

Facultad de Tecnología de la Construcción

**“ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL  
DE 1.08 KM DE LONGITUD DEL  
TRAMO DE LOS SEMÁFOROS DEL  
MAYOREO HACIA LOS  
SEMÁFOROS EMPALME SABANA  
GRANDE, DISTRITO VI,  
MANAGUA, DEPARTAMENTO DE  
MANAGUA.”**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

Br. Sheyla Celeste  
Rodríguez  
Santamaría.  
Carnet: 2010330045

Br. Henry  
Normando Paramo  
Sequeira.  
Carnet: 2016-0494U

Br. Bryan  
Dayjami Ortiz  
Narváez.  
Carnet: 2015-  
08301

**Tutor:**

MSc. Ing.  
Gioconda Isabel  
Juárez Romero

# Índice

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
2.1. Objetivo general .....	6
2.2 Objetivos específicos .....	6
<b>III. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
3.1. Seguridad vial.....	7
3.1.1. Seguridad vial activa .....	7
3.1.2. Seguridad vial pasiva .....	7
3.1.3. Accidentabilidad.....	8
3.2. Estudio de tránsito.....	8
3.2.1. Aforo vehicular .....	9
3.2.2. Volumen de tránsito .....	9
3.2.2.1. Volumen (Q) y Tasa de Flujo o Flujo (q).....	9
3.2.3. Niveles de servicio .....	10
3.2.4. Descripción de los niveles de servicio .....	10
3.2.5. Volumen horario de máxima demanda (VHMD) .....	13
3.2.6. Factor hora de máxima demanda (FHMD).....	13
3.3. Inventario vial .....	14
3.4. Estudios de velocidad .....	14
3.4.1. Estudios de velocidad de punto .....	15
3.4.1. Estudios de velocidad de recorrido .....	16
3.5. Soluciones Técnico-Ingenieriles.....	16
<b>IV. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>17</b>
4.1. Tipo de Investigación.....	17
4.2 Estudio de accidentalidad.....	17
4.3 Estudio de tránsito.....	17
4.4 Inventario vial .....	18
4.5 Estudio de velocidad .....	18
4.6 Soluciones Técnico-Ingenieril.....	18
<b>V. DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>19</b>
5.1 Estudio de accidentabilidad.....	19
5.1.1 Obtención de los datos de accidentabilidad registrados .....	19

5.1.2	Resumen de accidentabilidad según accidentes, lesionados y muertes	19
5.1.3	Resumen del comportamiento de la accidentabilidad por causas	21
5.1.4	Análisis por ubicación de los accidentes durante el período 2017 – 2021	23
5.1.5	Magnitud del problema – Índices de accidentalidad	24
5.1.5.1	Índice con respecto a la población (P)	25
5.1.5.2	Índices con respecto al parque vehicular (V)	27
5.2	Estudio de tránsito	31
5.2.1	Determinación de ubicaciones de estaciones de conteo de tránsito	32
5.2.2	Volúmenes de tránsito	33
5.2.3	Resumen del volumen horario de máxima demanda	35
5.2.4	Volumen de servicio	36
5.3	Inventario vial	54
5.3.1	Descripción del trabajo de campo	54
5.3.2	Clasificación funcional	55
5.3.3	Topografía	56
5.3.4	Carpeta de rodamiento y su condición	58
5.3.5	Sección transversal	60
5.3.7	Señalización vial	65
5.4	Estudio de velocidad	74
5.4.1	Estudio de velocidad de punto	75
5.4.2	Descripción del trabajo de campo	76
5.5	Propuestas	80
5.5.1	Medidas de reducción de la accidentalidad	80
5.5.2	Mejoramiento vial	81
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>91</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>93</b>
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>94</b>
<b>IX.</b>	<b>CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN</b>	<b>96</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>I</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El estudio de seguridad vial en una carretera, es muy importante, tanto en países industrializados, como en países de economía media, mediante éste se puede dar cuenta que tan peligroso puede ser, a nivel mundial representan una cifra alarmante de fallecido con alrededor de 3500 personas por día en promedio.

