayuda de la ecuación 4 y la tabla 17, procedemos a calcular.

Índice de Mortalidad en el año 2017.

$$I \frac{Mortalidad}{Población} = \frac{1 \text{ Muerto}}{1,509,014 \text{ habitantes}} * 100,000 = 0.07$$

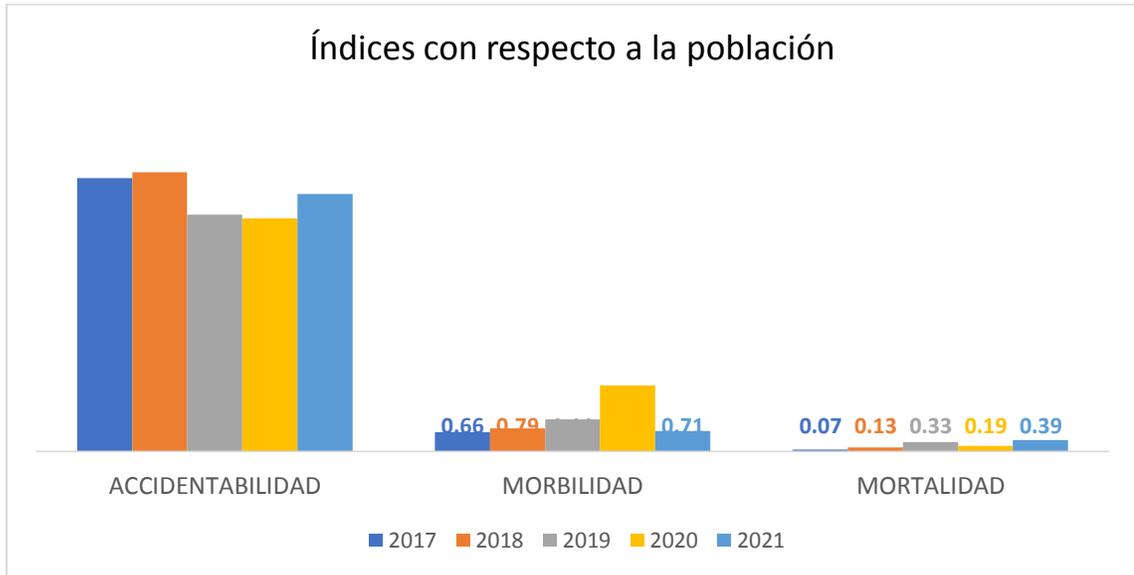
Repetimos este proceso para cada año y obtenemos los datos por año, desde 2017 hasta 2021, representados en la siguiente tabla:

Tabla 18 Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad, con respecto a la población, en tramo Km 9- Km14, Carretera Sur, 2017-2021.

<b>Índices</b>					
	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
Accidentabilidad	9.41	9.60	8.15	8.02	8.86
Morbilidad	0.66	0.79	1.11	2.26	0.71
Mortalidad	0.07	0.13	0.33	0.19	0.39

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Gráfico 16 Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad, con respecto a la población, en tramo Km 9- Km14, Carretera Sur, 2017-2021.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En el gráfico 16, elaborado con ayuda de la tabla 18, se muestra el resumen de los índices anuales calculados, desde 2017, hasta el 2021.

Se logra apreciar el comportamiento creciente del índice de morbilidad teniendo su pico más alto de 2.26 para el año 2020, para la accidentabilidad los índices disminuyeron con respecto al primer año del periodo, teniendo la cifra más baja para el año 2020 de 8.02, finalmente se obtuvo un índice de Mortalidad que se comportó de manera creciente hasta el 2021 con un valor de 0.39, a excepción del 2020 que disminuyó hasta 0.19 es decir que, por cada 100,000 habitantes, hubieron los antes mencionados índices como resultado de los accidentes en el tramo.

#### 2.6.4 Índice de accidentabilidad con respecto a la longitud

Índice de accidentalidad en el año 2017.

$$I \frac{Accidentalidad}{Longitud} = \frac{142 Accidentes}{5 Km} * 100 Km = 2840$$

#### 2.6.5 Índice de morbilidad con respecto a la longitud

Igual que el inciso anterior, tomaremos como referencia la tabla 17 y ecuación 2.

Índice de Morbilidad en el año 2017.

$$I \frac{Morbilidad}{Longitud} = \frac{10 Lesionados}{5 Km} * 100 Km = 200$$

#### 2.6.6 Índice de mortalidad con respecto a la longitud

Con ayuda de la ecuación 3 y la tabla 17, procedemos a calcular.

Índice de Mortalidad en el año 2017.

$$I \frac{Mortalidad}{Longitud} = \frac{1 Muerto}{5 Km} * 100 Km = 20$$

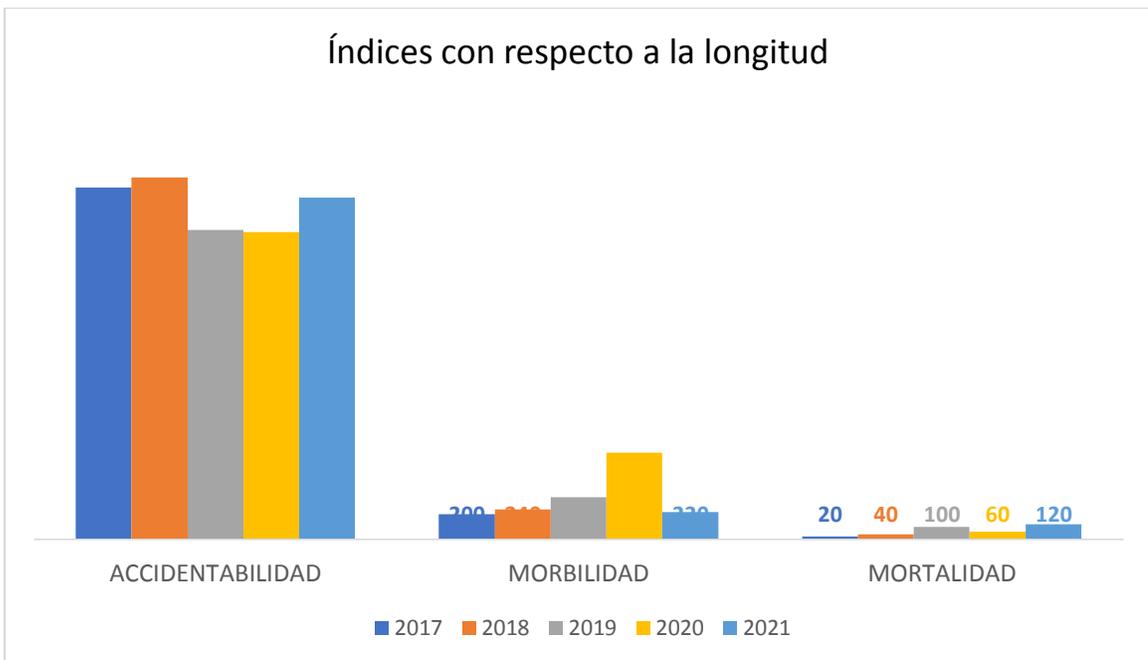
Repetimos este proceso para cada año y obtenemos los datos por año, desde 2017 hasta 2021, representados en la siguiente tabla:

Tabla 19 Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad, con respecto a la longitud, en tramo Km 9- Km14, Carretera Sur, 2017-2021.

Índices					
	2017	2018	2019	2020	2021
Accidentabilidad	2840	2920	2500	2480	2760
Morbilidad	200	240	340	700	220
Mortalidad	20	40	100	60	120

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

Gráfico 17 Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad, con respecto a la longitud, en tramo Km 9- Km14, Carretera Sur, 2017-2021.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En el gráfico 17, elaborado con ayuda de la tabla 19, se muestra el resumen de los índices calculados, por año desde 2017, hasta el 2021.

Nuevamente el año 2020 destaca por su cifra más elevada con respecto a lesionados, en otra instancia los accidentes para ese año fue que disminuyeron notablemente desde una cifra de 2920 hasta 2480, de modo que la mortalidad en este mismo año se redujo 60 unidades, tomando en cuenta que al siguiente año aumentó 120, estos datos fueron obtenidos respectivamente en base a cada 100 Kilómetros, en el tramo del Km 9 al Km 14, Carretera Sur.

Analizando los datos obtenidos y comparando con los datos reales; para 2018, se obtuvo un índice de accidentabilidad de 9.60, es decir 10 accidentes cada 100 mil habitantes. Para la población estimada, serían 144 accidentes en total y para los datos reales una cifra de 146 accidentes; éstos valores coinciden cercanamente.

En el caso de los índices de morbilidad y mortalidad obtuvimos, 0.79 y 0.13, respectivamente, o su equivalente a 12 lesionados y 2 muertos, para la población estimada, que también coincide con los datos reales.

Para el caso de los índices con respecto a la longitud, las cifras varían, ya que para el mismo año (máximo) se obtuvo 2,920 accidentes; es decir, los niveles son bastante considerables para los índices de morbilidad y mortalidad.



# **CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO**

## **CAPITULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO**

### **3.1 Introducción**

Cuando de diseñar, reparar o remodelar una carretera se trata, se necesita de la realización de distintos tipos de estudios los cuales nos brinden la información requerida para identificar los déficits de esta y a su vez saber cómo mejorar su operatividad. Un estudio que es primordial para cualquiera de estas actividades es el estudio de tránsito.

El estudio de tránsito constituye un insumo fundamental para el desarrollo general de los proyectos, el cual comprende cuatro etapas principales: recolección y análisis de la información, modelación de la situación actual, pronósticos del tránsito y evaluación de alternativas.

Su principal objetivo es determinar el flujo vehicular en un tramo de carretera a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito durante periodos de tiempo determinados, para conocer la cantidad de vehículos y la clasificación de los mismos respecto a sus características (peso y dimensiones), este proporciona a su vez datos básicos necesarios para diversos propósitos que mejoran la funcionalidad de la vía.

#### **2.6.7 Estudio de tráfico**

“Un estudio de tráfico tiene como finalidad analizar la movilidad en una zona determinada, contemplando de manera coordinada los diferentes elementos que la componen y simulando la interacción de los nuevos proyectos viales con la red proyectada o existente, realizando un diagnóstico que proporcione soluciones

ajustadas a cada proyecto con el fin de obtener una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente” (Comunicación, Equipo, 2016).

“Así, un estudio de tráfico no sólo se realiza en la nueva construcción o ampliación de vías interurbanas tales como autopistas, autovías o carreteras convencionales, sino que cobra vital importancia cuando se desea construir o ampliar promociones inmobiliarias en ámbitos urbanos tales como centros comerciales, complejos de oficinas, plantas industriales, escuelas, hospitales u otras instalaciones” (Comunicación, Equipo, 2016, pág. 36).

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

- Los desarrollos urbanísticos planificados.
- Los lugares de estudio, sobre todo las intersecciones.
- El tránsito existente, incluyendo peatones y bicicletas, utilizando los aforos existentes, como referencia.
- Días de la semana (laboral, fin de semana), mes del año, años futuros (horizontes temporales a estudiar).
- El crecimiento esperado del tráfico.
- Y la accidentabilidad histórica entre otros.

### **3.1.1 Aforo vehicular**

“Aforar es conocer la cantidad y tipos de vehículos que circulan en un determinado lugar en un tiempo determinado.” (Manual Para la Revisión de Estudios de Tránsito, 2008, pág. 27). Por lo que cabe recalcar que este se refiere al conteo de vehículos realizado durante un periodo de tiempo determinado, con el objetivo de determinar la cantidad de vehículos que efectivamente pasan por un tramo o vía.

### 3.1.2 Volumen de tránsito

Los volúmenes de tránsito siempre estarán referidos a una unidad de tiempo que pueden ser minutos, horas, días, semanas, años etc. esto dependerá de aspectos específicos a través de los cuales pueda examinarse una determinada situación y resolver el tipo de problemas que se presente dentro del fenómeno investigado. (Manual Para la Revi6n de Estudios de Tránsito, 2008, pág. 33)

Por lo antes mencionado, se debe de conocer de manera concreta y como se calculan los siguientes componentes:

### 3.1.3 Volumen (Q) y tasa de Flujo o flujo (q)

El volumen representa una cantidad de vehículos que pasan durante un tiempo determinado y La tasa de flujo o flujo, también conocida como intensidad, es la cantidad de vehículos que pasa por un punto o sección transversal de una vía, se calcula con la siguiente ecuación; (Organización de las Intersecciones Urbanas en la Ciudad de Tarapoto, 2015)

$$Q = \frac{N}{T} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/período).

N: Número total de vehículos que pasan.

T: Período determinado.

### **3.2 Obtención de los volúmenes de tráfico**

El equipo de trabajo decidió bajo la recomendación de la tutora Msc. Ing. Beatriz Tórrez, que el conteo vehicular se realizara en dos puntos a ambos sentidos de la vía, siendo estos el KM 10.5 y el KM 13.5, los cuales son considerados de los más importantes del tramo de carretera en estudio.

Los volúmenes de tránsito por dirección de los movimientos proporcionan los datos básicos que permiten un mejor entendimiento de las particularidades del diseño y funcionamiento de dichos tramos.

De igual forma por recomendación de la tutora y del Cmt. Ing. Freddy Vega, el aforo se realizó por tres días seguidos siendo estos, martes, miércoles y jueves teniendo una duración de 12 horas continuas, partiendo de la 6:00 a.m. hasta la 6 p.m.

Se trabajó con un formato de aforo vehicular proporcionado por el departamento de vías de transporte de la universidad nacional de ingeniería (UNI), en el que se aplica la clasificación establecida por el ministerio de transporte (MTI).

### **3.3 Volúmenes y clasificación**

Los estudios de volúmenes de tránsito y la clasificación vehicular que circula por una vía, son prácticas fundamentales para la determinación de las horas de máxima demanda de un tramo de carretera, los datos que estos nos brindan se recolectaron en campo con el fin de proporcionar información real relacionada al movimiento y comportamiento de los vehículos, sobre secciones específicas del sistema vial de carretera que se estudió.

El formato utilizado para el aforo cuenta con 3 clasificaciones, las cuales cuentan con su propia sub-clasificación, esto con el fin de tipificar los vehículos que recorren el tramo en estudio.

- Vehículos de pasajeros: Vehículos livianos, autobuses.
- Vehículos de carga: Camiones, tráiler articulado, camión remolque.
- Otros vehículos pesados: Construcción, agrícolas, otros.

### **3.3.1 Volumen horario de máxima demanda (VHMD)**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de una vía durante 60 minutos consecutivos; representa el periodo de máxima demanda que se registra durante un día. Es el representativo de los períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

### **3.3.2 Factor hora de máxima demanda (FHMD)**

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo período máximo. En cualquiera de estos casos, es importante conocer lo máximo, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos períodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora. Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo ( $q_{max}$ ), que se presenta durante un período dado dentro de dicha hora. (Organización de las Intersecciones Urbanas en la Ciudad de Tarapoto, 2015)

Los períodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose éste último con mayor frecuencia. Los conteos se realizaron durante tres días en cada estación, tomando en cuenta para el estudio sólo el día más crítico en cada punto, como detalla siguiente tabla.

Tabla 20 Volúmenes de tráfico obtenidos en campo, Km 10.5 y Km 13.5, Carretera Sur.

Estación	Martes 04/05/2022		Miércoles 05/05/2022		Jueves 06/05/2022	
	Sur-norte	Norte-sur	Sur-norte	Norte-sur	Sur-norte	Norte-sur
10+500	9014	8012	10334	6558	8594	7810
13+500	6169	5473	6472	5298	6093	5433
<b>Total</b>	<b>28668</b>		<b>28662</b>		<b>27930</b>	

Fuente: Departamento de Ingeniería Vial, Policía Nacional

En la tabla 20 podemos apreciar que la estación con mayor flujo vehicular es la ubicada en el KM 10+500 y que el día en el que se contabilizó la mayor cantidad de vehículos fue el día martes con un valor de 28,668 vehículos por día.

### 3.4 Factor hora de máxima demanda.

El factor hora de máxima demanda se determinó con la sumatoria de los volúmenes de tráfico y de esta forma observar la hora con mayor circulación por el tramo.

Para determinar el Factor Hora de Máxima demanda (FHMD) se empleó la siguiente ecuación:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * V_{15}}$$

(Ecuación 10)

Donde:

FHMD: Factor Hora Máxima Demanda.

VHMD: Volumen hora Máxima Demanda.

V15: volumen de mayor demanda durante 15 minutos.

### 3.4.1 Volúmenes de tránsito en estaciones de aforo.

#### 3.4.1.1. Volumen de tránsito en Km 10.5 Carretera Sur

Tabla 21 Volúmenes de tráfico máximo, en un período de 1 hora y 15 minutos, en Km 10.5, Carretera Sur.

Consolidado km 10.5 carretera sur					
Fecha	Sentido	Periodo máxima demanda	Vol. Máx demanda (veh)	Periodo 15 min	Vol. Máx (veh)
Martes 04/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1536	7:30am-7:45am	419
Miércoles 05/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	2016	7:15am-7:30am	677
Jueves 06/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1393	7:15am-7:30am	423
Martes 04/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	1265	5:45pm-6:00pm	355
Miércoles 05/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	1064	5:30pm-5:45pm	294
Jueves 06/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	1083	4:45pm-5:00pm	287

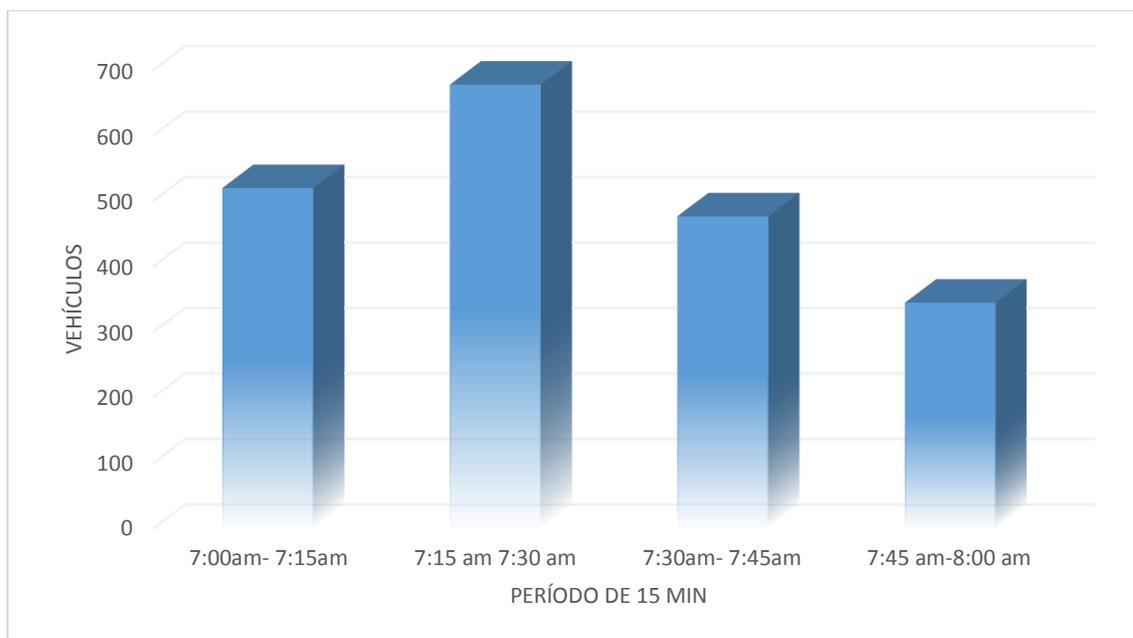
Fuente: Elaborado por sustentantes.

Como se observa en la tabla 21, la hora con mayor circulación es entre las 7 y 8 de la mañana, con un total de 2016 vehículos por hora y en el periodo de 15 minutos, es de las 7:15 a las 7:30 de la mañana, con un total de 677 vehículos, por lo cual con ayuda de la ecuación 1 y con estos datos, procedemos a calcular el factor hora máxima demanda, para el punto señalado

$$FHMD = \frac{2016 \text{ veh\u00edculos}}{4 * 677 \text{ Veh\u00edculos}} = 0.74$$

Es necesario saber que el m\u00e1ximo valor que puede alcanzar el FHMD es la unidad, lo que significa que existe una distribuci\u00f3n uniforme de flujos m\u00e1ximos dentro de la hora, cuanto m\u00e1s inferior a la unidad sea el valor de FHMD indica que existen concentraciones de flujos m\u00e1ximos en periodos cortos dentro de la hora.

Gr\u00e1fico 18 Vol\u00famenes de tr\u00e1fico en hora de m\u00e1xima demanda, cada 15 minutos, Km 10.5 Carretera Sur.



Fuente: Elaborado por sustentantes

El volumen de tr\u00e1fico con mayor n\u00famero de veh\u00edculos en circulaci\u00f3n se presenta entre las 7:15 am y las 7:30 am, si bien es f\u00e1cil de apreciar el aumento gradual de \u00e9ste una vez cumplidas las 7 de la ma\u00f1ana y el descenso del mismo una vez pasado el periodo de m\u00e1xima demanda.

### 3.4.1.2. Volumen de tránsito Km 13.5 Carretera Sur (Monte Tabor).

Tabla 22 Volúmenes de tráfico máximo, en un período de 1 hora y 15 minutos, en Km 13.5, Carretera Sur.

Aforo vehicular, km 13.5 carretera sur					
Fecha	Sentido	Periodo máxima demanda	Vol. Máx demanda (veh)	Periodo 15 min	Vol. Máx (veh)
Martes 04/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1050	6:45 am- 7:00 am	317
Miércoles 05/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1158	7:30am- 7:45am	331
Jueves 06/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1118	7:00am- 7:15am	313
Martes 04/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	824	5:30pm- 5:45pm	234
Miércoles 05/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	888	5:30pm- 5:45pm	228
Jueves 06/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	879	5:30pm- 5:45pm	247

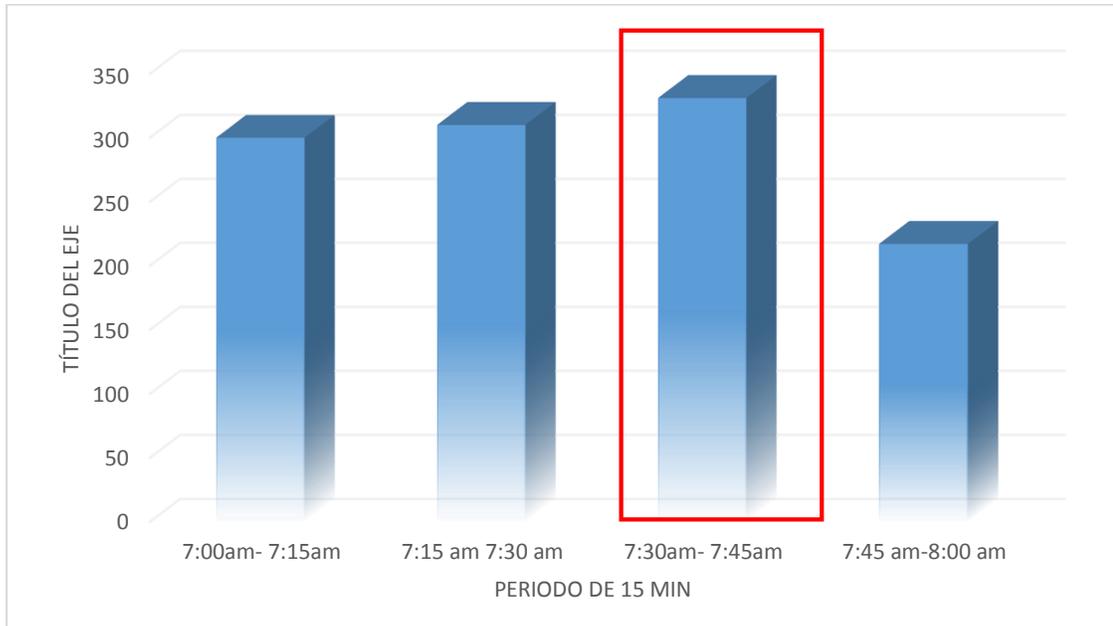
Fuente: Elaborado por sustentantes.

Como se observa en la tabla 22, la hora con mayor circulación es entre las 7 y 8 de la mañana, con un total de 1158 vehículos por hora y en el periodo de 15 minutos, es de las 7:30 a las 7:45 de la mañana, con un total de 331 vehículos, por lo cual con ayuda de la ecuación 1 y con estos datos, procedemos a calcular el factor hora máxima demanda, para el punto señalado.

$$FHMD = \frac{1158}{4 * 331} = 0.8$$

Considerando nuevamente que el factor solo puede alcanzar la unidad como valor máximo, el FHMD calculado indica que efectivamente existen concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

Gráfico 19 Volúmenes de tráfico en hora de máxima demanda, cada 15 minutos, Km 13.5 Carretera Sur.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

### 3.1. Niveles de servicio

El nivel de servicio se define como la calidad del servicio que ofrece la vía a sus usuarios, que se refleja en grado de satisfacción o contrariedad que experimentan al usar la vía. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo de tránsito y de su percepción por conductores y/o pasajeros de acuerdo a factores como la velocidad, tiempo de recorrido. Libertad de maniobra, etc. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010 AUTOPISTAS, 2015, pág. 10)

#### 3.1.1. Descripción de los niveles de servicio

Los niveles de servicio se han definido de forma tal que representen rangos razonables de las tres variables: velocidad de marcha, densidad y volumen equivalente. La forma general de las curvas típicas de velocidad-densidad-volumen requiere que a medida que el nivel de servicio se desplaza de A hacia F,

el rango de las densidades y velocidades abarcadas por cada nivel se haga mayor, mientras que los rangos correspondientes a los volúmenes se hacen menores.

A continuación, se describen en forma general las condiciones de operación:

#### 3.5.1.1. Nivel de servicio A:

Describe operaciones con flujo libre.

Estas condiciones proporcionan al conductor un elevado nivel de confort físico y psíquico. En caso de pequeños incidentes o interrupciones, si bien se produce un deterioro local del nivel de servicio, no se forman colas y rápidamente se vuelve al nivel A una vez finalizada la alteración.

#### 3.5.1.2. Nivel de servicio B:

Representa condiciones razonables de flujo libre.

Las maniobras dentro de la corriente de tránsito se pueden realizar con pocas restricciones y aún es elevado el grado de confort del conductor. Los pequeños incidentes se absorben rápidamente si bien el deterioro local del nivel de servicio puede ser mayor que en el caso del nivel A.

#### 3.5.1.3. Nivel de servicio C

Proporciona operaciones estables, pero el volumen se aproxima al rango en el cual pequeños incrementos de volumen producen una importante reducción en el nivel de servicio. Existen restricciones significativas en las maniobras, y el cambio de carril requiere un cuidado adicional por parte del conductor. Se incrementa la tensión del conductor ya que debe aumentar su atención para operar con seguridad.

#### 3.5.1.4. Nivel de servicio D

Este nivel limita con el flujo inestable.

En este rango, pequeños incrementos de volumen provocan importantes deterioros en el servicio. Existe una limitación severa en la posibilidad de maniobrar, y se reduce drásticamente el nivel de confort físico y psíquico del conductor.

#### 3.5.1.5. Nivel de servicio E

El límite entre el nivel E y F corresponde a la operación en capacidad.

Las operaciones son muy inestables ya que prácticamente no hay espacios libres en la corriente. Los vehículos están separados con la mínima distancia para la cual se puede desarrollar un flujo estable. Cuando se da lugar a cualquier vehículo que entra o cambia de carril, la interferencia se propaga corriente arriba. En la capacidad no se pueden disipar ni aún las más pequeñas interferencias. Cualquier incidente produce una detención importante y la formación de cola. La maniobrabilidad está limitada substancialmente, y el conductor posee un nivel de confort reducido.

#### 3.5.1.6. Nivel de servicio F

Corresponde a flujo forzado o interrumpido.

Estas condiciones generalmente existen dentro de las colas formadas por interrupciones. Estas interrupciones se producen por diversas causas:

a. Los incidentes de tránsito provocan una reducción temporaria de la capacidad en tramos cortos, de tal modo que la cantidad de vehículos que arriban al lugar es mayor que la cantidad de vehículos que lo atraviesan.

b. Existen puntos reiterados de congestión, tales como áreas de convergencia, o entrecruzamiento, y carriles de salida, donde el número de vehículos que arriban es mayor que el número de vehículos que cruzan el lugar.

c. Para el caso de estudios futuros representa un problema cualquier lugar en el cual el volumen equivalente de la hora pico proyectado (u otro), excede la capacidad estimada.

Es de hacer notar que en todos los casos la detención se produce cuando la relación del tránsito que realmente llega con relación a la capacidad existente o el tránsito proyectado con relación a la capacidad estimada es mayor que 1.00. Las operaciones en ese punto serán en o estarán muy cerca de la capacidad y la operación corriente abajo será mejor a medida que los vehículos pasan el cuello de botella (suponiendo que no existan problemas adicionales corriente abajo). Las operaciones en N de S F que se observan en una cola son el resultado de una detención o cuello de botella corriente abajo. Por lo tanto, la designación "N de S F" se usa tanto para identificar el punto de detención o cuello de botella como para operaciones en la cola que se forma detrás del mismo.

La extensión de la cola y las demoras causadas por la misma son de gran importancia para el análisis de tramos congestionados de autopista. Existe una metodología para estimar la longitud de la cola y las demoras detrás de un cuello de botella conociendo las relaciones entre la llegada y la partida del mismo. El procedimiento permite una cuantificación grosera de la extensión de la congestión originada por una situación de N de S F.

Para describir los niveles de servicio, existen términos y factores que influyen, de los cuales podemos mencionar: la velocidad, tiempo transcurrido, la comodidad, la seguridad vial, entre otros.

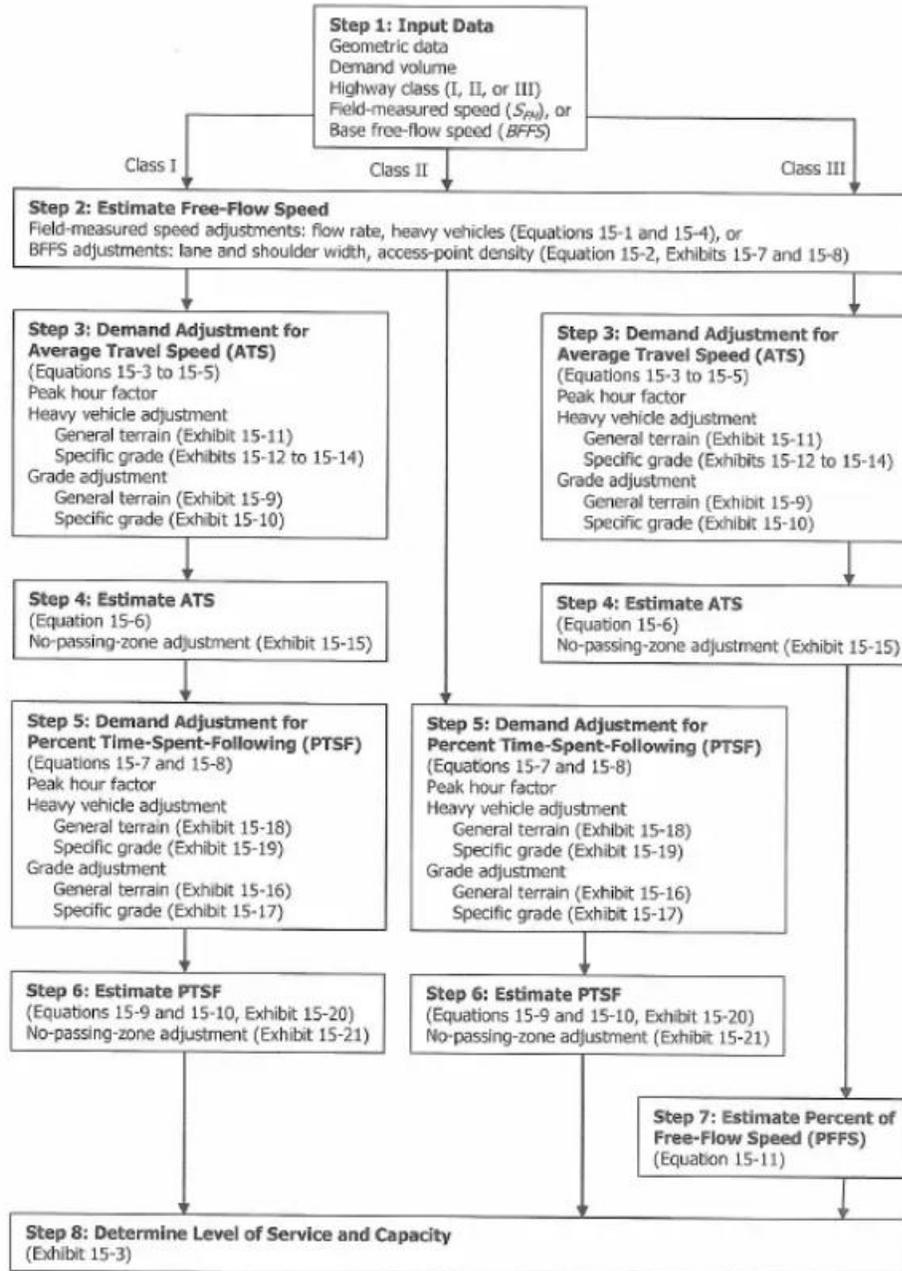
Los factores se clasifican en internos y externos, los internos son aquellos que están relacionados en el cambio de la velocidad, en el volumen de tráfico, en la estructura del tránsito, etc. En el caso de los externos, podemos mencionar las características propias de la vía, tales como el ancho de carril, derecho de vía, bombeo, las pendientes, etc. Los niveles de servicio ya han sido descritos anteriormente, por lo que en dicha descripción vemos que van del “A” con las mejores condiciones, al “F”, con las condiciones menos favorable.

### **3.5.2. Criterio de análisis de capacidad y niveles de servicio.**

Con fines metodológicos, tenemos que definir un punto de partida, así de esta forma se logrará poner en práctica los conceptos contemplados en el High Capacity Manual 2010, para definir capacidad y niveles de servicio, estos aspectos serán:

1. La capacidad y el flujo vehicular, presenta una variación constante entre tipología de vehículos, es decir que la variedad se mezcla en el transcurso del tiempo. Para éste estudio, se realizó el cálculo de nivel de servicio, en 2 puntos, ya que el tramo presenta una variación de pendiente a lo largo de éste, dichos puntos de referencia son Km 10.5 y Km 13.5.

Ilustración 3 Diagrama de flujo para determinar los niveles de servicio, autopistas de dos carriles



Fuente: Highway Capacity Manual 2010. Lamina 15-6, página.15-13

Para las características propias de la carretera, se utilizaron los elementos de diseño geométrico de carreteras del Manual Centroamericano 2011, SIECA, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Ilustración 4 Elementos de Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales

No.	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES			COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales	
1	TPDA, vehículos promedio diario	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3,000-500	
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75	
3	Factor de Hora Pico, FHP	0.92	0.92	0.95-0.91	0.92	0.85	
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB15	
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M	
6	Velocidad de Diseño o Directriz, km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50	
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2	
8	Ancho de Carril, metros	3.6	3.6	3.6	3.3-3.6	3.3	
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 0.5 - 1.0 Ext: 1.2 - 1.8	Ext: 1.2 - 1.5	Ext: 1.2 - 1.5	
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.-Grava	
11	Dist.de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110	
12	Dist. de Visib. Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480	
13	Radio Min. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195	
14	Maximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53' - 3°25'	8°29' - 4°35'	12°44' - 5°53'	12°44' - 5°53'	
15	Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	6	8	8	10	10	
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10	10	10	
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	2-5	2-5	2-5	2-5	2-5	
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1	
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44	HS20-44	
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30	
22	Ancho de Mediana, metros	4-12	4-10	2-6	-	-	
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D	
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control	
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR	

Fuente SIECA 2011, Cuadro 1, página 13.

Las características propias de la vía, obtenidas por levantamiento en campo y a utilizar, son las siguientes:

Tabla 23 Características de la vía, tramo comprendido entre Km 9 al Km 14, Carretera Sur.

Datos propios de la vía	Tramo desde Km 9 al Km 10.5		Tramo desde Km 10.5 al Km 14		Referencia
	N-S	S-N	N-S	S-N	
<b>Sentido</b>	N-S	S-N	N-S	S-N	
<b>Ancho de Carril (m)</b>	3.21	3.21	3.21	3.21	Según Levantamiento
<b>Ancho de Hombro (m)</b>	0.98	0.98	1.65	1.65	Según Levantamiento
<b>Restricción de aventajamiento</b>	100%	100%	100%	100%	Según Levantamiento

Fuente: Elaborado por sustentantes.

## Paso 2. Determinación de la velocidad a flujo libre

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

(Ecuación 11)

Donde:

FFS: Velocidad a flujo libre (mi/h).

BFFS: Velocidad a flujo libre básica (mi/h).

FLS: Factor de ajuste por ancho de hombros (mi/h).

FA: Factor de ajuste por densidad de puntos de acceso (mi/h).

- Velocidad a flujo libre básica

$$BFFS = \text{Velocidad de diseño} + \text{ajuste}$$

(Ecuación 12)

$$BFFS = 37.3 \frac{mi}{h} + \frac{10mi}{h} = 47.3 \frac{mi}{h}$$

Este valor indica la velocidad promedio a la que viajara un vehículo en condiciones ideales, como sin congestionamiento.

- Factor de ajuste por ancho de hombros

Para la obtención de este factor, se utilizará el valor de ancho de hombros y de ancho de carril, reflejados en la tabla siguiente:

Ilustración 5 Factor de Ajuste por Ancho de Hombros ( $f_{LS}$ )

Lane Width (ft)	Shoulder Width (ft)			
	≥0 <2	≥2 <4	≥4 <6	≥6
≥9 <10	6.4	4.8	3.5	2.2
≥10 <11	5.3	3.7	2.4	1.1
≥ 11 <12	4.7	3.0	1.7	0.4
≥12	4.2	2.6	1.3	0.0

Fuente: Capítulo 15, anexo 15-7, The Highway Capacity Manual 2010.

- Factor de ajuste por densidad de puntos de acceso

Éste factor se calcula mediante el número de intersecciones presentes en el tramo, dividido entre la longitud de el mismo, en éste caso el tramo no presenta intersecciones, por lo tanto, el  $F_A=0$  mi/h

Ilustración 6 Factor de ajuste por densidad de puntos de acceso ( $f_A$ )

Access Points per Mile (Two Directions)	Reduction in FFS (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
40	10.0

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Fuente: Capítulo 15, anexo 15-8, The Highway Capacity Manual 2010.

Luego de haber calculado cada dato necesario, procedemos a calcular la velocidad a flujo libre ( por sus siglas en ingles free flow speed), obteniéndose:

$$FFS = 47.3 \frac{mi}{h} - 3.7 \frac{mi}{h} - 0 \frac{mi}{h} = 43.6 \frac{mi}{h}$$

En otras palabras, esta es la velocidad promedio a la que los conductores tienden a conducir sin restricciones ni demoras, una velocidad alta.

### **Paso 3. Ajuste al volumen de demanda por velocidad promedio (ATS)**

Los volúmenes de demanda en ambas direcciones, deben convertirse en el flujo vehicular bajo condiciones de base equivalentes.

$$v_{i-ATS} = \frac{V_i}{PHF * f_{\&,ATS} * f_{HV,ATS}}$$

(Ecuación 13)

Donde:

$v_{i-ATS}$ : Porcentaje de flujo de demanda  $i$  para calcular la velocidad media ATS (pc/h).

$i$ : “d” (análisis en la dirección) ó “o” (dirección opuesta).

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

$F_{\&,ATS}$ : Factor de grado de ajuste.

$F_{HV,ATS}$ : Factor de ajuste por vehículos pesados.

PHF: Factor de hora pico.

- Factor de grado de ajuste ( $F_{\&,ATS}$ )

En este punto se utilizará el volumen de máxima demanda, en una dirección.

$$V_{vph} = \frac{VMD}{PHF}$$

(Ecuación 14)

$$V_{vph} = \frac{(2016)}{0.74} = 2724 \text{ veh/h}$$

El valor obtenido se encuentra dentro del rango mayor a 900, y tanto para terreno plano, como terreno ondulado, el factor de grado de ajuste, será igual a 1.00.

- Factor de ajuste por vehículos pesados ( $F_{HV, ATS}$ ).

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

(Ecuación 15)

Donde:

$F_{HV, ATS}$ : Factor de ajuste por vehículos pesados, para calcular la velocidad de desplazamiento promedio (ATS)

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

PR: Porcentaje de RVs (vehículos de recreación) en el flujo vehicular (decimal).

ET: Equivalente de vehículos de pasajeros por vehículos pesados.

ER: Equivalente de vehículos de pasajeros por RV.

El valor PR, corresponde a vehículos recreativos y como en Nicaragua no existen, no se tomará en cuenta, en el caso de los valores ER y ET se encuentra mediante el uso de la ilustración siguiente:

Ilustración 7 Factores equivalentes de vehículos pesados (ET) y recreativos (ER), según ATS.

Vehicle Type	Directional Demand Flow Rate, $v_{vph}$ (veh/h)	Level Terrain and Specific Downgrades		Rolling Terrain
Trucks, $E_T$	≤100	1.9		2.7
	200	1.5		2.3
	300	1.4		2.1
	400	1.3		2.0
	500	1.2		1.8
	600	1.1		1.7
	700	1.1		1.6
	800	1.1		1.4
	≥900	1.0		1.3
RVs, $E_R$	All flows	1.0		1.1

Note: Interpolation to the nearest 0.1 is recommended.