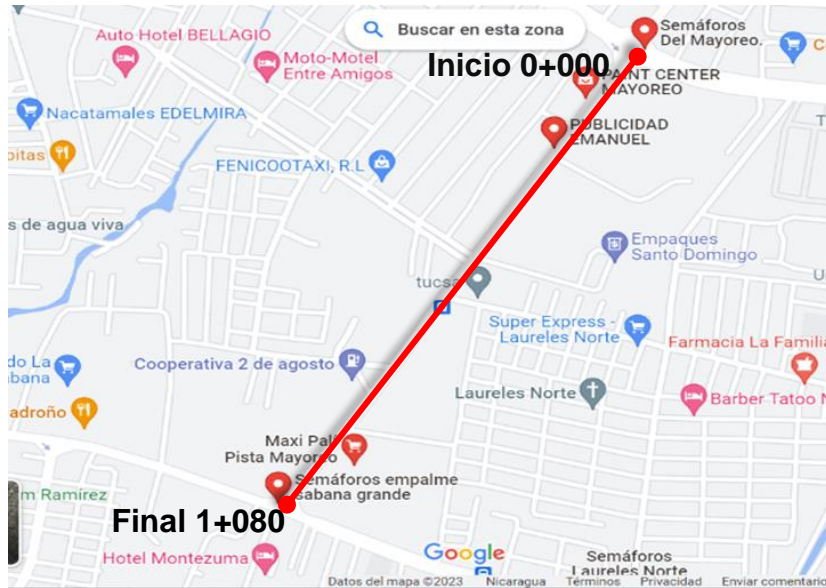
Aunque se debe de tomar en cuenta que muchos de los factores de accidentabilidad son causados principalmente por el factor humano, entre los cuales se puede mencionar: evadir las señales de tránsito, conducir a alta velocidad, en estado de ebriedad, entre otros. Por otra parte, están los accidentes causados 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 pista el Mayoreo, específicamente en el tramo de los semáforos del Mayoreo hacia los semáforos del empalme de Sabana Grande con una longitud de 1.08 km, 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. **(véase imagen 1 y 2 de micro y macro localización en pag.5)**

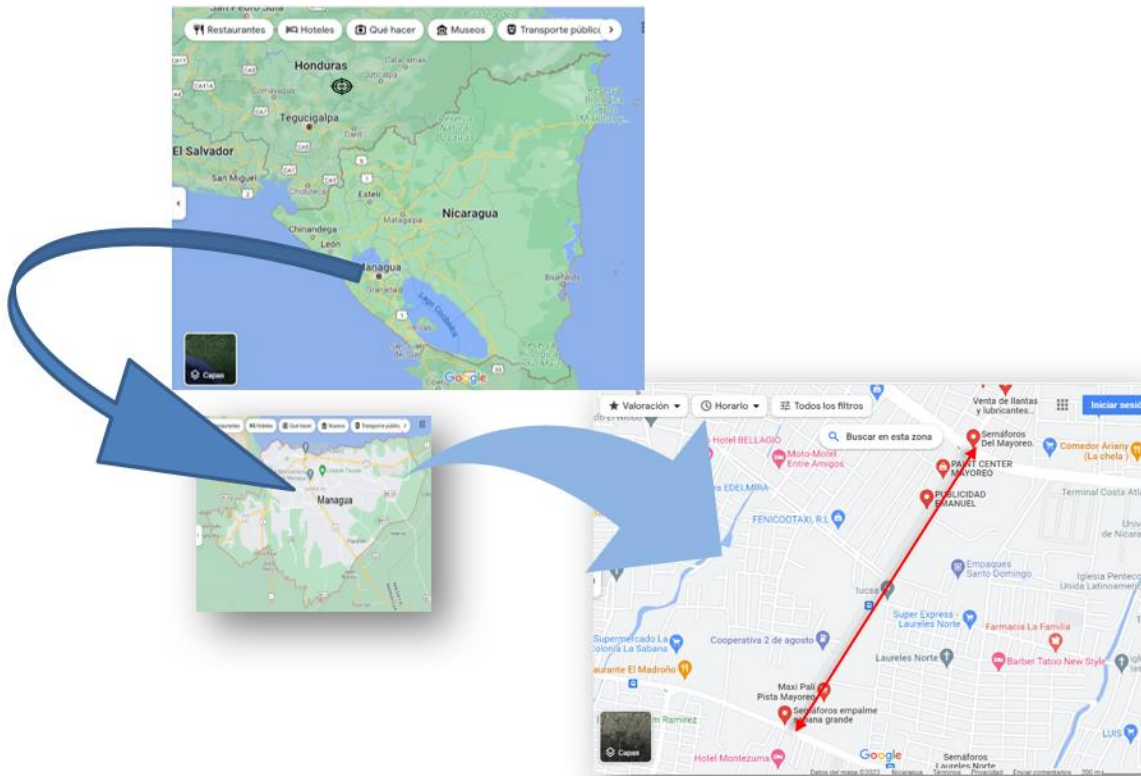
Dicho tramo fue asignado por el departamento de ingeniería vial, de la Policía Nacional, ya que este tramo es de suma importancia, al pertenecer a la pista del Mayoreo. Todo esto se llevará a cabo mediante la implementación de técnicas de estudio, como: análisis de accidentes, volúmenes de tránsito, estudio de velocidad y estado general de la vía.