Fuente: Capítulo 15, anexo 15-11, The Highway Capacity Manual 2010.

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior, se obtiene:

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + 0.086(1 - 1) + 0(1 - 1)} = 0.975$$

Con los valores del factor de ajuste por vehículos pesados y factor de grado de ajuste, procedemos a calcular el volumen de demanda por velocidad promedio:

$$v_{i-ATS} = \frac{2016}{0.744 * 0.975 * 1} = 2,778 \text{ veh/h}$$

El volumen de demanda por velocidad promedio, debe de calcularse para ambas direcciones.

$$v_{d-ATS} = 2778 \text{ veh/h}$$

$$v_{o-ATS} = 1453 \text{ veh/h}$$

#### **Paso 4. Cálculo de la velocidad promedio (ATS)**

La ecuación que se utiliza para este cálculo, es la siguiente:

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{i,ATS}) - F_{np,ATS}$$

(Ecuación 16)

Donde:

ATS<sub>d</sub>: Velocidad promedio de marcha en la dirección analizada (mi/h)

FFS: Velocidad a flujo libre (mi/h)

V<sub>d,ATS</sub>: porcentaje de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección de análisis (pc/h)

V<sub>i,ATS</sub>: porcentaje de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección opuesta (pc/h)

F<sub>np,ATS</sub>: Factor de ajuste para determinar el porcentaje de zonas de no rebase en la dirección de análisis.

La velocidad a flujo libre (FFS), ya fue calculada mediante el empleo de la ecuación en el paso número 1, los porcentajes de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección de análisis y opuesto, igualmente fueron calculados en el paso anterior.

En el caso del factor de ajuste para determinar el porcentaje de zonas de no rebase en la dirección de análisis, se obtiene interpolando el valor en la ilustración siguiente:

Ilustración 8 Factor de ajuste por zonas de no rebase (Fnp,ATS)

FFS = 50 mi/h					
≤100	0.2	0.7	1.9	2.4	2.5
200	1.2	2.0	3.3	3.9	4.0
400	1.1	1.6	2.2	2.6	2.7
600	0.6	0.9	1.4	1.7	1.9
800	0.4	0.6	0.9	1.2	1.3
1,000	0.4	0.4	0.7	0.9	1.1
1,200	0.4	0.4	0.7	0.8	1.0
1,400	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8
≥1,600	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
FFS ≤ 45 mi/h					
≤100	0.1	0.4	1.7	2.2	2.4
200	0.9	1.6	3.1	3.8	4.0
400	0.9	0.5	2.0	2.5	2.7
600	0.4	0.3	1.3	1.7	1.8
800	0.3	0.3	0.8	1.1	1.2
1,000	0.3	0.3	0.6	0.8	1.1
1,200	0.3	0.3	0.6	0.7	1.0
1,400	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7
≥1,600	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6

Note: Interpolation of  $f_{np,ATS}$  for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

Fuente: Capítulo 15, anexo 15-15, The Highway Capacity Manual 2010.

Mediante el valor (FFS) calculado, el valor de ( $V_{i,ATS}$ ) y el porcentaje de restricción de rebase (100%), dando como resultado un valor igual a 0.600.

Calculando:

$$ATS_d = 43.6 - 0.00776(2778 + 1453) - 0.6 = 12.86 \frac{mi}{h}$$

**Paso 5. Ajuste en el flujo vehicular por demoras por no rebase PTSF.**

Para determinar el porcentaje de flujo de demanda por el análisis PTSF, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}}$$

(Ecuación 17)

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

(Ecuación 18)

Donde:

$V_{i,PTSF}$ : Porcentaje de flujo de demanda  $i$  para la determinación del porcentaje de demoras.

$i$ : “d”(análisis en la dirección) ó “o” (dirección opuesta)

$f_{g,PTSF}$ : Factor de ajuste por pendiente para determinar el porcentaje de demoras

$f_{HV,PTSF}$ : Factor de ajuste por vehículos pesados para determinar el porcentaje de demoras.

Todas las demás variables están previamente definidas.

El valor de ET, lo obtenemos de la Ilustración 14, utilizando el grado de ajuste ( $f_{g,PTSF}$ ), obteniendo de esta forma un valor  $ET=1$

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + 0.086(1 - 1) + 0(1 - 1)} = 1$$

Como algunos valores coinciden con los anteriores, procedemos a calcular el ajuste en el flujo vehicular por demoras por no rebase.

$$v_{i,PTSF} = \frac{2016}{0.744 * 1 * 1} = 2708 \frac{veh}{h}$$

Igualmente, que se calculó en el ítem anterior, en este, los flujos no son iguales en ambas direcciones.

$$v_{i,PTSF} = 2708 \text{veh/h}$$

$$v_{d,PTSF} = 1420 \text{veh/h}$$

### **Paso 6. Cálculo del porcentaje de demoras siguiendo PTSF.**

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} \left( \frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{i,PTSF}} \right)$$

(Ecuación 19)

Donde:

PTSFd: Porcentaje de demora siguiendo en la dirección analizada.

BPTSFd: Porcentaje base de demora siguiendo en la dirección analizada.

$f_{np,PTSf}$ : Factor de ajuste del porcentaje de demoras siguiendo (PTSF) por el porcentaje de no rebase en el tramo analizado.

$V_{i,PTSf}$ : Porcentaje de flujo de demanda  $i$  para la determinación del porcentaje de demoras en la dirección de análisis.

$V_{d,PTSf}$ : Porcentaje de flujo de demanda  $i$  para la determinación del porcentaje de demoras, en la dirección opuesta.

- Porcentaje base de demora siguiendo en la dirección analizada (BPTSFd).

$$BPTSFd = 100[1 - \exp(av_d^b)]$$

Donde  $a$  y  $b$  son constantes tomadas de la ilustración siguiente:

Ilustración 9 Coeficientes para demoras (PTSF), para calcular BPTSFd.

Opposing Demand Flow Rate, $v_o$ (pc/h)	Coefficient $a$	Coefficient $b$
≤200	-0.0014	0.973
400	-0.0022	0.923
600	-0.0033	0.870
800	-0.0045	0.833
1,000	-0.0049	0.829
1,200	-0.0054	0.825
1,400	-0.0058	0.821
≥1,600	-0.0062	0.817

Note: Straight-line interpolation of  $a$  to the nearest 0.0001 and  $b$  to the nearest 0.001 is recommended.

Fuente: Capítulo 15, anexo 15-20, The Highway Capacity Manual 2010.

Interpolando el valor de  $V_o$ , obtenemos un valor para “ $a$ ” y “ $b$ ” de -0.0062 y 0.817, respectivamente.

$$BPTSFd = 100[1 - \exp(-0.0062 * 2708^{0.817})] = 98.08\%$$

- Porcentaje de demora siguiendo en la dirección analizada

$$PTSF_d = 98.08 + 10.2 \left( \frac{2708}{1420 + 2708} \right) = 104.77\%$$

El porcentaje de demoras será diferente para ambas direcciones.

$$PTSF_i = 92.25\%$$

### Paso 7. Estimación del porcentaje de velocidad a flujo libre (PFFS)

Este paso se omite, ya que es aplicable únicamente a carreteras clase III y como la clasificación en estudio es de clase I.

### Paso 8. Determinación de los niveles de servicio y la capacidad.

Tabla 24 Niveles de servicio para carreteras de dos carriles.

LOS	Class I Highways		Class II Highways	Class III Highways
	ATS (mi/h)	PTSF(%)	PTSF(%)	PFFS(%)
A	>55	<35	<40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75.0-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75.0
E	<40	>80	>85	<66.7

Fuente: capítulo 15, anexo 15-3, The Highway Capacity Manual 2010.

El valor obtenido (ATS) es igual a 12.86 mi/h y el porcentaje de demoras (PTSF) es igual al 104.77%. Entonces entra en el Nivel de Servicio E.

Para el Nivel de Servicio E, significa que la demanda se está acercando a la capacidad. Rebasar en carreteras clase I y II, es prácticamente imposible y el porcentaje de demora siguiendo (PTSF) es más del 80%. Las velocidades disminuyen severamente. En carreteras clase III, la velocidad es inferior a dos

tercios de la velocidad a flujo libre (FFS). El límite inferior de estos niveles de servicio, representa la capacidad.

Capacidad:

$$C_{d,ATS} = 1700 * f_{g,ATS} * f_{HV,ATS}$$

(Ecuación 20)

$$C_{d,PTSF} = 1700 * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}$$

(Ecuación 21)

Donde:

$C_{d,ATS}$ : Capacidad en la dirección de análisis bajo condiciones básicas en la velocidad de desplazamiento promedio (ATS).

$C_{d,PTSF}$ : Capacidad en la dirección de análisis en las condiciones básicas con el porcentaje de tiempo gastado siguiendo (PTSF).

$$C_{d,ATS} = 1700 * 1 * 0.975 = 1657 \frac{veh}{h}$$

$$C_{d,PTSF} = 1700 * 1 * 1 = 1700 \frac{veh}{h}$$

La capacidad en cada dirección es de más de 1600 veh/h, pero según (Highway Capacity Manual 2010) la capacidad bidireccional no puede exceder los 3200 veh/h, por lo que se debe de tomar 1700 veh/h en la dirección con mayor flujo y 1500 veh/h en la otra dirección.

Para determinar la forma en que está operando el tramo, en relación al Nivel E, determinamos la demanda contra la capacidad.

Demanda: 2708 veh/h

$$D/C = \frac{2708 \frac{veh}{h}}{1657 \frac{veh}{h}} = 1.7$$

La demanda excede la capacidad.

Tabla 25 Niveles de servicio y datos, obtenidos.

Valores	Estación			
	9+000-10+500		10+500-14+000	
	Norte-sur	Sur-norte	Norte-sur	Sur-norte
<b>FFS (mi/h)</b>	43.6		44.9	
<b>Vi,ATS (veh/h)</b>	2778	1453	1324	988
<b>ATS (mi/h)</b>	12.86	9.85	27.98	25.80
<b>Vi,PTSF (veh/h)</b>	2708	1420	1356	988
<b>PTSF (%)</b>	104.77	92.25	94.72	81.95
<b>NS(ATS)</b>	E	E	E	E
<b>NS(PTSF)</b>	E	E	E	E
<b>Cd,ATS</b>	1657.388541	1500	1700	1500
<b>Cd,PTSF</b>	1700	1500	1660	1500
<b>D/C (ATS)</b>	167.6%	96.8%	77.9%	65.9%
<b>D/C (PTSF)</b>	159.3%	94.7%	81.7%	65.9%
<b>D/C (PTSF)</b>	159.3%	94.7%	81.7%	65.9%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25, se presentan los datos obtenidos, siguiendo el cálculo estipulado en el High Capacity Manual 2010.

Como se logra apreciar, los datos obtenidos para el Km 13.5 la vía aunque está operando en nivel de servicio tipo E, la demanda no sobrepasa la capacidad, por lo que está funcionando de manera adecuada, pero en el caso del Km 10.5 la demanda excede por mucho a la capacidad y esto significa un congestionamiento en las horas de mayor demanda.



# CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE VELOCIDAD

## **CAPITULO IV: ESTUDIO DE VELOCIDAD**

### **4.1 Introducción**

El estudio de velocidad es un análisis que se realiza para considerar la rapidez de circulación promedio de los vehículos en determinados tramos de carretera. La importancia de la velocidad radica en que, es un elemento básico para el proyecto vial, a fin de que ofrezca seguridad y eficiencia. Ésta debe ser estudiada, regulada y normada con el objetivo de generar armonía entre el usuario, el vehículo y la vía.

El método utilizado fue velocidad entre dos puntos que consiste en medir el tiempo en que un vehículo recorre una distancia determinada. Para la recolección de datos se utilizó un formato de campo donde se especifica el tipo de vehículo, la distancia recorrida y el tiempo.

Este estudio se realizará en tramos de la vía, que se seleccionarán mediante la consideración visual, ya sea de zonas con pendiente próximas a cero, o en tramos rectos, para esto, se calculará la velocidad promedio, haciendo varias observaciones en un mismo punto, con el fin de determinar si los vehículos transitan a la velocidad requerida, de no cumplir; verificar si es ésta una de las causas de accidentes.

El método a utilizar, será el de velocidad de punto, mediante el cual se mide una distancia y el tiempo en que el vehículo se desplaza en dicho tramo seleccionado. Para fines de cálculo, se utilizará la Ecuación 22.

Para la recolección de datos de velocidad en el tramo de estudio, se determinaron los puntos mediante los siguientes criterios:

- Tramos donde se observó que había límite de velocidad
- Tramos en línea recta y con baja pendiente

Los puntos donde se llevó a cabo el estudio de velocidad fueron:

- Estudio de velocidad en el Km 10 ½ Carretera Sur
- Estudio de velocidad en el Km 13 Carretera Sur (Monte Tabor)

Cabe destacar que, para éste estudio, los dos puntos de diferencia se tomaron en ambas direcciones, para así observar un comportamiento más preciso.

La fórmula a utilizar para dicho estudio es de velocidad media, expresada de la siguiente manera:

$$V = \frac{d}{t} \quad \text{(Ecuación 22)}$$

Donde:

V: velocidad en Km/h

D: distancia medida en kilómetros (Km)

t: tiempo, dado en horas (h)

#### **4.2 Estudios de velocidad**

La velocidad es de vital valor para realizar cualquier tipo de estudio de tráfico; es una medida importante de la calidad de servicio que se proporciona al usuario de la vía.

Los estudios de velocidad son realizados con la finalidad de estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en un lugar específico en una carretera y a su vez para cuantificar la eficiencia de un sistema vial.

### **4.3 Estudios de velocidad de punto**

Los estudios de velocidad de punto para un tramo específico de una vía, sirven para determinar las características de la velocidad en dicho tramo bajo las condiciones atmosféricas y de tráfico al momento de realizar dicho estudio. Las velocidades agrupadas en un tiempo y espacio dados, presentan un coeficiente de dispersión alto, por lo que pueden representarse mediante una distribución normal de velocidades que es lo que mejor se acomoda al tipo de datos.

Los estudios de velocidad de punto se aplican para:

- Determinar la tendencia de velocidades de los vehículos en un tramo especificado.
- Determinar la relación entre accidentes y velocidad que pueda ayudar a tomar medidas de corrección para evitar accidentes.
- Establecer límites de velocidad máxima y mínima.
- Determinar longitudes en zonas de rebase prohibido.
- Localizar y definir los tiempos de semaforización.
- Evaluar los resultados de algún cambio efectuado en las condiciones y controles de tránsito existentes.
- Evaluar los efectos de las distribuciones de las velocidades reales en las características de los elementos geométricos de la vía.
- Realizar estudios de investigación sobre capacidades, efecto de obstrucciones laterales en la velocidad, teoría de flujo vehicular.

Dada la incertidumbre que se tiene para caracterizar la población total de velocidades a partir de variables basadas en una muestra, y debido a que todos

los vehículos no viajan a la misma velocidad sino más bien se acomodan a una distribución de velocidades dentro de un intervalo de comparación, se debe utilizar la estadística descriptiva y la inferencia estadística en el análisis de los datos de velocidad de punto.

#### **4.3.1. Estudios de velocidad de recorrido**

Los estudios de velocidad de recorrido sirven para evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito.

En este tipo de estudios juega un rol importante el tiempo total de recorrido en el que, como ya se definió anteriormente, incluye las demoras debidas al tránsito.

#### **4.4 Estudios de campo**

Para la puesta en práctica de estudio, tomamos una muestra equivalente al 20% del TPDA de la estación de conteo más próxima, por el cual procedimos a localizarla y dicha estación es en el Km.10 1/2 Carretera Sur- Entrada al INCAE, estando dentro del tramo en estudio.

Se dio inicio ubicando los puntos donde las pendientes fueran bajas, para dar un mayor control en ambos sentidos, estos puntos fueron en el Km 13 y en el Km 10.5 Carretera Sur; mediante el uso de cinta, medimos 100 metros (equivalentes a la distancia recomendada para el estudio), también cabe recalcar que dichos puntos los límites de velocidad eran máximos, siendo de (60 kph)

Para realizar esta evaluación se seleccionó el 20% correspondiente a 3816, por lo que se dividió la mitad en cada punto y luego la mitad de lo resultante en cada sentido, siendo un total por sentido de 954 vehículos.

Tabla 26 Cantidades de vehículos que exceden y no exceden el límite de velocidad por punto.

Tipología vehicular	Km 10.5 carretera sur				Km 13 carretera sur			
	Norte-sur		Sur-norte		Norte-sur		Sur-norte	
	Excede	No excede	Excede	No excede	Excede	No excede	Excede	No excede
Moto	241	19	208	52	180	80	188	72
Auto	249	16	206	59	177	88	164	101
Jeep/Suv	113	4	73	44	88	29	86	31
Pick-up	138	26	121	43	130	34	119	45
Micro bus	51	4	51	4	44	11	43	12
Mini bus	1	3	2	2	1	3	1	3
Bus	4	5	2	7	0	9	4	5
Camión ligero	40	5	34	11	37	8	42	3
C2	13	0	13	0	4	9	6	7
C3	0	5	3	2	2	3	2	3
T3-S2	18	0	13	5	8	10	8	10
Vehículos agrícolas	0	1	0	1	0	1	1	0
Vehículos de construcción	0	1	0	1	0	1	0	1
Otros	3	0	3	0	3	0	0	3
<b>Sub-total</b>	<b>871</b>	<b>89</b>	<b>729</b>	<b>231</b>	<b>674</b>	<b>286</b>	<b>664</b>	<b>296</b>
							<b>Total</b>	<b>3840</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes

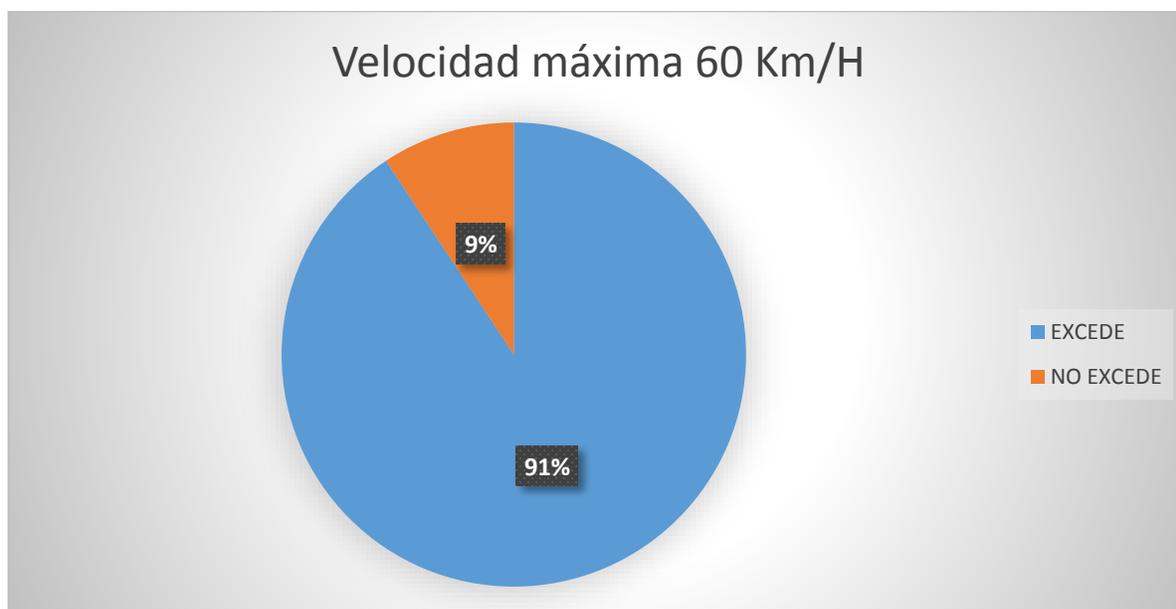
En la tabla 26 se detalla el resumen de los datos obtenidos en campo. Podemos observar claramente que el tipo de vehículo con mayor incidencia de sobrepasar el límite de velocidad son los autos en primer lugar ,seguido de las motocicletas

#### 4.5 Resultados de medición de velocidad

A continuación, se muestra un resumen de los datos levantados según cada estación o punto crítico con límites de velocidad máxima.

La nomenclatura utilizada durante el levantamiento es la siguiente: Autos livianos(A), motos (M), jeeps(J), camionetas(C), buses (B), microbuses (MB), livianos de carga (CL), camiones de carga (C2), camiones de carga pesada(S2) y camiones de carga pesada mayores a tres ejes (otros).

Gráfico 20 Estudio de velocidad km 10.5 en dirección Norte-Sur.