**Imagen 1:** Micro localización Pista El Mayoreo, Managua, Nicaragua.



Fuente: <https://www.google.com/maps/dir/semáforos+del+mayoreo/Sem%C3%A1foros+empalme+sabana+grande>

**Imagen 2:** Macro localización Pista El Mayoreo, Managua, Nicaragua.



Fuente: <https://www.google.com/maps/dir/semáforos+del+mayoreo/Sem%C3%A1foros+empalme+sabana+grande>

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Realizar un estudio de seguridad vial de los semáforos del Mayoreo hacia semáforos del empalme Sabana Grande con una longitud de 1.08 km, Managua departamento de Managua, que permita la determinación de los factores que inciden en la ocurrencia de accidentes.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analizar las estadísticas sobre accidentes de 5 años anteriores proporcionados por la policía nacional, para determinación las causas y factores reales de estos en el tramo de carretera.
- Realizar un aforo vehicular, para obtención los volúmenes de tránsito, clasificación vehicular y la determinación del nivel de servicio al que está operando la vía.
- Ejecutar un inventario vial, que brinde información detallada del estado actual de la infraestructura del tramo en estudio.
- Efectuar un estudio de velocidad, que permita determinar el efecto en los accidentes y refleje si se cumple con los límites de velocidad de esta zona.
- Proponer posibles soluciones técnico-ingenieriles de seguridad vial en el tramo de estudio, para prevenir la accidentabilidad de este y a su vez el riesgo a los usuarios.

## **III. MARCO TEÓRICO**

### **3.1. Seguridad vial**

La seguridad vial no es más que la reducción del riesgo de accidentes y lesiones en las carreteras, lograda a través de enfoques multidisciplinarios que abarcan ingeniería vial y gestión del tráfico, educación y formación de los usuarios de las carreteras y diseño de los vehículos.

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 vía pública previniendo los accidentes de tránsito.

La 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. (Educación Vial para mejorar la Cultura Vial y la Seguridad Vial. , 2011)  
Dentro de seguridad vial existe la seguridad vial activa y seguridad vial pasiva:

#### **3.1.1. 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. (Educación Vial para mejorar la Cultura Vial y la Seguridad Vial. , 2011)

#### **3.1.2. 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. (Educación Vial para mejorar la Cultura Vial y la Seguridad Vial. , 2011)

### **3.1.3. Accidentabilidad**

Para hablar de accidentalidad asociada a tránsito se debe tener en cuenta el significado de tal cosa, de acuerdo al marco conceptual de la ley número 856 en su reforma a la ley número 431, de las normas jurídicas de Nicaragua, se entiende a accidente de tránsito como “acción u omisión culposa cometida por cualquier conductor, pasajero o peatón en la vía pública o privada causando daños materiales, lesiones o muerte de personas, donde interviene por los menos un vehículo en movimiento”. (Asamblea Nacional de la Republica de Nicaragua, 2014)

## **3.2. Estudio de tránsito**

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

Así, un estudio de tránsito 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.

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

- 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.

(EADIC, 2016)

### **3.2.1. Aforo vehicular**

. Los aforos vehiculares por lo general (siempre deberían) incluyen investigaciones para hacer una discriminación del tipo de vehículos que circulan por los lugares donde se realizan los aforos. Estos aforos o conteos discriminatorios se realizan de común acuerdo con la metodología del estudio de factibilidad y de conformidad con los modelos de costos de operación utilizados en estos estudios.

Los aforos peatonales siempre estarán referidos a cantidad de personas en una unidad de tiempo. Los estudios peatonales se pueden hacer para conocer densidades de peatones en una vía, para diseñar paradas, bahías, refugios, pases, señalización, cruces peatonales etc. (MTI, 2008, págs. 36-37)

### **3.2.2. 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. (MTI, 2008, pág. 33)

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

#### **3.2.2.1. 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 en un tiempo menor a una hora, se puede expresar en unidades de (veh/hora), ambos expresados de la siguiente manera. (Tapia-Beizaga, 2006, pág. 77)

$$Q = \frac{N}{T} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Fuente: (Tapia-Beizaga, 2006, pág. 77)

Donde:

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

N: Número total de vehículos que pasan,

T: Período determinado.

### 3.2.3. Niveles de servicio

El nivel de servicio se define como el porcentaje de los pedidos que la empresa es capaz de atender dentro de un plazo determinado. Por tanto, representa el grado de satisfacción de los clientes. Un alto nivel de servicio implica un gran esfuerzo logístico en todos los eslabones de la cadena. (The National Academy Of sciences, 2010, pág. 10)

**Tabla 1.** Criterios para niveles de servicio

NIVELES DE SERVICIO	RANGO DE DENSIDAD (aut/km/periodo)
A	0-7
B	>7-11
C	>11-16
D	>16-22
E	>22-28
F	>28

Fuente: (The National Academy Of sciences, 2010).

### 3.2.4. Descripción de los niveles de servicio

Para cada tipo de infraestructura se definen 6 niveles de servicio, para los cuales se disponen de procedimientos de análisis, se les otorga una letra desde la A hasta la F siendo el nivel de servicio (NS) A el que representa las mejores condiciones operativas, y el (NS) F, las peores. Las condiciones de operación de estos niveles, para sistemas de flujo ininterrumpido son las siguientes:

- **Nivel de servicio A**

**Describe operaciones con flujo libre**

Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón, es excelente.

- **Nivel de servicio B**

**Representa condiciones razonables de flujo libre**

Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas, sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

- **Nivel de servicio C**

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

- **Nivel de servicio D**

**Este nivel limita con el flujo inestable**

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

- **Nivel de servicio E**

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

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

- **Nivel de servicio F**

**Corresponde a flujo forzado o interrumpido**

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto o calzada, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

Normalmente se acepta que el volumen de tránsito al que se puede dar servicio en las condiciones de parada y arranque del NS F es inferior que el posible al NS E; en consecuencia, el flujo de servicio E es el valor que corresponde a la capacidad de la infraestructura.

Los procedimientos que aquí se explicarán intentan estimar el máximo flujo que puede circular por distintas infraestructuras para cada nivel de servicio, excepto para el NS F, para el que los flujos son inestables. Por tanto, para cada infraestructura se tienen 5 flujos de servicio, uno para cada nivel de servicio, desde el A hasta el E. Así, el flujo de servicio es la tasa máxima horaria a la que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de una calzada o carril durante un período de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, el control y el tránsito, a la vez que se mantiene un nivel de servicio concreto. (ESCOBAR, 2007, págs. 2-3)

### 3.2.5. 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 periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular. (VCHI, 2005, págs. Capítulo 4, pag 2-4).

### 3.2.6. 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 periodo máximo. En cualquiera de estos casos, es importante conocer lo máximo, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

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. (VCHI, 2005, págs. Capítulo 4, pag. 4-7)

Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{max})} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Fuente: (VCHI, 2005, págs. Capítulo 4, pag. 4-7)

Donde:

FHMD: Factor Horario de Máxima Demanda.

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda.

N: Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

$q_{max}$ : Flujo máximo.

Los períodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia.

### **3.3. Inventario vial**

El inventario de infraestructura vial, se emplea para conocer las condiciones de operabilidad y funcionalidad de una vía, a partir de una descripción detallada de sus condiciones físicas, geométricas y de diseño; la forma más usual de elaborar este inventario es a través de una inspección visual, que consiste en hacer un reconocimiento a lo largo del sector o tramo objeto de estudio, para cuantificar y calificar sus condiciones. La metodología para la inspección visual incluye la descripción completa de tres aspectos fundamentales:

- ✓ Descripción de la vía.
- ✓ Geometría de la vía.
- ✓ Estado superficial del pavimento y obras complementarias.

(González, 2011)

### **3.4. 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. Se utiliza como una de las medidas de eficacia más importantes para definir los niveles de servicio, en muchos tipos de 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. (Mayor, 2018)

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

$$V = \frac{d}{t} \text{ (Ecuación 3)}$$

Fuente: (Mayor, 2018)

Donde:

V: velocidad en Km/h.