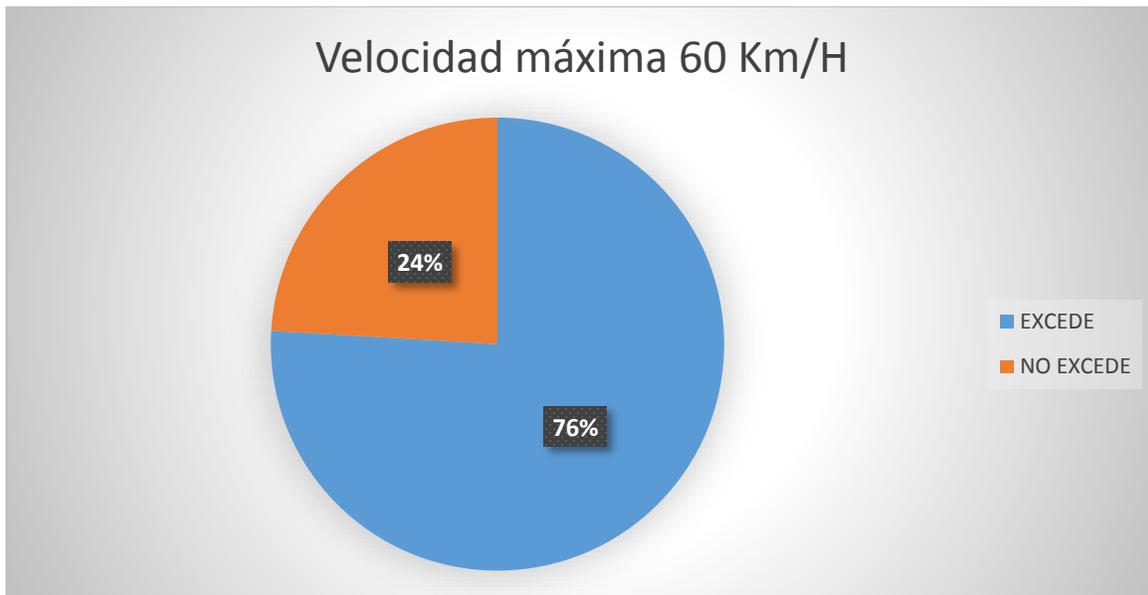


Fuente: Elaborado por sustentantes.

En esta grafica es posible observar que la mayor cantidad de la muestra suele exceder los límites de velocidad establecidos, esta señalización está ubicada previo

a un pase peatonal y a un retorno, por lo tanto planteamos que los conductores evaden totalmente e irresponsablemente las señales establecidas en ese tramo.

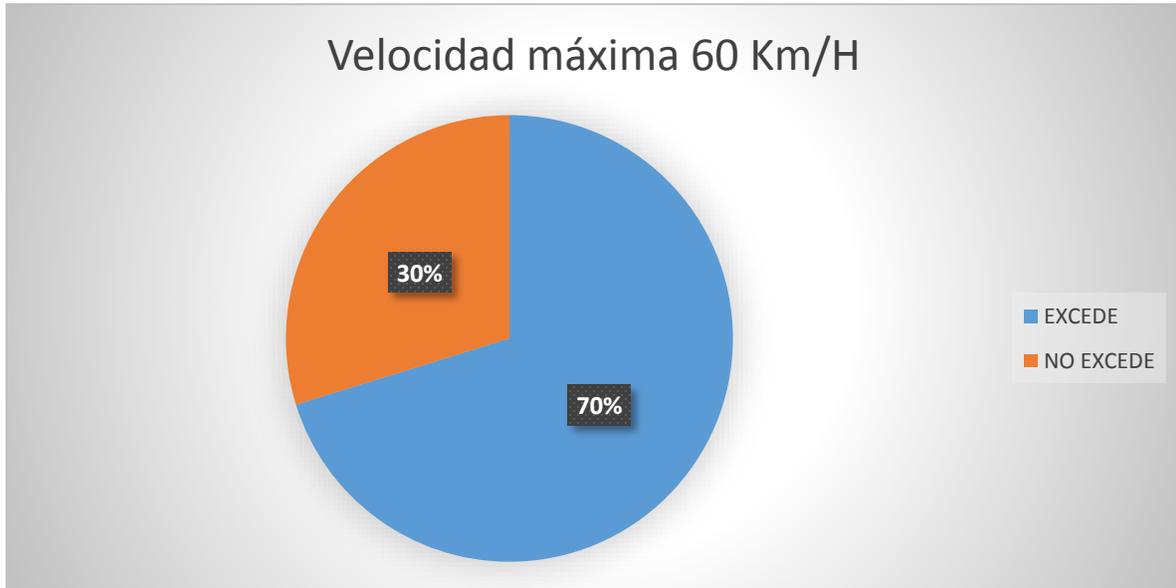
Gráfico 21 Estudio de velocidad km 10.5 en dirección sur-norte.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

A como logramos ver, un 76% de los vehículos que circulaban en dirección Sur-Norte, están por encima de la cifra que no excede, es necesario tomar en cuenta que en ese punto comienza una pendiente descendente prolongadas en dirección Norte, a donde se dirigen los vehículos, por lo tanto, las condiciones de la carretera, de no presenta en esa trayectoria alguna señal de circulación peatonal, e incluso ningún acceso a negocio, incitan al conductor a desplazarse sin problema con velocidades elevadas.

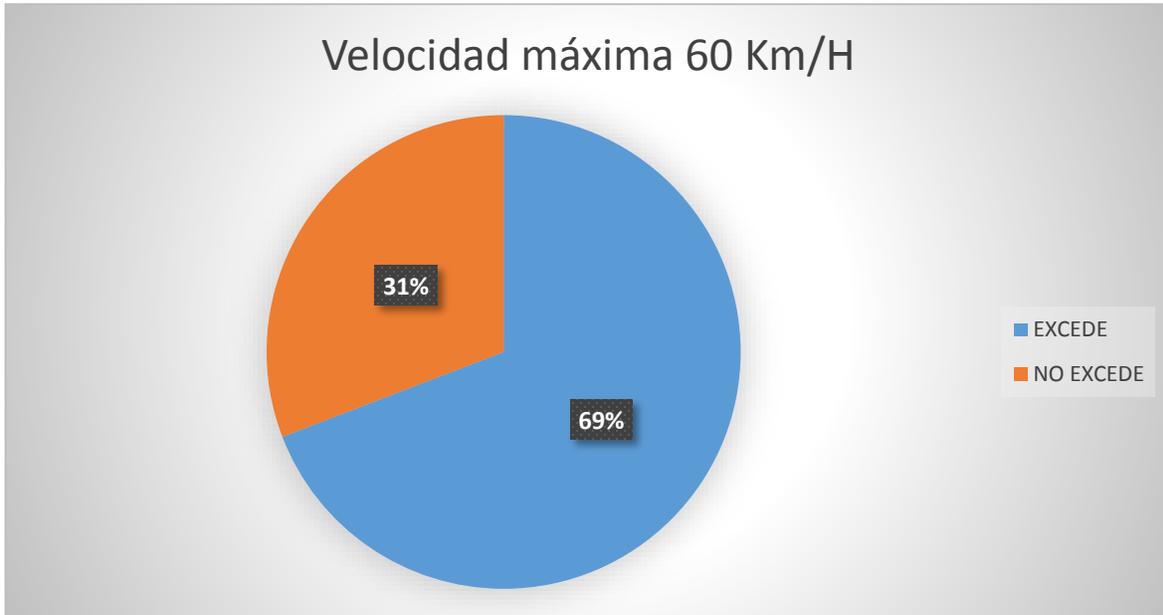
Gráfico 22 Estudio de velocidad Km 13 en dirección norte-sur.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

A como se logra observar en el gráfico anterior para la estación correspondiente al Km 13. El número de vehículos que excede el límite de velocidad disminuye con respecto a la estación anterior, este punto se encuentra posterior a una parada, además de encontrarse acceso a quintas y residenciales, o que hace que cierta cantidad de vehículos transiten con velocidades un poco más bajas.

Gráfico 23 Estudio de velocidad km 13 en dirección sur-norte.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En el gráfico anterior siguen siendo predominantes los vehículos que exceden el límite de velocidad, de igual manera se debe tomar en cuenta que los vehículos se desplazan a mayor rapidez debido a la pendiente descendente del tramo.

A photograph of a road construction site. Several workers in high-visibility yellow and orange vests are visible on a paved road. One worker in the foreground is kneeling, possibly measuring or marking the pavement. The background shows a long, straight road stretching into the distance under a clear sky.

# CAPÍTULO V: INVENTARIO VIAL



## **CAPITULO V: INVENTARIO VIAL**

### **5.1. Introducción**

El inventario vial se realiza como base fundamental en la conformación de un sistema de gestión vial, donde sus resultados permiten dar a conocer la situación actual de una carretera, de esta forma estimar las necesidades de mejoramiento y adecuación en condiciones de movilidad, seguridad y comodidad.

Toda la información obtenida de la elaboración de un inventario vial se convierte en una fuente de datos básicos para realizar cualquier tipo de estudios, planeación de proyectos de infraestructura vial y de transporte con el fin de obtener los detalles actuales acerca del estado de la vía, ya que se registran las características técnicas y físicas de la misma.

La interpretación de la capacidad de la carretera es uno de los principales aspectos que se toman en cuenta o influyen a la hora de realizar un inventario vial, esto depende de las características (ancho y número de carriles, cunetas, Tipos de superficie, tipo de terreno etc) además de los elementos de la vía (alcantarillas, muros, puentes, señalización etc)

Se llevará a cabo una inspección de las condiciones de la vía, mediante el levantamiento de señales de tránsito; tanto horizontales, como verticales. Se localizarán puntos de acceso a centros escolares y centros públicos, zonas de mayor tránsito y de posibles riesgos, características propias de la vía como: paradas de buses, ancho de carriles y drenaje (cunetas, desagües, etc.).

En cuanto a la localización de las distintas características de la vía, utilizaremos cinta métrica de tipo topográfica, tablas para llenar los formatos (Ilustración 6, 7, 8,9, anexo IV) lapiceros, entre otros.

## **5.2 Identificación del tramo en Estudio**

El tramo en estudio se ubica en la carretera Panamericana Sur (NIC-2), la longitud proyectada a inventariar como objetivo de este trabajo es de 5 Km, comprendidos desde el Km 9 terminando en el Km 14. Asimismo, se tomaron en cuenta el carril derecho en dirección Norte-Sur de la vía (Managua- el Crucero) y el carril izquierdo en dirección Sur-Norte de la vía (El crucero -Managua).

## **5.3 Descripción del trabajo de campo**

Para el inventario vial que se realizó en la carretera Sur (NIC-2) partiendo del kilómetro 09 al kilómetro 14, inicialmente se inspeccionó el estado en que se encuentran los elementos físicos de la vía, las estructuras de drenaje y puentes, seguido de estados de pavimento, todo esto con la utilización de formatos técnicos de recolección de datos, que finalmente nos permitan elaborar un diagnóstico de la situación en que se encuentran los elementos.

Con ayuda de un odómetro localizamos cada señal vertical y horizontal a lo largo del tramo, con estacionamientos cada 20 m; cinta métrica para obtener altura de aristas, ancho de corona y de calzada, GPS para su geo-localización y cámara celular para reflejar estados y condiciones en las que se encuentra el tramo.

## **5.4 Características geométricas de la Vía**

Las características que definen los proyectos geométricos de carreteras son la velocidad de proyecto, distancias de visibilidad, grado máximo de curvatura, pendientes máximas, longitudes críticas, anchos de corona y de calzada, ampliaciones y sobreelevaciones máximas. Estos parámetros son de diseño y dependen de la clasificación de la carretera.

La geometría de una carretera está compuesta de alineamiento horizontal, alineamiento vertical y seccionamiento transversal.

- Alineamiento horizontal es un conjunto de tangentes y curvas que definen el eje de trazo del camino, para que sea adecuado debe cumplir con ciertos parámetros de longitudes de tangente, grados de curvatura y distancia a obstáculos.
- Alineamiento vertical abarca pendientes y curvas verticales que definen el perfil longitudinal del camino, para un correcto alineamiento vertical se deben cumplir con especificaciones de pendientes, longitudes críticas y distancias de visibilidad.
- Seccionamiento transversal no es más que una representación del corte transversal de un camino en el que se muestran los anchos de corona, los peraltes, obras complementarias y otros detalles. En esta sección se deben tomar en cuenta características de sobre anchos y sobreelevaciones máximas, bombeos, taludes de corte y terraplén.

#### **5.4.1 Clasificación funcional de la vía**

El desarrollo del sistema vial de Nicaragua ha ocupado un lugar preponderante y fundamental en el marco de la economía nacional. Su mayor auge se registró durante las décadas de los años 50 y 60, pasando de 590 km de carreteras (pavimentadas y no pavimentadas) en 1950 a un total de 11,201 km en 1969, es decir que se construyeron 10,021 km en ese periodo, de los cuales 906 km fueron carreteras pavimentadas.

Esta clasificación reconoce que los caminos y calles individuales no sirven a los viajes en forma independiente. Más bien, la mayoría de los viajes comprenden movimientos a través de las redes de caminos que pueden categorizarse con relación a tales redes en una forma lógica y eficiente. De este modo, la

clasificación funcional de caminos y calles es también consistente con la categorización de viajes.

En esas primeras etapas en que se desarrollaban las carreteras no había el interés alguno de clasificar el sistema vial de acuerdo a la funcionalidad, era suficiente con identificarla como pavimentada o no pavimentada.

La clasificación funcional de una carretera en primera instancia respondía al simple hecho de que estas comunicaban pueblos, ciudades y regiones importantes del país que constituían los principales centros de atracción y generación de viajes de intercambio comercial de todo tipo. (Sergio Navarro Hudiel, 2008)

Actualmente se establece que la clasificación de carreteras puede definirse como un sistema que se basa en dos funciones de servicio básico como es accesibilidad y movilidad.

A partir del 2004, el ministerio de transporte e infraestructura en coordinación con la oficina del programa de apoyo al sector transporte (PAST- DANIDA) realizó una revisión a la clasificación funcional existente, detectándose la necesidad de actualizarla y que sirva de base para la descentralización de responsabilidades de atención a la red vial nacional hacia los municipios.

Las vías se clasifican ahora por tipo de construcción y de acuerdo a su función, ambas enfocadas en satisfacer la necesidad de transporte y volúmenes que circulan en la vía.

#### **5.4.1.1 Por tipo de construcción**

Carreteras pavimentadas: pertenecientes al sistema de carreteras troncales, algunas colectoras principales y secundarias, se clasifican en pavimentos rígidos (concreto hidráulico), semirrígidos (adoquines) y flexibles (tratamiento superficial bituminosa simple y doble, concreto asfáltico en caliente y en frío).

Caminos revestidos: se caracterizan por tener un trazado geométrico basado en normas de diseño con respecto al drenaje y permitir el tráfico durante la estación lluviosa.

Camino de todo tiempo: sin diseño de trazo geométrico, únicamente ajustándose a la topografía del terreno, y permitiendo la circulación por todo el año.

Camino de estación seca: No cuenta con diseño geométrico, si no que su trazado obedece a los lineamientos naturales del terreno.

Basados en el tipo de construcción, el tramo en estudio cuenta con una superficie de rodamiento constituida por asfalto en toda su longitud, por lo tanto, se clasifica como carretera pavimentada.

#### **5.4.1.2 Por su Función:**

La clasificación funcional agrupa las carreteras y caminos según el servicio que brindan, algunos por su importancia económica, uniendo fronteras, puertos, aeropuertos internacionales, asimismo, esta red une caminos interdepartamentales, carreteras que enlazan una o varias cabeceras, zonas productivas, zonas turísticas, caminos inter municipales y comarcas.

Las carreteras según su función se clasifican en:

- a. Autopistas regionales
- b. Troncales suburbanas
- c. Troncales rurales
- d. Colectoras suburbanas
- e. Colectoras rurales

Cabe mencionar que existen elementos que determinan las características con respecto a la funcionalidad de las carreteras y son los siguientes mencionados:

- Longitud de viaje
- Velocidad de operación
- Propósito del viaje
- Volumen de tráfico
- Acceso
- Población

En la longitud de viaje hay ciertos factores independientes que al relacionarlos resulta una interacción constante entre ellos, las grandes longitudes de viajes y altas velocidades de operación caracterizan a carreteras troncales, mientras que las velocidades reducidas, los viajes de poca duración y el acceso a propiedades son características de los caminos vecinales. Siendo el promedio de estos factores lo que caracteriza a las colectoras.

La carretera Panamericana Sur (NIC-2) es parte de la red vial Centroamericana por lo tanto es una troncal principal, sirve a grandes volúmenes de tránsito con un TPDA mayor a 1,000 vehículos y sobre todo conecta cabeceras departamentales y centros urbanos.

Tabla 27 Sistema de clasificación funcional

<b>Clasificación Funcional</b>	<b>Servicios que Provee</b>
<b>Arterial</b>	Provee el mayor nivel de servicio con las mayores velocidades permitidas en distancias de viaje interrumpido, con algún grado de control en los accesos.
<b>Colector</b>	Provee un menor nivel de servicio que la arterial. Se permiten velocidades menores en distancias cortas por servir de colector de tráfico de caminos locales y los conecta con las arteriales.
<b>Local</b>	Consiste en todas las carreteras no definidas como arteriales o colectoras; su servicio principal es proveer acceso a la mayoría de lugares y sirve a los viajes sobre distancias relativamente cortas.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2011, página 25 (cuadro 1.1).

No obstante, un sistema funcional está conformado por áreas urbanas y áreas rurales. La estructura comprende en primer lugar arterias principales destinadas para movimientos de mayor magnitud, seguido de arterias menores que funcionan como distribuidoras, colectoras, caminos y por último calles locales.

En base a lo definido anteriormente clasificamos la carretera como Arterial Urbana, cabe destacar que el tramo al estar en una zona urbana cuenta con subdivisiones funcionales de categoría arterial.

Es aquí donde se establecen doce tipos básicos de carreteras entre rurales y urbanas, con límites respecto a volúmenes de tránsito para su diseño mostrados a continuación:

Tabla 28 Sistema funcional (Manual centro americano para el diseño geométrico de carreteras)

<b>Función</b>	<b>Clase de Carretera</b>	<b>Nomen- clatura</b>	<b>TPDA (Año Final del Diseño)</b>	<b>Número de Carriles</b>
<b>Arterial</b>	Autopista	AA	>20,000	6-8
<b>Principal</b>	Arteria Rural	AR	10,000-20,000	4-6
	Arteria Urbana	AU	10,000-20,000	4-6
<b>Arterial Menor</b>	Arterial Menor Rural	AMR	3,000-10,000	2
	Arterial Menor Urbana	AMU	3,000-10,000	2
<b>Colector Mayor</b>	Colector Mayor Rural	CMR	10,000-20,000	4-6
	Colector Mayor Urbana	CMU	10,000-20,000	4-6
<b>Colector Menor</b>	Colector Menor Rural	CR	500-3,000	2
	Colector Menor Urbana	CU	500-3,000	2
<b>Local</b>	Local Rural	LR	100-500	2
	Local Urbano	LU	100-500	2
	Rural	R	<100	1-2

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2011, página 33 (cuadro 1.3)

#### 5.4.2 Carpeta de rodamiento

Cuando hablamos de carpeta de rodamiento es necesario definir el termino Pavimento ya que este es un conjunto de capas de materiales, comprendidas entre el nivel superior de la subrasante y la superficie de rodamiento.

La clasificación de la superficie de rodamiento se hace según los siguientes tipos:

- a) La carpeta asfáltica o flexible.
- b) Carpeta rígida o de concreto.
- c) Adoquinado o semi rígido.

En primer lugar, se debe identificar los defectos de la calzada, tomando en cuenta los siguientes tipos de defectos:

- a) Superficiales; que comprenden baches, fisuras longitudinales y transversales y exudación.
- b) De cimentación o fundación donde se generan los hundimientos.

Este tramo presenta actualmente un estado de pavimento flexible asfáltico puesto que su superficie de rodamiento está constituida por asfalto en toda su longitud. Adaptada para grandes volúmenes de tráfico que circulan diariamente donde se garantiza que las cargas se distribuyan de manera correcta sobre la estructura de pavimento, de esta manera manteniendo condiciones óptimas para asegurar su vida útil.

Por otra parte, ofrece cómodamente 4 carriles para el tránsito vehicular a partir de la estación 10+500, la vía tiene un ancho de calzada promedio de 12.84m a lo largo de su longitud, presenta a cada lado de calzada una berma de 1.65m para la estación 10+500 y 0.98m para la estación 13+500.