D: distancia medida en kilómetros (Km).

t: tiempo, dado en horas (h).

### **3.4.1. 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. (Mayor, 2018)

#### **3.4.1. 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. (Mayor, 2018)

#### **3.5. 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.



## **IV. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1. Tipo de Investigación**

Este estudio es una investigación de tipo cuantitativa y cualitativa con carácter evaluativo, con el fin de poder obtener datos reales e información objetiva del estado actual en que se encuentra la vía en estudio, a través del conocimiento en seguridad vial, esta no será una investigación experimental, ya que se recolectará información real de la vía.

Para poder cumplir con los objetivos propuestos, se realizará una investigación que vincule el trabajo en campo, con el trabajo de gabinete, para así poder observar el comportamiento de los factores que influyen en la vía. En este proceso se incluirá visita al sitio de estudio y la implementación de factores especializados tales como

### **4.2 Estudio de accidentalidad**

Es de suma importancia conocer la razón en la ocurrencia de este fenómeno, por lo cual se determinarán los distintos parámetros, tales como, la frecuencia en la que ocurren los accidentes, causas, localización, entre otros.

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 las que han ocurrido en un periodo de 5 años a partir del 2017.

### **4.3 Estudio de tránsito**

Este estudio se realizará, para así poder conocer los volúmenes y hora de mayor demanda en el tránsito existente, por ende, realizaremos conteo vehicular en dos estaciones. Dicho estudio se realizará durante 3 días, de martes a jueves, de 6 a.m. a 6 p.m.

Así mediante una proyección, podremos conocer de manera precisa el nivel de servicio al que opera la vía, para dicho estudio, se utilizará un formato proporcionado por el departamento de vías y transporte, de la Universidad Nacional de Ingeniería. **(véase en anexos tabla 64, pág.XXX)**

#### **4.4 Inventario vial**

Se estará llevando 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 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, estaremos utilizando cinta métrica de tipo topografía, tablas para llenar los formatos, lapiceros, entre otros

#### **4.5 Estudio de velocidad**

Este estudio se realizará en tramos de la vía, los cuales se estarán seleccionando mediante la consideración visual, ya sea con zonas con pendiente próximas a cero, o en tramos rectos, para esto, se calculará la velocidad promedio, haciendo varias observaciones en un mismo punto.

Este análisis se realizará con el fin de poder determinar si los vehículos transitan a la velocidad requerida, de no cumplirse, se verificará si es esta una de las causas de accidentes.

El método a poner en práctica, 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 3 (pág. 16).

#### **4.6 Soluciones Técnico-Ingenieril**

En dado caso que surja una problemática, se estarán proponiendo soluciones óptimas y adecuadas para cada una de las diferencias que se identifiquen en el tramo.

## **V. DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1 Estudio de accidentabilidad**

El estudio de accidentabilidad desde el punto de vista de infraestructura vial busca determinar los índices de accidentabilidad, analizar sus causas, identificar puntos críticos, los elementos que intervienen y proporcionar información a través de bases de datos a las autoridades competentes con la finalidad de formular estrategias y soluciones que ayuden a minorizar o mitigar la accidentabilidad.

Con la finalidad de localizar los puntos en los cuales se concentran la mayor cantidad de accidentes sobre el tramo de estudio (Semáforos del Mayoreo – Semáforos empalme de Sabana Grande), se realizó un análisis de las bases de datos de accidentabilidad del período 2017 – 2021 proporcionados por el departamento de tránsito de la Policía Nacional.

Mediante dicho análisis, se determinó la totalidad de accidentes en la zona por año, sus causales y las características de los mismos, con la finalidad de poder demostrar el estudio exhaustivo y detallado para así lograr una mejor comprensión del fenómeno de la accidentabilidad ocurrida sobre el tramo estudiado.

#### **5.1.1 Obtención de los datos de accidentabilidad registrados**

Los datos de los accidentes registrados en el tramo “Semáforos del Mayoreo– Semáforos empalme Sabana Grande”, se obtuvieron con previa autorización de la Dirección de Seguridad de Tránsito de la Policía Nacional, proporcionado por el Ing. Freddy Antonio Vega Mayorga. **(véase en anexos tablas 30-37, pág. I-VIII).**

#### **5.1.2 Resumen de accidentabilidad según accidentes, lesionados y muertes**

En la siguiente tabla y gráfica, se muestra la cantidad de accidentes de tránsito, muertos y lesionados ocurridos en el tramo carretero “Semáforos del Mayoreo– Semáforos empalme Sabana Grande”, del período que comprende el año 2017– 2021, acumulando en este período de 5 años un total de 322 accidentes, 12 lesionados y 0 muerto.

**Tabla 2.** Historial de accidentabilidad entre los años 2017 – 2021

Accidentabilidad	Historia de accidentabilidad 2017-2021					Total
	2017	2018	2019	2020	2021	
Accidentes	57	45	34	76	110	322
Lesionados	5	1	0	5	1	12
Muertos	0	0	0	0	0	0
Total	62	46	34	77	111	334

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de Tránsito Nacional, DTN.

**Gráfica 1.** Resumen de accidentes ocurridos en el tramo vial “Semáforos del Mayoreo– Semáforos empalme Sabana Grande” entre los años 2017 – 2021



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de Tránsito Nacional, DTN.

La **gráfica 1** recopila los datos anuales de accidentes ocurridos en el tramo “Semáforos del Mayoreo– Semáforos empalme Sabana Grande” entre los años 2017 – 2021, de este resumen se determina lo siguiente:

a) Al realizar una comparación de accidentes de tránsito año por año, podemos apreciar un decrecimiento para el periodo año 2017 – 2018 de 13.94%, del 2018 – 2019 del 10.30% y 2019 – 2020 del 23.03%, por lo que se puede considerar un decrecimiento general promedio del 23.64% en el periodo del 2017 – 2020, esto a causa de las irregularidades que dejaron las problemáticas socio-política en el país del año 2018, siendo el año 2019 el año con la menor cantidad de accidentes registrados en el tramo de estudio. Asimismo, en el año 2021, podemos constatar un aumento de más del 34% en los accidentes de tránsito, ocurriendo un total de 110 eventos, esto por consecuencia de la creciente

demanda poblacional en la zona, tal como lo es el mercado del Mayoreo.

- b) De igual forma, la **gráfica 1** nos demuestra que existe escasez de accidentes con lesionados en el tramo de estudio, siendo los años 2017, 2018, 2020 y 2021 los únicos que presentan en sus estadísticas esta clase de accidentes, presentándose la cantidad de 1 y 5 lesionados respectivamente.

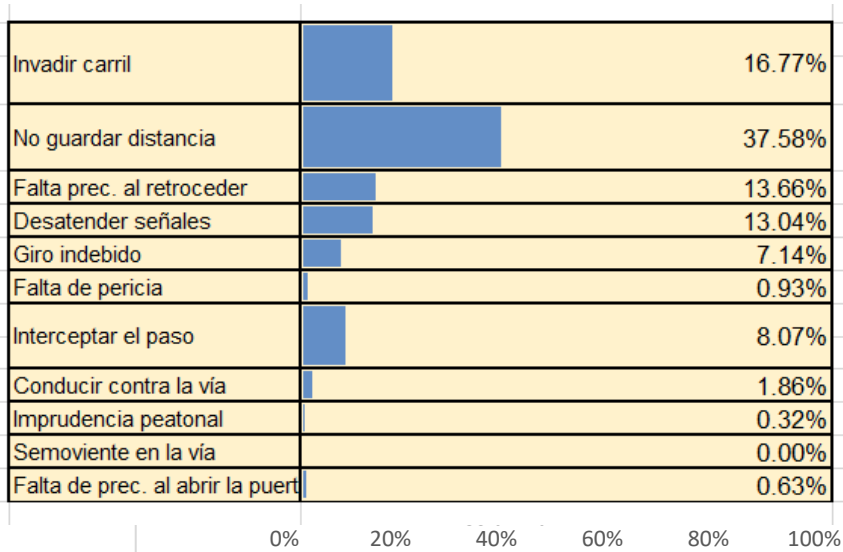
### 5.1.3 Resumen del comportamiento de la accidentabilidad por causas