Tabla 29 Estado de carpeta de rodamiento

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tipo de Fisura	Estado de carpeta de rodamiento
<p>EST 10+420 se presentan una serie de fisuras interconectadas entre sí, que forman en la superficie del pavimento pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos y dimensión mayor normalmente inferior de 0.30m. denominadas fisuras de tipo piel de cocodrilo</p>	
<p>En la EST 13+540 se presentan fisuras por desprendimiento que consiste en el desgaste gradual de la superficie de rodamiento del material fino que la conforma.</p>	
<p>En la EST 11+750 y en distintos puntos del trayecto de los 5km se presentan deformaciones en la capa superior que suelen ser acompañadas de un deslizamiento y levantamiento lateral de la superficie del pavimento, este tipo de fisura en la carpeta se le denomina ahuellamientos o asentamiento.</p>	

En la tabla anterior se detallan los daños específicos que presenta la carpeta de rodamiento; como se ha mencionado antes al ser una troncal principal, las deformaciones por asentamientos, o huellas mayores a 1cm afectan el estado de la superficie si bien, aunque visiblemente no sea una amenaza en la circulación de vehículos, después de un tiempo se produce un daño mayor que afecta el nivel

de servicio y requiere reparación inmediata. (Manual Centroamericano de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA 2011)

## **5.5 Sección transversal de Carretera**

La sección transversal de una carretera o calle en área urbana muestra sus características geométricas según un plano normal vertical a la superficie que contiene el eje de la carretera o calle. Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la carretera ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplen y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados.

Los elementos fundamentales que normalmente se incluyen en una carretera son: plataforma o corona, cunetas, taludes etc.

### **5.5.1 Plataforma o corona**

Se le llama “plataforma” o “corona” a la superficie visible de una carretera o calle que queda comprendida entre las aristas del relleno y/o las interiores de las cunetas.

El ancho de corona comprende la rasante, pendiente transversal, el ancho de la calzada, los hombros, y el sobre ancho del hombro en relleno, las aceras o banquetas y la mediana, en caso de que esta última forme parte de la sección transversal.

Como la plataforma o corona es la superficie visible, también puede contener algunos elementos que se consideran auxiliares, como bordillos, defensas o barreras de contención, señalización e iluminación.

### 5.5.1.1 Rasante

Es la elevación del pavimento en el eje o línea central en carreteras bidireccionales; al proyectar sobre un plano vertical sus distintas elevaciones, se obtendrá el desarrollo de la plataforma o corona del camino, el cual estará formado por pendientes, ascendentes o descendentes y curvas verticales que las enlazan. En la sección transversal está representada por un punto.

### 5.5.1.2 Pendiente transversal

Es la pendiente que se le da a la calzada en dirección perpendicular al eje de la carretera.

Bombeo Normal es la pendiente que se le da a la plataforma o corona en las tangentes de alineamiento horizontal con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

Un bombeo correcto es aquel que permite un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente para que el conductor no experimente incomodidad o inseguridad.

El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura, estos son los rangos recomendables;

Tabla 30 Bombeo según tipo de Superficie

Tipo de superficie	Rango de pendiente transversal
Alto	1.5-2.0
Bajo	2.0-6.0

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA 2011, página 139 (Cuadro 4.1 Bombeo normal de la calzada)

Los pavimentos de tipo alto son aquellos que mantienen superficies lisas y propiedades antideslizantes en todo tipo de clima, y que, sometidos a cargas de altos volúmenes de tráfico pesado, requieren poco mantenimiento. Por otro lado, los pavimentos de tipo bajo son los que están formados por superficies de terracería, sin tratar mediante la inclusión de agregados pétreos. (SIECA 2011) De acuerdo a esta definición establecemos que la carpeta de rodamiento se caracteriza por un tipo de superficie alta.

### **5.5.1.3 Ancho de calzada**

Es el ancho de la superficie sobre la cual circula un cierto tránsito vehicular, permitiendo el desplazamiento cómodo y seguro del mismo. Divididas o no, las carreteras pueden estar formadas por dos o más carriles de circulación por sentido.

Excepcionalmente pueden ser de un solo carril para la circulación en ambos sentidos, con bahías o refugios estratégicamente ubicados a lo largo de la carretera, para permitir las operaciones de adelantamiento o el encuentro seguro de dos vehículos en sentidos opuestos.

En cuanto al ancho de carril, se usan generalmente valores entre 2.75m a 3.60m, con un ancho de carril predominante de 3.6 en la mayoría de carreteras principales. El ancho de 3.60m provee la separación deseable entre vehiculos comerciales viajando en direcciones opuestas en carreteras bidireccionales cuando se espera que circulen altos volúmenes de tráfico y especialmente altos porcentajes de vehículos comerciales. (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geometrico de Carreteras, 2011, pág. 141)

El tramo correspondiente, presenta un ancho de carril de 3.21m, el cual se mantiene constante y optimo según lo establecido.

### **5.5.2 Sub Corona o Sub rasante**

La plataforma de la subrasante o sub-corona es la superficie constituida por los planos horizontales que delimitan el movimiento de tierras y sobre la cual se apoyan las distintas capas del pavimento. Incluye también el espacio destinado a los demás elementos de la corona como hombros, cunetas de drenaje, etc.

El ancho de la plataforma de subrasante está constituido por el ancho de la plataforma más la proyección horizontal de los taludes de caída o derrame del pavimento y del ancho de la (o las) cuneta.

Debido a la conveniencia estructural de mantener el mismo espesor de las distintas capas del pavimento, la subrasante mantiene la misma pendiente transversal que la de la corona, prolongándola hasta los extremos sin considerar los quiebres que presenta la pendiente del hombro. A esta plataforma también se le conoce con el nombre de terracería.

#### **5.5.2.1 Drenaje superficial (cunetas, contra cunetas, sub-drenaje)**

El drenaje superficial debe ser muy efectivo para evacuar rápidamente las aguas de la superficie del pavimento y evitar que éstas se infiltren dentro de la estructura del mismo, ocasionándole daños que pueden ser considerables y de efectos inmediatos o a corto plazo. También previenen que el lodo o suciedades de las áreas no pavimentadas de la carretera penetren los lados del carril exterior de circulación, causando problemas de visibilidad de la línea de demarcación del borde separador entre el pavimento y sus hombros.

## **5.6 Dispositivos de señalización**

El propósito del señalamiento vial es para regular la circulación vehicular a través de símbolos convencionales. Las señales ayudan a los usuarios a tener una circulación más fluida, cómoda y segura.

La señalización horizontal en carreteras provee información con marcas pintadas en la carpeta de rodamiento, con fines de regulación del tránsito.

Por otra parte, las señales verticales de tránsito se utilizan para ayudar al movimiento seguro y ordenado del tránsito de vehículos y peatones. Están conformadas por símbolos ubicados en parales que se encuentran localizados a la orilla de las vías por donde se circula a fin de informar sobre el tránsito y ser obedecidas por el usuario en las vías.

Las señales deben ser reconocidas como tal, lo cual quiere decir que deben de cumplir con una forma y un color destacado, de la misma manera que debe de portar un mensaje

### 5.6.1 Señalización vertical

Definimos las señales verticales como dispositivos de control de tránsito que se localizan en el camino con el fin de transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras e ilustraciones.

Las señales deben ubicarse donde rigen regulaciones especiales incluso donde los peligros no son evidentes para los usuarios y de acuerdo a los análisis de necesidades tomando en cuenta su clasificación e información de los dispositivos como reglamentarios, informativos y preventivos.

La tabla representa las señales más utilizadas en el tramo en estudio:

Tabla 31 Señales verticales km9 al km 14 Carretera sur, sentido norte-sur

Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021								
Formato de levantamiento de señales de tránsito								
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación
						Izquierda	Derecha	
9+000	Km 9	Informativa		1.15	2.4		x	Estado óptimo
9+000	Camino Lateral	Preventiva	Rombo	1.51	2	x		Estado óptimo
9+028	Dirección	Informativa	Rectangular	2.14	2.5		x	Estado óptimo
9+058	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	1.9	x		Estado óptimo

**Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021**

**Formato de levantamiento de señales de tránsito**

Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación
						Izquierda	Derecha	
9+075.5	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	1.95	x		Estado óptimo
9+093	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	1.9	x		Estado óptimo
9+110	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	1.9	x		Estado óptimo
9+120	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	1.9	x		Estado óptimo
9+270.2	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	3.6		x	Estado óptimo
9+300	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	3.6		x	Estado óptimo
9+317.5	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	3.4		x	Estado óptimo
9+335	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	3.4		x	Estado óptimo
9+354.5	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	3.32		x	Estado óptimo
9+372.5	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	3.35		x	Estado óptimo
9+378	Peligro en borde	Preventiva	Rectangular	1.05	2	x		Estado óptimo
9+410.7	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	2.07	x		Estado óptimo
9+424.7	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	2.2	x		Estado óptimo
9+437.5	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	2.1	x		Estado óptimo
9+452	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	2.1	x		Estado óptimo
9+493	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	2.1	x		Estado óptimo
9+517.5	Curva	Preventiva	Rectangular	1.75	2.3	x		Estado óptimo
10+025	Camiones carril derecho	Reglamentaria	Rectangular	1.65	1		x	Estado óptimo
10+039	Peligro en borde	Preventiva	Rectangular	1.03	3.7		x	Estado óptimo
10+040	No Hay Paso	Reglamentaria	Rectangular	1.03	3.7		x	Estado óptimo

Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021								
Formato de levantamiento de señales de tránsito								
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación
						Izquierda	Derecha	
10+204.4	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.34	3.95		x	Estado óptimo

Fuente: datos levantados en campo.

Tabla 32 Señales verticales km 9 al km 14 Carretera sur, sentido sur-norte

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito									
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021									
Formato de levantamiento de señales de tránsito									
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	de	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación
							Izquierda	Derecha	
9+000	Km 9	Informativa			1.44	0.4		x	Estado óptimo
9+248	Curva	Preventiva	rectangular		1.7	0.66	x		Estado óptimo
9+265.6	Curva	Preventiva	rectangular		1.7	0.66	x		Estado óptimo
9+283	Curva	Preventiva	rectangular		1.7	0.66	x		Estado óptimo
9+300.5	Curva	Preventiva	rectangular		1.7	0.66	x		Estado óptimo
9+318	Curva	Preventiva	rectangular		1.7	0.66	x		Estado óptimo
9+329	Curva	Preventiva	rectangular		1.7	0.66	x		Estado óptimo

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito								
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021								
Formato de levantamiento de señales de tránsito								
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación
						Izquierda	Derecha	
9+425	Curva	Preventiva	rectangular	1.7	0.66		x	Estado óptimo
9+442.5	Curva	Preventiva	rectangular	1.7	0.66		x	Estado óptimo
9+460	Curva	Preventiva	rectangular	1.7	0.66		x	Estado óptimo
9+477.5	Curva	Preventiva	rectangular	1.7	0.66		x	Estado óptimo
9+618	Estrechamiento de calzada	Preventiva	Rombo	1.6	0.5		x	Estado óptimo
9+655.4	Km 10	Informativa		0.7	0.45		x	FALSO
9+862	Km 10	Informativa		1.48	1.3		x	Estado óptimo
9+875.5	Empalme	Preventiva	Rombo	1.21	3.1		x	Mal estado
9+906	Zona escolar	Preventiva	Poligonal	1.36	2.48		x	Estado óptimo
9+966	Entrada Gasolinera	Informativa	Cuadrilátero	1.72	4.3	x		Estado óptimo
9+997	Paso peatonal	Preventiva	Poligonal	1.73	0.72		x	Estado óptimo
10+007.2	Salida Gasolinera	Informativa	Cuadrilátero	1.72	4.3	x		Estado óptimo

Fuente: datos levantados en campo.

Tabla 33 Señales verticales Km 9 al Km 14, ambos sentidos

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito									
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021									
Formato de levantamiento de señales de tránsito									
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación	
						Izquierda	Derecha		
10+315.20	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.34	1.7	x		Estado óptimo	
10+400.8	Curvas	Preventiva	Rombo	1.37	2.3			Estado óptimo	
10+404	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.77	1.9			Estado óptimo	
10+497.6	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.65	1.72		x	Estado óptimo	
10+574.3	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.5	2.8		x	Estado óptimo	
10+577.2	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.65	2.35		x	Estado óptimo	
10+682.8	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.86	2.4		x	Estado óptimo	
10+777.5	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.36	2.7		x	Estado óptimo	
10+884	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.42	2		x	Estado óptimo	
10+885.3	Km11	Informativa						Mal Estado	
10+966	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.74	2		x	Estado óptimo	
11+013	km 11	Informativa					x	Estado óptimo	

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito									
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021									
Formato de levantamiento de señales de tránsito									
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación	
						Izquierda	Derecha		
11+056	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.36	2.1		x	Estado óptimo	
11+128.8	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.74	2.3		x	Estado óptimo	
11+128.8	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.56	2	x		Estado óptimo	
11+142.5	Parada de Autobuses	Reglamentaria	Rectangular	1.68	2.1			Estado óptimo	
11+156	Parada de Autobuses	Reglamentaria	Rectangular	1.64		x		Estado óptimo	
11+214.2	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.73	2		x	Estado óptimo	
11+278.5	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.52	2.3		x	Estado óptimo	
11+278.8	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.78	2.4	x		Estado óptimo	
11+327.7	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.45	2.3	x		Estado óptimo	
11+330	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.9	2.4	x		Estado óptimo	
11+421.4	Pase Peatonal	Preventiva	Rombo	1.45	2.2		x	Estado óptimo	
11+426.7	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.8	2.4	x		Estado Óptimo	
11+528.2	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.3	1.7	x		Estado Óptimo	
11+604	Pase Peatonal	Preventiva	Rombo	1.54	1.1	x		Estado Óptimo	

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito									
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021									
Formato de levantamiento de señales de tránsito									
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación	
						Izquierda	Derecha		
12+171.5	Pase Peatonal	Preventiva	Rombo	1.52	1		x	Estado óptimo	
12+347	Pase Peatonal	Preventiva	Rombo	1.47	0.6		x	Estado óptimo	
12+478.2	Camiones carril derecho	Reglamentaria	Rectangular	1.62	1.75		x	Estado óptimo	
12+542.8	Pase Peatonal	Preventiva	Rombo	1.6	2.1		x	Estado óptimo	
12+830	Km 13	Informativa		1.2	2		x	Estado óptimo	
12+834	Km 13	Informativa				x		Estado óptimo	
12+938.3	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.4	1.3		x	Estado óptimo	
12+947.2	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular		2.5	x		Estado óptimo	
12+974	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular		2.7	x		Estado óptimo	
12+989.4	Curvas	Preventiva	Rombo	1.41	1.43		x	Estado óptimo	
13+047.3	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.77	2		x	Estado óptimo	
13+052.8	Curva	Preventiva	Rombo	1.3	2		x	Estado óptimo	
13+112.2	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.98	2		x	Estado óptimo	
13+128	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito									
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021									
Formato de levantamiento de señales de tránsito									
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación	
						Izquierda	Derecha		
13+142.6	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+158.9	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+195	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.7	2	x		Estado óptimo	
13+198	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+211.5	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+224.4	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+237.10	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+254	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+279.6	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+383.4	Lim. Velocidad	Reglamentaria	Rectangular	1.6	1.8		x	Estado óptimo	
13+390.2	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	1.75	1.8	x		Estado óptimo	
13+456	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+459	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+481	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito									
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021									
Formato de levantamiento de señales de tránsito									
Estación	Contenido	Tipo	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia desde acera (m)	Ubicación		Observación	
						Izquierda	Derecha		
13+494	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+503	Pase Peatonal	Preventiva	Rombo	1.75	1.8	x		Estado óptimo	
13+507.4	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+517.5	Pase Peatonal	Preventiva	Poligonal	2.4	0.6	x		Estado óptimo	
13+520.5	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+534.5	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+550	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2		x	Estado óptimo	
13+634	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2	x		Estado óptimo	
13+655	Pase Peatonal	Preventiva	Rombo	1.1	No hay acera	x		Estado óptimo	
13+655	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2	x		Estado óptimo	
13+679	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2	x		Estado óptimo	
13+698.1	Curva	Preventiva	Rombo	1.76	2	x		Estado óptimo	
14+039	km14	Informativa						Mal Estado	

Fuente: datos levantados en campo.

### **5.6.1.1 Clasificación de señales verticales**

➤ Dispositivos de reglamentación: tienen como objetivo informar a los usuarios la reglamentación del tránsito y la prioridad del paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones que regulan el uso de la vía o suministrar indicaciones exactas para que actúen en determinada forma. La transgresión de las indicaciones de estos dispositivos constituye una contravención, que se sanciona conforme a la ley o reglamento de tránsito de cada país.

➤ Dispositivos de prevención: Cumplen la misión de prevenir a los usuarios de la vía de peligros existentes y su naturaleza estas se emplean con el objetivo de prevenir al tránsito de condiciones peligrosas existentes o potenciales, en la carretera o adyacente a ella, estas exigen precaución por parte del conductor ya sea para disminuir la velocidad o para que efectúe otras maniobras que redundan en su beneficio y en el de otros conductores y peatones.

Se colocarán en sitios que aseguren su mayor eficiencia tanto de día como de noche teniendo en cuenta las condiciones particulares de la carretera, calle o camino, así como la cantidad de vehículos que transiten por la vía

➤ Dispositivos de información: Tienen como objetivo proporcionar toda la información que sea útil al momento de guiarse en la vía hacia el lugar de destino.

### **5.6.2 Señalización horizontal**

Las señales horizontales también conocidas como marcas en el pavimento son líneas, letras, números y símbolos de color blanco o amarillo, que se pintan con el fin de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, también objetos como vialetas, que se colocan sobre la superficie de rodamiento para indicar la presencia de obstáculos teniendo un mejor control de tránsito.

Carretera sur, posee líneas de borde a lo largo de toda su trayectoria, además consta de líneas de centro continuas, discontinuas y de señales horizontales predominantes tales como ceda el paso, paso peatonal, escuela, flechas direccionales.

Se realizó el levantamiento de la señalización horizontal donde podemos ver en la siguiente tabla:

Tabla 34 Resumen señales horizontales Km9 al Km14

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito												
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021												
Formato de levantamiento para señales horizontales												
Estación		Longitud	Línea de centro doble	Líneas de carril				Líneas de borde		Flechas direccionales		Tipo de señal
				Banda derecha		Banda izquierda						
Inicio	Fin	(m)		Cont.	Discont.	Cont.	Dscont.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	
9+000					x		x	x	x			Línea de Carril
10+320	10+662		x									
10+351.2	10+358.8										x	
10+411.8												
10+438												
10+470.8	10+478.4									x	x	
10+576.5												
10+825	10+865.6									x	x	
11+119.4												
11+132.3												
11+213.3											x	
11+226.7												
11+240.5												Pase peatonal
11+280										x	x	
11+481.5										x	x	
11+526.5												Pase peatonal
11+534.3										x	x	
11+943										x	x	

Universidad nacional de ingeniería-ingeniería de tránsito												
Inventario vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones, 2021												
Formato de levantamiento para señales horizontales												
Estación		Longitud	Línea de centro doble	Líneas de carril				Líneas de borde		Flechas direccionales		Tipo de señal
				Banda derecha		Banda izquierda						
Inicio	Fin	(m)		Cont.	Discont.	Cont.	Dscont.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	
11+977										x	x	
12+258.7										x	x	
12+994										x	x	
13+126.8												Paso peatonal
13+161.6										x	x	
13+196.3										x	x	
13+231.3										x	x	
13+251.8												Paso peatonal
13+282.5										x	x	
13+340										x	x	
13+377.7										x	x	
13+390												Escuela
13+582.6												Pase peatonal
13+595.7										x	x	
13+738										x	x	
13+786										x	x	
13+813.6										x	x	

Fuente: Datos levantados en campo

### 5.6.2.1 Clasificación de señales horizontales

- Línea de borde o paralelas: estas líneas tienen el fin de orientar al conductor al ancho de su carril y el espacio del arcén a la derecha, están ubicadas en el borde de las carreteras.
- Línea Continua: indica que no se permite aventajar cuando hay un solo carril por sentido.
- Doble línea Continua: indica que no puede aventajarse en vías de dos carriles por sentido.
- Línea continua con línea discontinua: le dan a entender al conductor que se puede aventajar o no, según la línea que tienen a la izquierda.
- Línea discontinua: quiere decir que se puede aventajar o cambiar de carril en la vía.
- Flechas direccionales: se utilizan para indicar las maniobras que se pueden realizar, se caracterizan por ser de color blanco.
- Línea de pare o retención: generalmente se presentan en las intersecciones, de color blanco indicando donde debe detenerse el vehículo.
- Pasos peatonales: más conocidas como cebra, son un conjunto de líneas blancas donde el peatón tiene derecho a transitar con seguridad.

Es importante señalar que uno de los problemas que involucran la señalización sobre el pavimento es el desgaste de la pintura, es decir, a pesar de que la vía se encuentra en su totalidad bien señalada, la demarcación de flechas direccionales sobre todo se ve considerablemente afectada desde la estación 10+500 hasta 14+000.