**Tabla 3.** Distribución de accidentes de acuerdo a tipo de causas durante el período 2017 – 2021

Accidentabilidad	Distribución de accidentes de acuerdo a tipo de causas 2017-2021					Total	Porcentaje %
	2017	2018	2019	2020	2021		
Invadir carril	12	8	11	5	18	54	16.77
No guardar distancia	24	18	14	29	36	121	37.58
Falta precaución al retroceder	10	7	3	10	14	44	13.66
Desatender señales	5	5	4	13	15	42	13.04
Giro indebido	3	7	0	4	9	23	7.14
Falta de pericia	0	0	0	2	1	3	0.93
Interceptar el paso	2	0	2	9	13	26	8.07
Conducir contra la vía	1	0	0	3	2	6	1.86
Imprudencia peatonal	0	0	0	1	0	1	0.32
Semoviente en la vía	0	0	0	0	0	0	0.00
Falta de precaución al abrir la puerta	0	0	0	0	2	2	0.63
<b>Total</b>						<b>322</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de Tránsito Nacional, DTN.

**Gráfica 2.** Distribución de accidentes de acuerdo a causas durante el período 2017 – 2021



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de Tránsito Nacional, DTN.

En la **tabla 3 y gráfica 2**, se muestran el total de accidentes clasificados según sus causales durante el periodo comprendido entre el año 2017 – 2021 en el tramo de estudio.

Al interpretar la información previamente descrita, podemos observar que dentro del gran número de causas de accidentes se destacan 3 en particular, las cuales juntas representan más del 65% de la totalidad del muestreo. Dichas causas son:

- No guardar distancia (37.58%)
- Invasión de carril (16.77%)
- Falta de precaución al retroceder (13.66%)

Profundizando un poco más sobre las causas que provocaron estos accidentes, podemos indicar que todos ellos están directamente ligados a la irresponsabilidad de los conductores que, a diario incumplen las normativas establecidas en las leyes de tránsito.

#### 5.1.4 Análisis por ubicación de los accidentes durante el período 2017 – 2021

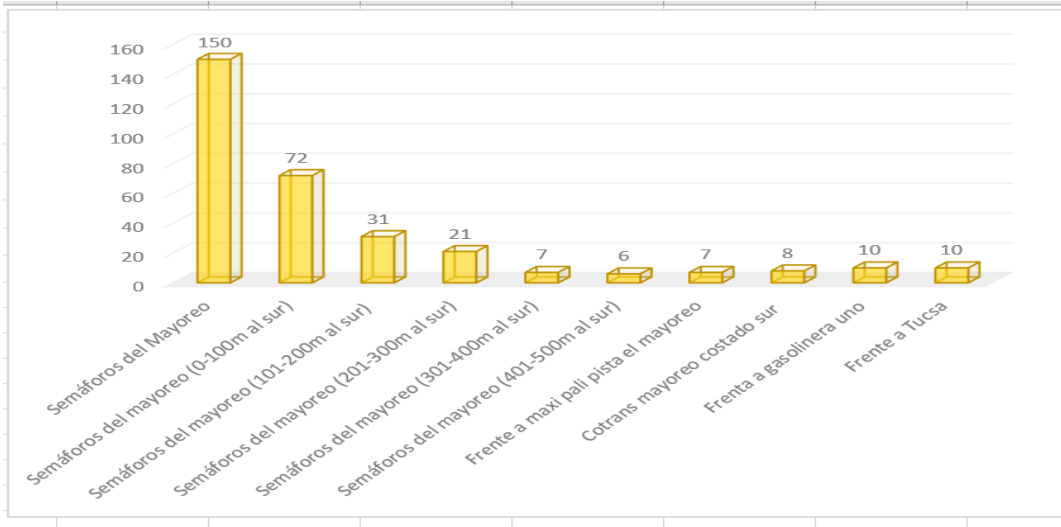
El análisis de accidentes basándose en la ubicación de los sucesos es fundamental para comprender las razones por las cuales ocurren dichos accidentes en el tramo de estudio, ya sea por las condiciones físicas en que se encuentre la carretera, por zonas de alta demanda comercial, o por zonas residenciales que generen una alta demanda de flujo vehicular en la zona. Asimismo, este análisis permite identificar los puntos críticos los cuales son un requisito primordial a la hora de realizar el estudio de los niveles de servicio.