**CAPÍTULO VI:  
SOLUCIONES TECNICO-  
INGENIERILES DE  
SEGURIDAD VIAL**

## **CAPITULO VI: SOLUCIONES TECNICO-INGENIERILES DE SEGURIDAD VIAL**

### **6.1 Introducción**

Este capítulo trae consigo posibles soluciones técnico-ingenieriles, así como propuestas e implementación de dispositivos en la localización determinada, basadas en el estudio de ingeniería de tránsito del tramo Km 9 al Km 14, Carretera Sur, conforme al manual de dispositivos de control de tránsito (SIECA 2014), el Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial (Edición 2010) y el Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras (Edición 2011)

Cabe mencionar que aun cuando estos prevean estándares para el diseño y la aplicación de dispositivos de control, no son sustituto del juicio y criterio de un ingeniero calificado.

Si se habla de accidentabilidad; hablamos de un problema que involucra muchos factores, por lo que el desarrollo de este documento, dio resultados reales de un trabajo de campo, exhaustivo, que dará respuesta a una problemática de seguridad vial.

### **6.2 Soluciones técnico-ingenieriles**

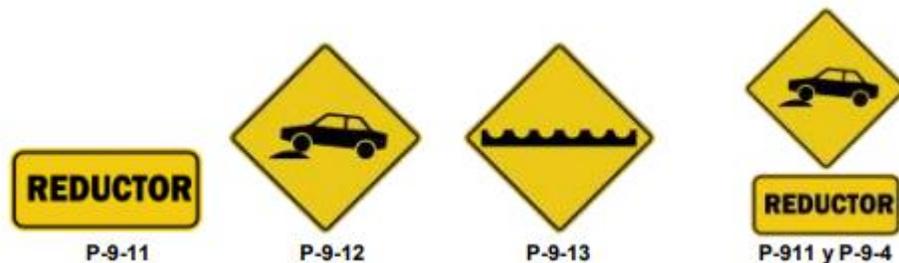
Se definen como la aplicación de conceptos técnicos y científicos, utilizando las leyes naturales y los recursos físicos, con el fin de diseñar e implementar materiales, estructuras, máquinas, dispositivos, sistemas y procesos para satisfacer una necesidad.

- Por parte del MTI, el empleo de reductores de velocidad en puntos estratégicos, como lo son Monte Tabor (EST 13+500) y Km 10.5 (EST 10+250) A pesar de que según la SIECA 2014 se establezca que no deben colocarse o construirse reductores de velocidad en rutas de carácter

Centroamericano, autopistas o carreteras de 4 o más carriles se pueden instalar reductores siempre y cuando más del quince por ciento de los conductores exceda la velocidad máxima establecida por la ley o por señales reglamentarias instaladas para tal efecto en al menos veinte kilómetros por hora. De igual forma habiendo un establecimiento público o privado de uso frecuente por diversos tipos de personas consideradas usuarios vulnerables (ancianos, niños personas con discapacidad o enfermos), siendo éstos motivos que justifican la instalación de un reductor de velocidad para su protección y seguridad.

En el caso de que los dispositivos para reducir la velocidad se utilicen en forma aislada, deben utilizarse las señales de prevención P-9-11 a P-9-14, P-9-13, según corresponda.

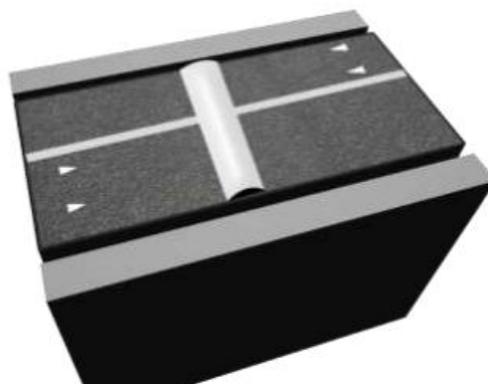
Ilustración 10 Señalización de prevención ante la implementación de dispositivos para reducir la velocidad



Fuente: SIECA 2014, Capítulo 3-82 Reductores de velocidad

Para garantizar que la reducción de velocidad sea efectiva y desmotivar a los vehículos de paso, como mínimo se debe dotar la zona con dispositivos reductores de velocidad sobre las vías locales, precedidos de las marcas que se indican en la siguiente figura:

Ilustración 11 Marcas en el pavimento antes de un reductor de velocidad tipo lomo o "policía dormido"



Fuente: SIECA 2014, Capítulo 3-83 Reductores de Velocidad

Al reducirse la velocidad el conductor está más consciente de la actividad peatonal a su alrededor, por lo que puede reaccionar en forma más oportuna y adecuada ante la ocurrencia de alguna incidencia.

Estos reductores en su punto más alto medirán  $0.06 \pm 0.01$  m y el ancho podrá variar entre 0.60 m y 1.20 m, a velocidad máxima de 40 km/h; cuando la velocidad sea menor de 50 km/h el ancho podrá variar entre 0.60 m y 1.20 m. Para velocidades entre 40 km/h y hasta 60 km/h es recomendable la utilización de reductores de 0.10 m de altura y de  $4.00 \pm 0.20$  m de ancho. Para poner en operación un túmulo es indispensable colocar una señal de prevención P-9-12 (ver ilustración 13) en cada sentido de circulación, para cada reductor de velocidad que se construya. El reductor debe permitir la libre escurrimiento en caños y cunetas, por lo que la distancia entre el borde del reductor y el cordón no podrá ser menor de 0.30 m. Todos los lomos se pintarán de color amarillo reflectante. (SIECA 2014)

Ilustración 12 Señal de prevención indicando aproximación de un reductor de velocidad



**P-9-12**

Fuente: Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito, Capítulo 3- Página 87

- A la institución del FOMAV se recomienda realizar un mantenimiento preventivo en las estaciones recorridas 11+000 y 11+900 por sus puntos con superficies hundidas y otros tipos de fisura. El mantenimiento propuesto consiste en un bacheo superficial o menor de pavimentos asfálticos según las especificaciones establecidas en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de carreteras. Esto se basa en la reparación a mano o máquina de áreas de superficie pavimentada que presentan fallas o grietas, con mezcla en frío o caliente, en espesor no menor de 5cm sobre la carpeta de rodadura existente, dando una cómoda transitabilidad al usuario.
- Realizar una nivelación de los pozos de visita y de las cajas de tragantes ya que los pozos de visita en el recorrido del tramo están a un nivel inferior. Se utilizará principalmente concreto hidráulico, aro metálico y ladrillos de concreto o arcilla ligados con material cementante. Para este proceso se

considerará el peralte y pendiente de la vía para que la tapadera quede al mismo nivel que la rasante final de la carretera.

- **Mediana:** Las medianas son altamente deseables en carreteras arteriales o colectoras de cuatro o más carriles siendo su principal función la de separar el tráfico que viaja en sentidos opuestos, proveer un área de recuperación para vehículos que han perdido el control, proveer un área para paradas en caso de emergencia, permitir espacios para cambios de velocidad y almacenamiento de vehículos que giran a la izquierda y en U, minimizar el encandilamiento provocado por las luces de los vehículos que viajan en sentido contrario durante la conducción nocturna, proveer un ancho de reserva para futuras ampliaciones, función a la que se le otorga una considerable importancia ya que también permiten embellecer la carretera y mejorar la calidad ambiental de su entorno.

- De acuerdo a los datos recopilados de accidentes por kilómetro durante el periodo estudiado 2017-2021, mencionados en el capítulo 2, observamos que el tramo está conformado por estaciones con cifras significativas de accidentes.

En el trayecto se presentan un total de 675 accidentes para el período seleccionado, teniendo 3 puntos que destacan por sus cantidades más elevadas, el Km 10 con 197 accidentes, el km 12 con 149 y el km 9 con 138 accidentes, es por tal motivo que sugerimos instalar vialetas reflectivas para que en horas nocturnas y en condiciones climáticas adversas como lluvia faciliten el movimiento de los conductores. Sobre todo, en intersecciones con señales de ALTO en curvas o pases peatonales. La SIECA 2014 estipula que para carreteras de 4 carriles (2 carriles por sentido) donde la velocidad es mayor a 60 km/h, se colocarán los captaluces dos caras amarillas a cada 15.00 m sobre la línea continua amarilla y captaluces una cara blanca a cada 15.00 m sobre la línea intermitente blanca divisoria entre carriles y sobre la línea de borde blanca por cada sentido de vía.

- Las señales verticales a lo largo del tramo por su parte, presentan óxido en su estructura, proponemos mantenimientos para asegurar su legibilidad y visibilidad. Los dispositivos limpios, legibles, adecuadamente localizados y cumpliendo los niveles de reflectividad normados por el Manual Centroamericano llaman la atención e inspiran el respeto de peatones y conductores.
  
- Es necesario repintar o restituir la demarcación horizontal del pavimento a lo largo del tramo, comprendiendo todas las líneas, marcas y signos necesarios para seguridad y comodidad de los usuarios; de esta forma realizar maniobras viales en forma segura. Se aplicará pintura en las líneas transversales y longitudinales utilizando pintura en frío o técnicas de pintura en caliente según lo estipulado en la norma AASHTO M-248 y M-249. Se debe tomar en cuenta la humedad del pavimento antes de aplicar la pintura, la limpieza de la superficie utilizando una escoba mecánica para quitar la pintura mal adherida y los anchos de las líneas longitudinales como mínimo de 10cm. La línea central se pintará siguiendo el patrón existente. Los tramos que se deben pintar con línea central continua serán determinados atendiendo el concepto de geometría y visibilidad mínima, establecido en el Acuerdo Centroamericano, debiendo ser doble línea con una separación de 10cm. (Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras, Edición 2010)
  
- En los programas de mantenimiento o conservación vial y/o inspecciones de seguridad vial, deberán programarse mediciones periódicas de los niveles de retrorreflectividad de la señal tal como se encuentra en la vía, luego de hacer limpieza al tablero, esto con el fin de hallar los niveles de retrorreflectividad percibidos por el usuario y determinar si la señal requiere limpieza o reemplazo por estar debajo de los niveles mínimos establecidos en el Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para

construcción. Las indicadas mediciones de retrorreflectividad, deberán realizarse según lo establecido por la normativa ASTM E1709-09 para señales verticales y ASTM E1710-11 para las marcas en el pavimento.

- El tramo presenta puntos con carencia de señales que regulen el límite de velocidad, diversos elementos obligan a justificar la reducción de la velocidad de circulación vehicular, tal como la aproximación a escuelas (EST 13+000), aproximación a hospitales, entre otros. Por lo tanto, se utilizará la señal de “VELOCIDAD MAXIMA”, R-2-1, con la respectiva leyenda debajo de la orla roja y usando “KPH” como abreviatura de las señales de velocidad como se muestra en la siguiente ilustración, en el tramo comprendido desde la estación 10+500 hasta la estación 14+000 por la consecutividad de sitios públicos concurridos, según las especificaciones del Manual Centroamericano de dispositivos de control de tránsito (Capítulo 2-Señales Verticales).

Ilustración 13 Señal de velocidad máxima R-2-1



R-2-1

Fuente: Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito,  
Capítulo 2- página 23

- La carretera en estudio al estar dividida únicamente por una franja de pintura divisoria en la mitad de la carretera requiere de la construcción de una mediana o faja separadora central, esto con el fin de separar el tráfico que viaja en sentidos opuestos, tomando en cuenta lo establecido en el Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras, al ser una arterial urbana este elemento se vuelve altamente deseable.
- Esta carretera al no tener mediana , ni carril que permita giro a la izquierda tomando en cuenta lo analizado en el estudio de accidentabilidad capítulo 2, donde concluimos que el tipo de accidente con mayor número de incidencias es la colisión entre vehículos, vemos que se generan afectaciones a la seguridad de tránsito, ya que al disminuir la velocidad para girar a la izquierda o detenerse en los carriles interiores que son los que registran la mayores velocidades en la corriente vehicular, se incrementan las oportunidades para colisiones por detrás afectando la fluidez de la circulación.

Mediante el aforo se obtuvo un volumen de tránsito mínimo de 824 vehículos por hora; para una propuesta de retorno el Manual establece como requisito que los volúmenes de tránsito sean de hasta 300 vehículo/hora por lo tanto nuestro flujo vehicular sobrepasa el límite establecido en los puntos de conteo y se podría implementar la construcción de uno de estos en la EST 12+500.

- Este tramo a pesar de ser sumamente concurrido según las cantidades de vehículos contabilizadas, carece de bahías, tal es el caso de la Est. 11+150 entrada a la Academia Walter Mendoza, la Est. 13+500 sentido norte-sur, Est-12+300 que en ambos sentidos tiene zona de parada de autobuses, pero no están delimitadas, no tienen casetas, acera, ni mucho menos banquetas. Para los vehículos de transporte colectivo que están obligados

por naturaleza de su servicio a detenerse en su recorrido por la vía, para recoger y bajar pasajeros deben construirse un número adecuado de bahías para autobuses a lo largo de la carretera. La localización de paradas de autobuses debe hacerse de manera que, situadas en las proximidades de los focos de generación de la demanda (centros escolares, intersecciones, centros de actividad etc) interfieran lo menos posible en el funcionamiento vial.

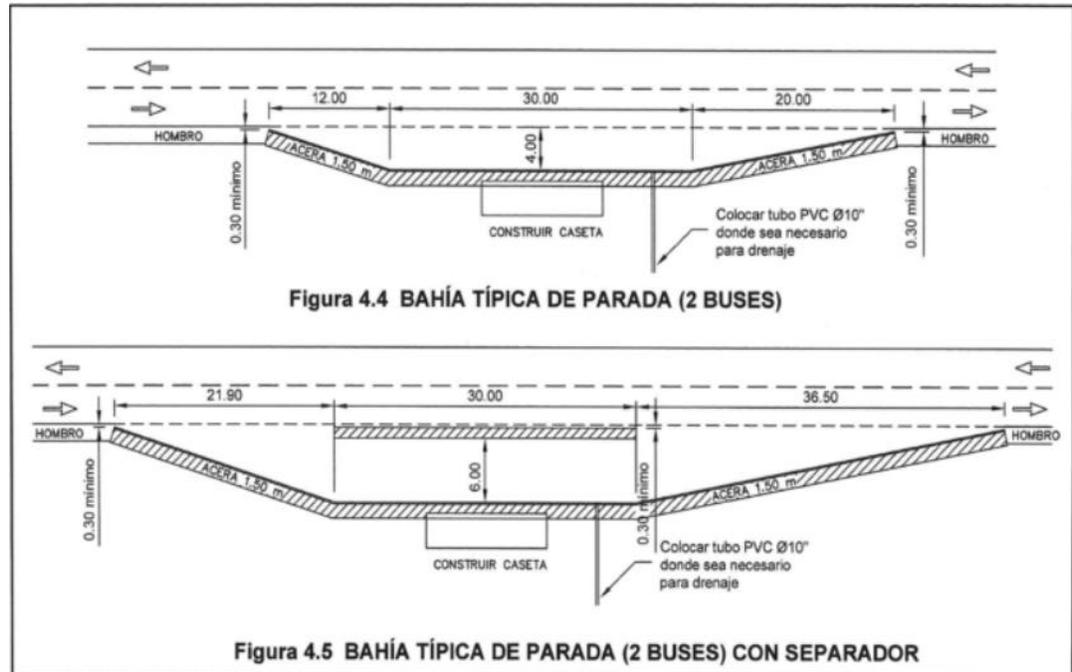
En la siguiente figura se presenta el acomodamiento recomendable para construir estas instalaciones, el ancho de bahía para autobuses, se propone que tenga entre 3.0 y 4.0 metros, sin embargo, cuando hay una acumulación de vehículos debe haber un ancho mínimo de 5.0 metros para posibilitar el adelantamiento de los vehículos estacionados. La construcción de la banqueta debe empezar a 0.30 metros de la orilla de la capa de rodadura.

Ilustración 14 Dimensiones típicas de las bahías para el refugio de autobuses

Diseño	Entrada (m)	Parada (m)	Salida (m)	Ancho (m)	Long. Total (m)
Para un bus	9	15	15	3	39
Para un bus	12	15	20	4	47
Para dos buses	9	30	15	3	54
Para dos buses	12	30	20	4	77
Para tres buses	12	45	20	4	77

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, Cuadro 4.4 - (página 149)

## Ilustración 15 Dimensiones bahía típica de parada



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, Capítulo 4- (página 150)

- Es aconsejable ampliar el ancho de hombros en la Carretera, ésta presenta en gran parte de su longitud un ancho de hombros de 0.98 m abarcados desde el km 9 al km 10.5 y un ancho de 1.65 desde el km10.5 al km 14. Para el primer tramo, el ancho de hombros existente está por debajo de lo recomendado.

El manual establece que, para las carreteras de la red Centroamericana, donde no se han reconocido suficientemente las ventajas de la provisión de hombros de anchos adecuados, por una economía en costos de inversión mal entendida, se propone la adopción de los anchos mínimos que señala el cuadro debajo del párrafo. El ancho de los hombros se determina en función de la clasificación de la carretera y el tipo de terreno que cruza.

Ilustración 16 Anchos mínimos de hombros y aceras

Tipo de Carretera		Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)
				Internos	Externos	
AA	Autopista	Controlado	Alto	1.0 – 1.5	2.5 - 3.0	
AR	Arterial Rural	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AU	Arterial Urbana	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AMR	Arterial Menor Rural	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
AMU	Arterial Menor Urbana	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
CMR	Colector Mayor Rural	Controlado	Alto	1.0 -1.5	2.5 – 3.0	1.2 – 2.0
CMU	Colector Mayor Urbana	-	Alto	0.5 – 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 – 1.5
CR	Colectoras Menor Rural	-	Intermedio	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
CS	Colectoras Menor Urbana	-	Intermedio	-	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
LR	Local Rural	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 – 1.2
LU	Local Urbano	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 – 1.2
R	Rural	-	Bajo	-	-	-

Fuente: Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras. Capítulo 4. Hombros y Espaldones - Cuadro 4.2 (página 142)

Sin embargo, esta condición se establece únicamente para carreteras con medianas, si bien como se ha mencionado anteriormente esta carretera carece de mediana por lo tanto como alternativa, se deben proveer refugios para vehículos cada 400 metros a cada lado, provistos de sus secciones de transición tanto para el ingreso como para la salida de dichas instalaciones de emergencia. La carretera cuenta con un ancho de andén predominante de 1.60m presentando ausencia en el tramo del kilómetro 9 al 10.5. y del 13.5 al 14 (El Rodeo). Donde hay abundancia de peatones, los volúmenes de tránsito son elevados y las velocidades permitidas son significativas (mayores de 60 kilómetros por hora) por lo tanto es recomendable que, al lado de los carriles exteriores, se construyan aceras o banquetas para la circulación peatonal.

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Dando respuesta a los objetivos planteados, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

De la identificación y evaluación de datos estadísticos, estudiados en el capítulo de accidentabilidad proporcionados por la policía Nacional, se puede cuantificar desde el año 2017 hasta el 2021 un total de 675 accidentes. Como resultado de las colisiones entre vehículos, la causa que está presente en mayor magnitud en cada una de las estaciones fue la de no guardar distancia.

El tramo estudiado se conforma por 5 puntos críticos según el resumen anual estadístico de accidentes de la autoridad vial, es decir puntos donde la frecuencia de mortalidad y morbilidad presentan valores elevados, tal es el caso del Km 10 con 197 accidentes registrados, seguido del kilómetro 12 con 142 accidentes

La cifra de accidentes registradas por las autoridades desata una necesidad inminente de implementar estrategias, planes, programas de capacitación y proyectos, encaminados a la minimización del riesgo de accidentalidad vial.

Con respecto al aforo, se logró concluir que el mayor porcentaje de vehículos que circula por este tramo, son livianos con un 85.17% y 83.12%, en la estación 10+500, y estación 13+500 con 80.82% y 80.87% para ambos sentidos. En cuanto a los niveles de servicio, ambas estaciones se encuentran operando dentro del nivel E.

La hora de Máxima Demanda calculada para la Estación 10+500, en sentido Sur a Norte, fue dentro de las 7:00-8:00am, con 2016 veh/h y en sentido Norte a Sur, fue de 5:00-6:00pm con 1265 veh/h, en el caso de la estación 13+500, la hora pico en sentido Sur a Norte estuvo entre las 7:00-8:00am con un total de 1158 veh/h y en sentido Norte a Sur, entre las 5:00-6:00pm con 888 veh/h.

Para el estudio de velocidad se trabajó con el 20% de la estación de control más cercana, dando un total de 3840 vehículos, de los cuales se dividió el 25% en la estación 10+500, en sentido Norte a Sur, el 25% en sentido Sur a Norte, dando el 50% del total de vehículos a registrar y de igual manera el otro 50% en la estación 13+500. De estos datos concluimos que el 77% de vehículos que circulan en éste trayecto exceden los límites de velocidad.

En cuanto al inventario, el tramo no presenta daños graves en el pavimento, más que desgastes y fisuras en la carpeta de rodamiento. Cuenta con señales verticales parcialmente oxidadas en su estructura y señales horizontales desgastadas. De igual forma consideramos que el tramo presenta ausencia de dispositivos de control de tránsito en puntos con alta presencia de escolares, peatones y zonas comerciales.

Por último, concluimos que el drenaje a lo largo del tramo es adecuado, las cunetas no presentan daños visuales, ni asentamientos que afecten la evacuación de agua superficiales.

# RECOMENDACIONES

## **RECOMENDACIONES**

Al FOMAV, por la falta de mantenimientos periódicos, con el objetivo de garantizar la seguridad de los usuarios, respetando las normas técnicas que establece el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras (Edición 2010) y utilizando el personal adecuado. De esta forma aseguramos que la calzada este construida con una superficie uniforme, resistente al patinaje, para toda condición ambiental sobre la carretera.

Se recomienda la determinación de paradas de transporte urbano colectivo. Así como la delimitación de bahía y caseta correspondiente.

Realizar campañas de educación vial, así como capacitaciones en centros educativos a escolares y conductores. Es necesario en este punto la intervención por parte de la Policía Nacional, ejercer mayor cumplimiento en las normas de circulación.

Toda señalización tiene una vida útil que es función de los materiales utilizados en su fabricación, de la acción del medio ambiente, de agentes externos y de la permanencia de las condiciones que la justifican. Por ello, resulta imprescindible que las autoridades responsables de la instalación y mantenimiento de las señales cuenten con un catastro de ellas y con un programa de mantenimiento e inspección que asegure su oportuna. La señalización limpia, legible, visible, en buen estado y pertinente inspira respeto en los conductores y peatones.

# BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFIA

- Americanos, O. d. (7-12 de Julio de 1975). *biblioteca.mti.gob.ni*. Obtenido de <http://biblioteca.mti.gob.ni:8080/docushare/dsweb/Get/DocumentosTecnicos-17/Consideraciones%20Hist%C3%B3rico%20-%20Panamericana.pdf>
- Comunicación, Equipo. (25 de Mayo de 2016). *eadic*. Obtenido de eadic: <https://www.eadic.com/estudio-de-transito-impactos-resultados-y-herramientas/>
- Congreso Panamericano de Carreteras, Delegación De Nicaragua. (1975). *Consideraciones de orden histórico sobre la Carretera Panamericana, Sección: Nicaragua*. Delegación de Nicaragua, San José, Costa Rica.
- Cultura Vial*. (26 de Mayo de 2011). Obtenido de <http://culturavial.com/2011/05/que-es-seguridad-vial/>
- Felizia, I. J., & Felizia, I. (2015). *HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010 AUTOPISTAS*.
- Humberto Galo, R. (20 de Febrero de 2018). Desarrollan obras para ampliar carretera Sur. *El Nuevo Diario*.
- Liderman*. (2017). Obtenido de <https://www.liderman.com.pe/que-es-seguridad-vial/>
- Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geometrico de Carreteras. (2011). 141.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2008). *Manual Para la Revi3n de Estudios de Tr3nsito*. Managua.
- Montiel L3pez, M. J. (Noviembre de 2018). Estudio de accidentabilidad del tramo de carretera sur Nic-2, km 64 al km 80, empalme El Grajinan-puente Ochomogo, Granada, Nicaragua. *Repositorio Centroamericano SIIDCA-CSUCA*.
- Montiel, A. (17 de Marzo de 2017). Monograf3a de Seguridad Vial Melsinho. Granada, Nicaragua.
- V3squez Cruz, V. A., & Jimenez Monteza, D. O. (2015). Organizaci3n de las Intersecciones Urbanas en la Ciudad de Tarapoto. Tarapoto, Tarapoto, Per3.



**ANEXO**

## ANEXOS

Tabla 35 Accidentes km 9 al km 14, Carretera sur, en el año 2021.

No	Tipo de accidente		Causa inmediata	Dirección exacta	Hora	Fecha
1	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 12.5 carretera sur frente al super la colonia	06:15pm	06/01/2021
2	Colisión vehículos	entre	Giros indebidos	Km 12 carretera sur	06:20am	09/01/2021
3	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 12 carretera sur	06:39am	15/01/2021
4	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10.5 carretera sur frente am pm	11:30am	15/01/2021
5	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 11 carretera sur entrada a residencial sosiego	06:45am	16/01/2021
6	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 10 carretera sur cruce Nejapa	9:30am	18/01/2021
7	Con objeto fijo		Falta prec.al retroc.	Km 12.5 carretera sur parqueo super la colonia	7:30pm	20/01/2021
8	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Km 9.5 carretera sur	03:29pm	25/01/2021
9	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Hotel ticomo 4c al sur	09:00pm	25/01/2021
10	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 12 carretera sur frente a super la colonia	08:50pm	30/01/2021
11	Con objeto fijo		Falta de pericia	Km 13.5 carretera sur	05:35am	31/01/2021
12	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 12.7 carretera sur frente montetabor	08:00pm	31/01/2021
13	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Km 10.5 carretera sur	07:28:00	05/02/2021
14	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10.5 carretera sur frente a am pm	15:30:00	05/02/2021
15	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 10.5 carretera sur frente a am pm	17:40:00	05/02/2021
16	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Parqueo interno iglesia monte tabor	18:00:00	05/02/2021

No	Tipo de accidente		Causa inmediata	Dirección exacta	Hora	Fecha
25	Colisión vehículos	entre	Conducir c/la vía	Km 12.5 carretera sur pulpería Guadalupe 200vrs al este los solices	16:15:00	24/02/2021
26	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 9 carretera sur	01:00:00	24/02/2021
27	Con objeto fijo		Giros indebidos	Km 9 carretera sur frente a gasolinera puma	01:50:00	28/02/2021
28	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 10.5 carretera sur frente am pm	14:40:00	02/03/2021
29	Colisión vehículos	entre	Giros indebidos	Km 12.5 carretera sur	12:30:00	03/03/2021
30	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 11 carretera sur frente a gasolinera uno	07:10:00	04/03/2021
31	Colisión vehículos	entre	Giros indebidos	Km 14 carretera sur	15:00:00	04/03/2021
32	Colisión vehículos	entre	Desatender señales	Km 10.5 carretera sur	17:07:00	09/03/2021
33	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 11 carretera sur	07:15:00	11/03/2021
34	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 10 carretera sur entrada a colegio alemán	12:15:00	11/03/2021
35	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 9 carretera sur	18:45:00	12/03/2021
36	Colisión vehículos	entre	Falta de pericia	Km 13.8 carretera sur residencial santa María casa número 13	12:30:00	13/03/2021
37	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 11 carretera sur	21:45:00	13/03/2021
38	Colisión vehículos	entre	Desatender señales	Km 10.5 carretera sur entrada al colegio alemán nicaragüense	07:51:00	15/03/2021
39	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 11.5 carretera sur	11:50:00	17/03/2021
40	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 10 1/2 carretera sur plaza	10:00:00	19/03/2021
41	Atropello de peatones		Exceso de velocidad	Km 11.5 carretera sur	05:20:00	25/03/2021
42	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 13.5 carretera sur	16:55:00	30/03/2021
43	Colisión	entre	Inyedir carril	Km 12 carretera sur	18:30:00	04/04/2021

No	Tipo de accidente		Causa inmediata	Dirección exacta	Hora	Fecha
52	Colisión vehículos	entre	Giros indebidos	Km 10.5 carretera sur frente a gasolinera uno	01:30:00	25/04/2021
53	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 13 carretera sur frente a la embajada de Francia	06:31:00	26/04/2021
54	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 13 carretera sur frente a la embajada de Francia	06:33:00	26/04/2021
55	Colisión vehículos	entre	Desatender señales	Km 12 carretera sur frente al super la colonia	10:31:00	01/05/2021
56	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 12.5 carretera sur 2c al oeste 5c al norte barrio Hilario Sánchez )	07:15:00	04/05/2021
57	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 9.5 carretera sur	01:45:00	05/05/2021
58	Con objeto fijo		Giros indebidos	Km 9.5 carretera sur	06:30:00	04/05/2021
59	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 12.7 carretera sur frente a parroquia monte tabor	06:50:00	14/05/2021
60	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 12.5 carretera sur frente a la colonia	12:15:00	16/05/2021
61	Caída de pasajeros		F. Prec. Al abrir la puerta	Km 12.5 carretera sur barrio Hilario Sánchez	06:23:00	20/05/2021
62	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 12.5 carretera sur entrada a monte tabor	06:50:00	24/05/2021
63	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 10.5 carretera sur frente a entrada colegio alemán	14:39:00	27/05/2021
64	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Km 10.5 carretera sur	18:30:00	29/05/2021
65	Colisión vehículos	entre	Desatender señales	Km 10 carretera sur contiguo a gasolinera uno	08:00:00	02/06/2021
66	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10.5 carretera sur	11:30:00	05/06/2021
67	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 13.8 carretera sur	11:50:00	05/06/2021
68	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Km 11.5 carretera sur	06:40:00	07/06/2021
69	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 9.5 carretera sur	18:40:00	08/06/2021
70	Colisión	entre	Giros indebidos	Km 9 carretera sur	07:15:00	11/06/2021

No	Tipo de accidente		Causa inmediata	Dirección exacta	Hora	Fecha
79	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 11.5 carretera sur	21:19:00	11/07/2021
80	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 10.5 carretera sur frente gasolinera uno	13:15:00	12/07/2021
81	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 11.9 carretera sur colegio calazan 150m al sur 200mts al oeste 50mts al norte	11:12:00	15/07/2021
82	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 12 carretera sur	17:20:00	17/07/2021
83	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10.5 carretera sur 2c al oeste 5c al norte 500mts al oeste	08:45:00	18/07/2021
84	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 10 carretera sur	14:55:00	19/07/2021
85	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 11 carretera sur frente a colegio calasanz	17:39:00	20/07/2021
86	Sin contacto		Interceptar el paso	Km 11.2 carretera sur	06:17:00	21/07/2021
87	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 10.5 carretera sur intersección gasolinera uno	18:40:00	21/07/2021
88	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 12.5 carretera sur entrada a Hilario Sánchez	19:00:00	25/07/2021
89	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Km 12.5 carretera sur	20:05:00	01/08/2021
90	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 9 carretera sur frente kinder ms Claudia	08:00:00	03/08/2021
91	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 12 carretera sur	06:30:00	05/08/2021
92	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Km 9.5 carretera sur	15:30:00	07/08/2021
93	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 13.1 carretera sur entrada el Carmen el crucero	10:00:00	16/08/2021
94	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10.5 carretera sur	18:21:00	18/08/2021
95	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Km 11.3 carretera sur frente a la embajada de Brasil	15:50:00	21/08/2021
96	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 12 carretera sur	09:55:00	28/08/2021

No	Tipo de accidente		Causa inmediata	Dirección exacta	Hora	Fecha
106	Colisión vehículos	entre	Falta de pericia	Km 9 carretera sur	16:15:00	24/09/2021
107	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 11.5 carretera sur	19:40:00	24/09/2021
108	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 13.5 carretera sur	21:17:00	24/09/2021
109	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10 carretera sur	12:00:00	25/09/2021
110	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 9 carretera sur	16:30:00	01/10/2021
111	Colisión vehículos	entre	Invadir carril	Km 10.5 carretera sur	17:30:00	05/10/2021
112	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 12.5 carretera sur	08:00:00	08/10/2021
113	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10 carretera sur	19:00:00	09/10/2021
114	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 13 carretera sur	16:41:00	10/10/2021
115	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Entrada serranías km 12 carretera sur 2c al oeste 6c al norte	12:15:00	18/10/2021
116	Colisión vehículos	entre	Giros indebidos	Km 13.2 carretera sur	13:35:00	19/10/2021
117	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 9.5 carretera sur	07:20:00	22/10/2021
118	Con objeto fijo		Falta de pericia	Km 9 carretera sur	23:25:00	24/10/2021
119	Atropello de peatones		Imprudencia peatonal	Km 9 carretera sur costado este banco banpro	16:30:00	25/10/2021
120	Colisión vehículos	entre	Interceptar el paso	Km 10.5 carretera sur	07:10:00	01/11/2021
121	Colisión vehículos	entre	Desatender señales	Km 10.5 carretera sur	14:30:00	01/11/2021
122	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 11 carretera sur	16:09:00	03/11/2021
123	Colisión vehículos	entre	Conducir c/la vía	Km 11 carretera sur	047:40	04/11/2021
124	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 11 carretera sur	10:30:00	09/11/2021

No	Tipo de accidente		Causa inmediata	Dirección exacta	Hora	Fecha
133	Con objeto fijo		Salido de la vía	Km 9.5 carretera sur vuelta de ticomó	05:00:00	03/12/2021
134	Atropello de peatones		Violación peatonal	Km 10.8 carretera sur	18:30:00	04/12/2021
135	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 12.5 carretera sur	08:00:00	06/12/2021
136	Colisión vehículos	entre	Falta prec.al retroc.	Km 10 carretera sur	19:54:00	10/12/2021
137	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10.5 carretera sur	10:10:00	20/12/2021
138	Colisión vehículos	entre	No guardar distancia	Km 10.1 carretera sur frente a gasolinera uno	22:00:00	30/12/2021

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 36 Aforo vehicular, km 10.5, carretera sur, ambos sentidos/03-mayo-2021.

Universidad nacional de ingeniería														
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones														
Estación		Conteo vehicular												
Tramo: <u>monte tabor al km 10.5</u>		Fecha	3	5	22	Secuencial			Contador de tráfico					
Ambos sentidos								0	1	Coordinador de sitio				
		Vehículos de pasajeros						Vehículos comerciales						
		Vehículos Livianos				Autobuses		Camiones				Ca Ren C		
HORA		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick- Up	Microbús <15 pas	Minibús 15- 20 pas	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ton

Universidad nacional de ingeniería														
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones														
Estación														
		Conteo vehicular												
Tramo: <u>monte tabor al km 10.5</u>		Fecha		3	5	22	Secuencial			Contador de tráfico				
									0	1				
Ambos sentidos		Coordinador de sitio												
HORA		Vehículos de pasajeros							Vehículos pesados					
		Vehículos Livianos					Autobuses		Camiones				Camión Remolque C	
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes
7:45 a.m.	A	1	112	110	64	87	5	24	7	14	6	1		
8:00 a.m.	A	7	67	86	39	66	8	17	3	14	11	1		
8:15 a.m.	A	1	50	58	65	72	4	9	3	10	5			
8:30 a.m.	A	1	71	94	70	79	4	10	3	20	9			
8:45 a.m.	A		62	61	37	61	11	13	3	14	8	2		
9:00 a.m.	A	2	66	79	44	46	6	16	0	21	7	2		
9:15 a.m.	A	2	53	68	54	75	7	17	7	20	11	1		
9:30 a.m.	A	2	46	54	44	60	9	9	0	6	9	2		
9:45 a.m.	A		62	77	38	72	4	14	6	17	4	1		

Universidad nacional de ingeniería														
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones														
Estación														
		Conteo vehicular												
Tramo: <u>monte tabor al km 10.5</u>		Fecha		3	5	22	Secuencial			Contador de tráfico				
									0	1				
Ambos sentidos		Coordinador de sitio												
		Vehículos de pasajeros								Vehículos pesados				
		Vehículos Livianos				Autobuses				Camiones			Camión Remolque C	
HORA		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes
12:00 m.d a 12:15.m.d			43	76	48	44	6	15	1	10	6	1		
12:15 m.d. A 12:30 m.d.			52	101	68	68	4	10	3	10	6			
12:30 m.d a 12:45 m.d			45	85	59	68	6	9	5	7	9	3		
12:45 m.d a 1:00 p.m.			56	79	63	59	6	21	4	12	14			
1:00 p.m. A 1:15 p.m		1	41	76	58	60	9	14	5	13	6	2		
1:15 p.m. A 1:30 p.m			39	81	64	66	8	12	2	10	8	1		
1:30 p.m. A 1:45 p.m			39	63	58	50	10	12	6	6	11	4		
1:45 p.m. A 2:00 p.m			38	54	41	52	9	13	3	9	11	1		
2:00 p.m. A			51	58	49	49	9	15	2	10	11	1		

Universidad nacional de ingeniería														
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones														
Estación														
		Conteo vehicular												
Tramo: <u>monte tabor al km 10.5</u>		Fecha		3	5	22	Secuencial			Contador de tráfico				
									0	1				
Ambos sentidos		Coordinador de sitio												
HORA		Vehículos de pasajeros							Vehículos comerciales					
		Vehículos Livianos					Autobuses		Camiones				Camión Remolque C	
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes
4:15 p.m.	A		98	123	66	65	6	16	4	14	5			
4:30 p.m.	A		126	130	94	73	6	20	2	21	6			
4:45 p.m.	A	6	93	117	87	69	11	24	2	20	5		1	
5:00 p.m.	A	1	139	111	61	62	15	20	5	22	6			
5:15 p.m.	A	1	146	139	66	67	3	18	4	21	6	1		
5:30 p.m.	A	1	149	135	54	81	16	22	2	9	3			
5:45 p.m.	A		165	138	63	76	8	20	3	13	8	1		
6:00 p.m.	A													
<b>Total</b>		53	3839	4532	2818	3101	343	810	197	706	326	55	1	1

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 37 Aforo vehicular, km 10.5, Carretera sur, ambos sentidos/04-mayo-2021.

Universidad nacional de ingeniería															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
estación		Conteo vehicular													
Tramo: 10.5		monte tabor al km			Fecha	3	5	22	Secuencial			Contador de trafico			0
Ambos Sentidos						3	5	20	22		0	1	Coordinador de sitio		0
Hora	Vehículos de pasajeros								Vehículos de camiones						
	Vehículos livianos					Autobuses			Camiones			Camión remolque CX-RX			
	Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	> 4 ejes	
6:00 a.m. A 6:15a.m.	4	114	86	39	38	5	27	7	7	3	2	0	0		
6:15 a.m. A 6:30a.m.	1	116	102	58	50	8	25	1	10	3	0	0	0		
6:30 a.m. A 6:45a.m.	0	155	174	108	64	8	32	6	9	7	1	0	0		
6:45 a.m. A 7:00a.m.	2	147	165	126	81	2	36	4	13	7	1	0	0		
7:00 a.m. A 7:15a.m.	1	172	236	128	121	1	23	3	14	3	1	0	0		

Universidad nacional de ingeniería																									
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones																									
estación																									
		Conteo vehicular																							
Tramo: 10.5		monte tabor al km			Fecha			3			5			22			Secuencial			Contador de trafico			0		
								3			5			20			22			0			1		
Ambos Sentidos		:													Coordinador de sitio			0							
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículos de camiones																
		Vehículos livianos					Autobuses		Camiones				Camión remolque												
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	> 4 ejes										
8:30 a.m. A 8:45a.m.		0	73	93	76	57	11	12	4	9	5	0	0	0											
8:45 a.m. A 9:00a.m.		0	80	86	75	76	6	16	6	15	4	1	0	1											
9:00 a.m. A 9:15a.m.		0	51	66	58	59	7	10	0	15	14	0	0	0											
9:15 a.m. A 9:30a.m.		0	61	60	66	60	12	9	6	17	4	3	0	0											
9:30 a.m. A 9:45a.m.		0	52	67	58	51	7	15	4	16	7	0	0	0											
9:45 a.m. A 10:00a.m.		0	72	78	64	50	8	6	4	11	10	2	0	1											

Universidad nacional de ingeniería														
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones														
estación		Conteo vehicular												
Tramo: monte tabor al km 10.5		Fecha			3	5	22	Secuencial			Contador de trafico			0
Ambos Sentidos		:			3	5	20	22	0	1	Coordinador de sitio			0
Hora	Vehículos de pasajeros								Vehículos de camiones					
	Vehículos livianos					Autobuses			Camiones				Camión remolque cx-rx	
	Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	> 4 ejes
11:30 a.m. A 11:45a.m.	0	46	76	36	43	10	11	3	25	11	2	0	0	
11:45 a.m. A 12:00 m.d.	0	59	73	58	45	6	17	3	14	8	1	0	1	
12:00 m.d a 12:15.m.d	0	39	82	63	43	7	12	2	11	4	2	0	0	
12:15 m.d. A 12:30 m.d.	0	42	76	61	42	8	14	4	10	8	4	1	0	
12:30 m.d a 12:45 m.d	0	49	84	61	43	11	18	4	11	11	2	1	0	
12:45 m.d a 1:00 p.m.	0	42	115	89	65	8	19	2	10	5	1	1	0	

Universidad nacional de ingeniería															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
estación															
		Conteo vehicular													
Tramo: monte tabor al km 10.5		Fecha			3	5	22	Secuencial			Contador de trafico			0	
					3	5	20	22		0	1	Coordinador de sitio			0
Ambos Sentidos															
Hora	Vehículos de pasajeros								Vehículos de						
	Vehículos livianos					Autobuses			Camiones			Camión remolque cx-rx			
	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	
2:30 p.m. A 2:45 p.m	0	42	82	51	49	10	11	2	15	10	3	0	0		
2:45 p.m. A 3:00 p.m	0	48	59	59	46	6	15	0	16	8	0	0	1		
3:00 p.m. A 3:15 p.m	1	51	99	70	69	7	15	5	17	7	7	0	0		
3:15 p.m. A 3:30 p.m	0	48	60	58	53	6	12	2	12	4	0	0	0		
3:30 p.m. A 3:45 p.m	0	51	51	56	41	6	8	2	13	4	2	0	0		
3:45 p.m. A 4:00 p.m	2	60	76	69	55	10	15	3	17	9	0	0	1		

Universidad nacional de ingeniería															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
estación		Conteo vehicular													
Tramo: monte tabor al km 10.5		Fecha			3	5	22	Secuencial			Contador de trafico			0	
Ambos Sentidos					3	5	20	22		0	1	Coordinador de sitio			0
Hora	Vehículos de pasajeros								Vehículos de camiones						
	Vehículos livianos					Autobuses			Camiones				Camión remolque cx-rx		
	Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	> 4 ejes	
5:30 p.m. A 5:45 p.m	0	130	111	51	78	6	17	6	11	9	0	0	0		
5:45 p.m. A 6:00 p.m	1	121	135	61	68	7	20	14	8	4	0	0	0		
Total	24	3676	4476	3219	2896	345	766	161	659	360	70	4	13		

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 38 Aforo vehicular, km 10.5, Carretera sur, ambos sentidos/05-mayo-2021.

Universidad nacional de ingeniería														
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones														
estación		Conteo vehicular												
Tramo:		monte tabor al km			Fecha			Secuencial			Contador de trafico			
10.5					3 5 22									
								3 5 20 22			0 1			
Ambos Sentido		:									Coordinador de sitio			C
Hora	Vehículos de pasajeros								Vehículos de carga					
	Vehículos livianos					Autobuses			Camiones				Camión remolque	
	Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	CX-RX
6:00 a.m. A 6:15a.m.	6	56	62	24	39	8	19	5	7	5	1	0	0	
6:15 a.m. A 6:30a.m.	1	150	144	93	61	3	48	1	14	3	0	0	2	
6:30 a.m. A 6:45a.m.	1	134	148	86	80	4	18	6	10	2	3	0	2	
6:45 a.m. A 7:00a.m.	4	133	145	103	87	1	20	2	8	0	1	0	0	
7:00 a.m. A 7:15a.m.	0	150	183	120	104	3	29	7	17	3	0	0	0	
7:15 a.m. A 7:30a.m.	0	150	202	135	96	2	12	6	8	15	2	0	1	
7:30 a.m. A 7:45a.m.	1	90	98	61	56	5	15	7	12	2	0	0	0	

Universidad nacional de ingeniería															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
estación															
		Conteo vehicular													
Tramo:		monte tabor al km			Fecha			Secuencial			Contador de trafico				
10.5					3 5 22										
Ambos Sentido											Coordinador de sitio				
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículos de carga						
		Vehículos livianos				Autobuses			Camiones				Camión remolque		
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	> 4 ejes
9:45 a.m. A 10:00a.m.		0	46	69	36	58	6	8	5	12	5	2	0	2	
10:00 a.m. A 10:15a.m.		1	53	72	48	41	5	6	1	14	13	2	0	0	
10:15 a.m. A 10:30a.m.		1	43	63	46	52	3	16	2	22	5	1	0	0	
10:30 a.m. A 10:45a.m.		0	25	43	35	35	3	6	1	4	4	1	0	0	
10:45 a.m. A 11:00a.m.		1	46	63	34	41	3	16	4	13	7	1	0	0	
11:00 a.m. A 11:15a.m.		0	32	45	44	38	7	9	2	15	4	2	0	0	
11:15 a.m. A 11:30a.m.		0	50	54	57	65	3	13	4	13	6	2	0	1	
11:30 a.m. A 11:45a.m.		0	36	56	46	53	5	19	3	12	9	3	0	1	

Universidad nacional de ingeniería															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
estación															
		Conteo vehicular													
Tramo:		monte tabor al km			Fecha			Secuencial			Contador de trafico				
10.5					3 5 22										
Ambos Sentido		:									Coordinador de sitio				
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículos de carga						
		Vehículos livianos				Autobuses			Camiones				Camión remolque		
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	> 4 ejes
1:45 p.m. A		0	50	84	53	59	7	13	4	14	10	4	0	0	
2:00 p.m		0	46	88	59	47	7	13	4	13	7	0	0	1	
2:15 p.m		0	53	91	77	69	6	14	1	22	13	3	0	1	
2:30 p.m		0	55	85	61	57	3	8	8	20	5	1	0	0	
2:45 p.m		0	68	78	82	64	4	19	5	22	4	5	0	4	
3:00 p.m		0	55	85	67	59	4	15	7	13	5	1	0	1	
3:15 p.m		0	54	105	72	85	1	28	4	20	9	2	0	0	
3:30 p.m		0	67	103	75	54	11	17	2	22	5	1	0	0	
3:45 p.m		0	67	103	75	54	11	17	2	22	5	1	0	0	

Universidad nacional de ingeniería																									
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones																									
estación																									
		Conteo vehicular																							
Tramo:		monte tabor al km			Fecha			3			5			22			Secuencial			Contador de trafico					
10.5								3			5			20			22			0			1		
Ambos Sentido		:																							
		Coordinador de sitio																							
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículos de camión																
		Vehículos livianos					Autobuses		Camiones				Camión remolque (cx-r)												
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes											
5:45 p.m. A 6:00 p.m		3	126	112	48	85	4	24	6	12	14	2	0	0											
Total		39	3540	4290	2916	2982	252	824	173	717	380	89	0	28											

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 39 Volumen hora y máxima demanda y VH15 Máx., km 10. Carretera sur

Aforo vehicular, km 10.5 carretera sur						
Fecha	Sentido	Hora pico	Vhmd (veh)	Periodo 15 min (veh)	Vh15	Qmáx
04/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1536	7:30am-7:45am	419	9014
05/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	2016	7:15am-7:30am	677	10334
06/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1393	7:15am-7:30am	423	8594
04/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	1265	5:45pm-6:00pm	355	8012
05/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	1064	5:30pm-5:45pm	294	6558
06/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	1083	4:45pm-5:00pm	287	7810

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 40 Resumen total por tipo km 10.5, Carretera sur.

Resumen total km 10.5 carretera sur por tipo									
Día	Norte-sur Vehiculos	Sur-norte Vehiculos	Total Vehic ulos	Vehículos livianos	%	Vehiculos de transporte publico	%	Transporte pesado	%
04/05/2022	8012	9014	17026	14343	84.24	1350	7.93	1333	7.83
05/05/2022	6558	10334	16892	14291	84.60	1272	7.53	1329	7.87
06/05/2022	7810	8594	16404	13767	83.92	1249	7.61	1388	8.46

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 41 Aforo vehicular, km 13.5, Carretera sur, ambos sentidos/03-mayo-2021.

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito																
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones																
Conteo vehicular																
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico			
10.5							4	5	20	22		0	1			
Ambos Sentidos		:												Coordinador de sitio		
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículo							
		Vehículos livianos				Autobuses			Camiones			C				
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 eje		
6:00 a.m.	A	3	97	55	23	32	4	23	5	9	4	1	0	0		
6:15 a.m.	A	0	114	59	31	40	6	18	5	10	4	0	0	0		
6:30 a.m.	A	1	175	98	31	56	28	2	3	17	5	2	0	0		
6:45 a.m.	A	3	186	93	49	51	21	5	4	7	2	1	0	0		
7:00 a.m.	A	1	155	123	33	48	21	3	6	13	8	0	0	0		
7:15 a.m.	A	1	135	105	28	65	9	1	5	18	2	1	0	0		
7:30 a.m.	A	5	147	117	50	61	24	1	0	0	1	1	0	0		

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito																
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones																
Conteo vehicular																
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico			
10.5							4	5	20	22		0	1			
Ambos Sentidos		:											Coordinador de sitio			
Hora		Vehículos de pasajeros								Vehículo						
		Vehículos livianos				Autobuses				Camiones			C			
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 eje		
9:45 a.m. A		0	46	40	23	37	14	1	2	13	6	1	0	0		
10:00a.m.																
10:00 a.m. A		0	55	50	28	40	14	1	5	14	2	0	0	0		
10:15a.m.																
10:15 a.m. A		2	44	31	28	35	14	0	3	12	5	0	0	0		
10:30a.m.																
10:30 a.m. A		2	41	38	31	36	7	1	4	6	7	0	0	0		
10:45a.m.																
10:45 a.m. A		1	43	43	31	35	15	1	3	8	3	3	0	0		
11:00a.m.																
11:00 a.m. A		0	56	30	31	48	14	2	5	7	8	2	0	1		
11:15a.m.																
11:15 a.m. A		2	48	50	21	30	12	0	1	12	5	1	0	2		
11:30a.m.																
11:30 a.m. A		1	56	55	31	41	20	1	5	18	5	2	0	1		

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
Conteo vehicular															
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico		
10.5															
							4	5	20	22		0	1		
Ambos Sentidos		:					Coordinador de sitio								
Hora	Vehículos de pasajeros										Vehículo				
	Vehículos livianos					Autobuses			Camiones			C			
	Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick-up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 eje		
1:45 p.m. A	0	36	45	23	42	22	0	1	12	5	0	0	1		
2:00 p.m. A	0	31	47	17	25	21	0	5	14	7	1	0	0		
2:15 p.m. A	0	50	56	31	34	23	1	4	17	9	1	0	0		
2:30 p.m. A	4	48	57	27	23	4	15	3	13	5	2	0	0		
2:45 p.m. A	0	48	52	25	33	5	7	1	8	1	0	0	1		
3:00 p.m. A	0	45	41	15	34	9	13	5	13	5	2	0	1		
3:15 p.m. A	0	50	55	32	33	5	12	2	17	5	3	0	1		
3:30 p.m. A	0	46	51	31	34	5	12	2	18	5	0	0	1		

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito																													
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones																													
Conteo vehicular																													
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4			5		22		Secuencial		Contador de trafico													
10.5							4			5		20		22		0 1													
Ambos Sentidos		:												Coordinador de sitio															
Hora																													
Vehículos de pasajeros																													
Vehículos livianos																													
Autobuses																													
Camiones																													
Bicicletas																													
Motos																													
Autos																													
Jeep / suv																													
Pick-up																													
Microbús <15 pax																													
Minibús 15-30 pax																													
Grande																													
Camión ligero																													
C2 > 4 ton																													
C3																													
C4																													
≤ 4 eje																													
5:45 p.m. A		0			83		84			35		42		1		23		3		9		4		0		1		0	
6:00 p.m		40			3333		2796			1394		1888		615		288		184		576		231		53		1		19	
<b>Total</b>		40			3333		2796			1394		1888		615		288		184		576		231		53		1		19	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 42 Aforo vehicular, km 13.5, Carretera sur, ambos sentidos/04-mayo-2021.

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito																
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones																
Conteo vehicular																
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico			
10.5							4	5	20	22		0	1			
Sentido s-n		:												Coordinador de sitio		
Hora		Vehículos de pasajeros										Vehículo				
		Vehículos livianos					Autobuses			Camiones						
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick- up	Microbús <15 pax	Minibús 15- 30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 eje		
6:00 a.m.	A	3	92	58	22	28	4	22	5	9	4	0	0	0		
6:15 a.m.	A	2	123	67	34	39	5	24	7	10	4	2	0	0		
6:30 a.m.	A	2	190	100	29	38	7	19	4	5	6	0	0	0		
6:45 a.m.	A	0	179	128	35	36	4	21	8	16	3	1	0	0		
7:00 a.m.	A	3	153	106	31	56	6	22	6	8	4	1	0	0		
7:15 a.m.	A	0	155	118	43	57	3	12	4	10	3	0	0	0		
7:30 a.m.	A	1	150	112	47	56	5	20	8	12	3	1	0	0		

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
Conteo vehicular															
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico		
10.5															
							4	5	20	22		0	1		
Sentido s-n		:												Coordinador de sitio	
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículos pesados						
		Vehículos livianos					Autobuses		Camiones			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	
9:45 a.m. A 10:00a.m.		1	46	42	35	37	8	10	3	8	4	1	2	0	
10:00 a.m. A 10:15a.m.		0	32	40	22	22	5	11	5	7	3	1	0	0	
10:15 a.m. A 10:30a.m.		0	34	48	26	42	2	9	3	10	7	0	0	0	
10:30 a.m. A 10:45a.m.		0	35	44	28	37	7	10	4	9	14	1	0	0	
10:45 a.m. A 11:00a.m.		0	42	46	16	25	9	10	3	8	5	0	0	0	
11:00 a.m. A 11:15a.m.		0	62	48	33	29	5	12	4	13	6	1	0	0	
11:15 a.m. A 11:30a.m.		0	37	47	19	29	0	12	1	15	1	3	0	0	
11:30 a.m. A 11:45a.m.		0	68	57	10	20	0	11	2	10	5	0	0	0	

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
Conteo vehicular															
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico		
10.5															
							4	5	20	22		0	1		
Sentido s-n		:												Coordinador de sitio	
Hora		Vehículos de pasajeros								Vehículo					
		Vehículos livianos					Autobuses			Camiones			C		
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick- up	Microbús <15 pax	Minibús 15- 30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 eje	
1:45 p.m.	A	0	47	47	19	25	4	13	8	15	4	1	0	0	
2:00 p.m.	A	0	49	47	21	34	3	11	3	13	4	1	0	0	
2:15 p.m.	A	0	31	58	20	39	2	10	1	12	6	2	0	0	
2:30 p.m.	A	0	48	43	29	41	4	12	0	19	4	1	0	0	
2:45 p.m.	A	0	29	37	22	35	4	12	5	14	7	2	0	0	
3:00 p.m.	A	0	51	46	31	42	4	11	3	9	1	3	0	0	
3:15 p.m.	A	1	40	53	25	31	7	16	3	9	5	1	0	0	
3:30 p.m.	A	0	57	62	28	37	6	12	2	12	5	1	0	0	

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito														
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones														
Conteo vehicular														
Tramo:		monte tabor al km			Fecha			Secuencial			Contador de trafico			
10.5					4 5 22									
					4	5	20		22	0	1			
Sentido s-n		:									Coordinador de sitio			
Hora	Vehículos de pasajeros										Vehículo			
	Vehículos livianos					Autobuses			Camiones			C		
	Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick- up	Microbús <15 pax	Minibús 15- 30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 eje	
5:45 p.m. A	0	104	92	27	55	13	13	3	12	5	0	0	0	
6:00 p.m														
<b>Total</b>	27	3371	3015	1396	1804	276	651	178	530	221	44	2	0	

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 43 Aforo vehicular, km 13.5, carretera sur, ambos sentidos/05-mayo-2021.

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
Conteo vehicular															
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico		
10.5															
Sentido s-n		:					4	5	20	22		0	1	Coordinador de sitio	
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículo						
		Vehículos livianos				Autobuses			Camiones				re		
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick- up	Microbús <15 pax	Minibús 15- 30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 eje	
6:00 a.m. A 6:15a.m.		2	33	18	2	15	2	7	5	5	2	0	0	0	
6:15 a.m. A 6:30a.m.		5	118	66	32	34	2	27	4	15	2	1	0	1	
6:30 a.m. A 6:45a.m.		1	151	99	21	45	7	21	4	13	1	0	0	0	
6:45 a.m. A 7:00a.m.		1	187	113	38	45	3	20	6	25	1	2	0	0	
7:00 a.m. A 7:15a.m.		3	173	111	45	38	3	24	6	10	1	0	0	0	

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
Conteo vehicular															
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico		
10.5															
							4	5	20	22		0	1		
Sentido s-n		:												Coordinador de sitio	
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículos pesados						
		Vehículos livianos				Autobuses			Camiones			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	
9:15 a.m. A		1	50	39	24	36	1	10	5	12	3	2	0	1	
9:30a.m.															
9:30 a.m. A		0	39	40	28	42	5	14	2	8	9	2	0	0	
9:45a.m.															
9:45 a.m. A		1	38	59	23	42	3	8	3	14	6	2	0	0	
10:00a.m.															
10:00 a.m. A		0	34	53	37	29	7	13	6	20	4	1	0	0	
10:15a.m.															
10:15 a.m. A		3	27	33	27	31	5	12	1	6	2	0	0	1	
10:30a.m.															
10:30 a.m. A		0	45	58	22	30	0	9	0	13	5	2	0	0	
10:45a.m.															
10:45 a.m. A		1	39	53	28	30	10	13	4	11	3	0	0	0	
11:00a.m.															
11:00 a.m. A		0	51	22	20	20	8	7	1	0	4	0	0	0	

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito															
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones															
Conteo vehicular															
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4	5	22	Secuencial			Contador de trafico		
10.5															
							4	5	20	22		0	1		
Sentido s-n		:												Coordinador de sitio	
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículos de camión						
		Vehículos livianos				Autobuses			Camiones			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	
1:15 p.m.	A	0	37	49	31	34	4	11	2	9	3	1	0	0	
1:30 p.m.	A	0	40	45	28	31	2	14	4	9	5	1	0	0	
1:45 p.m.	A	0	38	49	32	30	4	4	10	9	2	1	0	0	
2:00 p.m.	A	0	38	67	26	25	7	15	6	12	7	0	0	0	
2:15 p.m.	A	0	42	54	33	48	3	9	0	10	6	1	0	0	
2:30 p.m.	A	0	44	45	34	40	7	11	4	10	5	3	0	0	
2:45 p.m.	A	0	52	44	45	41	4	13	3	19	6	2	0	0	
3:00 p.m.	A	0	47	46	31	30	2	10	2	12	4	0	0	0	

Universidad nacional de ingeniería- ingeniería de tránsito																
Estudio de seguridad vial carretera sur, tramo km. 9 al km. 14 y posibles soluciones																
Conteo vehicular																
Tramo:		monte tabor al km			Fecha		4		5		22		Secuencial		Contador de trafico	
10.5							4		5		20		22		0 1	
Sentido s-n		:													Coordinador de sitio	
Hora		Vehículos de pasajeros							Vehículos pesados							
		Vehículos livianos				Autobuses			Camiones			Otros				
		Bicicletas	Motos	Autos	Jeep / suv	Pick- up	Microbús <15 pax	Minibús 15- 30 pax	Grande	Camión ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 eje		
5:15 p.m. A		0	120	73	40	50	3	17	2	10	5	0	0	0		
5:30 p.m																
5:30 p.m. A		1	111	84	44	55	6	21	2	14	5	4	0	1		
5:45 p.m																
5:45 p.m. A		1	104	70	40	56	4	20	3	12	8	0	0	0		
6:00 p.m																
<b>Total</b>		46	3294	2856	1441	1808	197	675	169	588	215	47	2	9		

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 44 Volumen hora máxima demanda y VH15 máximo en km 13.5 Carretera sur.

Aforo vehicular, km 13.5 carretera sur						
Fecha	Sentido	Hora pico	Vhmd (veh)	Periodo 15 min (veh)	Vh15	Qmáx
04/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1050	6:45 am- 7:00 am	317	6169
05/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1158	7:30am-7:45am	331	6472
06/05/2022	S-N	7:00 am- 8:00 am	1118	7:00am-7:15am	313	6093
04/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	824	5:30pm-5:45pm	234	5473
05/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	888	5:30pm-5:45pm	228	5298
06/05/2022	N-S	5:00pm- 6:00 pm	879	5:30pm-5:45pm	247	5433

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 45 Resumen por tipo de vehículo

Resumen total km 13.5 carretera sur por tipo									
Día	Norte-Sur Vehículos	Sur-Norte Vehículos	Total Vehículos	Vehículos livianos	%	Vehículos de transporte publico	%	Transporte pesado	%
04/05/2022	5473	6169	11642	9451	81.18	1087	9.34	1104	9.48
05/05/2022	5298	6472	11770	9613	81.67	1105	9.39	1052	8.94
06/05/2022	5433	6093	11526	9445	81.95	1041	9.03	1040	9.02

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 46 Datos obtenidos para cálculo de niveles de servicio.

	9+000-10+500	10+500-14+000
BFF	47.300	47.300
fls	3.700	2.400
fa	0	0
Vvph	1354	662
FgATS	1.000	0.974
FhvATS	1.000	0.944
PT	0.078	0.089
ET	1.000	1.662
PR	0.000	0.000
ER	1.000	1.100
PHF	0.744	0.875
Vi	1008	579
FnpATS	0.769	1.440
FgPTSF	1.000	0.976
FhvPTSF	1.000	0.988
PT	0.078	0.089
ET	1.000	1.138
PR	0	0
ER	1.000	1.000
BPTSFd	88.284	63.226
a	-0.005724	-0.003672
b	0.821800	0.8585
Vd	1354	687
FnpPTSF	9.544	29.38

Fuente: Elaborado por sustentantes.