**Tabla 4.** Distribución anual de accidentes ocurridos según ubicación en el período 2017 – 2021

	ACCIDENTES					Total	Porcentaje
	2017	2018	2019	2020	2021		
Semáforos del Mayoreo	18	22	14	44	52	150	46.58%
Semáforos del mayoreo (0-100m al sur)	12	11	8	15	26	72	22.36%
Semáforos del mayoreo (101-200m al sur)	10	4	3	3	11	31	9.63%
Semáforos del mayoreo (201-300m al sur)	6	2	4	2	7	21	6.52%
Semáforos del mayoreo (301-400m al sur)	4	0	1	0	2	7	2.17%
Semáforos del mayoreo (401-500m al sur)	0	3	0	2	1	6	1.86%
Frente a Maxi pali pista el Mayoreo	3	1	0	1	2	7	2.17%
COTRANS mayoreo costado sur	2	2	1	3	0	8	2.48%
Frente a gasolinera uno Mayoreo	1	0	1	5	3	10	3.11%
Frente a TUCSA	1	0	2	1	6	10	3.11%
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>45</b>	<b>34</b>	<b>76</b>	<b>110</b>	<b>322</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de Tránsito Nacional, DTN.

**Gráfica 3.** Distribución de los accidentes ocurridos según ubicación en el período 2017 – 2021.



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de tránsito Nacional, DTN.

En la **tabla 4 y gráfica 3**, se exponen los datos de la accidentabilidad del tramo en estudio durante el período 2017 – 2021 clasificándolo por ubicación de accidentes. Analizando dichos datos se refleja que el punto que alberga la mayor cantidad de accidentes en la zona se encuentra localizado justo al inicio del tramo, en la entrada de los Semáforos del Mayoreo, concentrando el 46.58% de todos los accidentes registrados en el período 2017 – 2021; otros puntos que también poseen un alto número de accidentes es de los semáforos del mayoreo 100 metros al sur (22.36%), de los semáforos del mayoreo 200 metros al sur (9.63%), y de los semáforos del mayoreo 300 metros al sur (6.52%).

### 5.1.5 Magnitud del problema – Índices de accidentalidad.

Con la finalidad de realizar un estudio para obtener los índices de accidentalidad en la zona, se necesitan de tres variables fundamentales para la realización del mismo, las cuales son: Número de accidentes, población y parque vehicular. Al relacionar los accidentes ocurridos proporcionalmente con la población y con la cantidad de vehículos se obtienen cifras o índices que, permiten realizar observaciones acerca del comportamiento de la accidentalidad, las cuales, también dará la magnitud del problema.



### 5.1.5.1 Índice con respecto a la población (P)

Los índices son el de accidentalidad (# de accidentes), el de morbilidad (# de heridos) y el de mortalidad (# de muertos), con respecto al número de habitantes (# de habitantes) en el año de estudio, expresados por cada 100,000 habitantes.

- **Índice de accidentalidad (I A/P)**

$$IA/P = \frac{\# \text{ de accidentes en un año} * 100,000}{\# \text{ de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

- **Índice de morbilidad (I morb/P)**

$$Imorb/P = \frac{\# \text{ de heridos en un año} * 100,000}{\# \text{ de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

- **Índice de mortalidad (I mort/P)**

$$Imort/P = \frac{\# \text{ de muertos en un año} * 100,000}{\# \text{ de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

(Martinez, 2016)

Donde:

I A/P = Índice de accidentabilidad en el año con respecto a la población.

I morb/P = Índice de lesionados en el año con respecto a la población.

I mort/P = Índice de muertos en el año con respecto a la población.

# de accidentes = Número de accidentes ocurridos en un año.

**Tabla 5.** Historial de accidentes, lesionados y muertos según población del distrito VI de Managua en el período 2017 – 2021

AÑO	Accidentes	Lesionados	Muertos	Población Distrito VI
2017	57	5	0	163,190
2018	45	1	0	163,688
2019	34	0	0	164,174
2020	76	5	0	164,679
2021	110	1	0	165,174

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de tránsito Nacional, DTN.

- **Índices con respecto a la población del distrito VI de la ciudad de Managua**

Con respecto al año 2017, utilizando los valores reflejados en la tabla 5 y sustituyendo valores en la Ecuación 4, Ecuación 5, Ecuación 6, tenemos que:

$$IA/P2017 = \frac{57 * 100,000}{163,190} = \mathbf{34.93}$$

$$Imorb/P2017 = \frac{5 * 100,000}{163,190} = \mathbf{3.06}$$

$$Imort/P2017 = \frac{0 * 100,000}{163,190} = \mathbf{0.00}$$

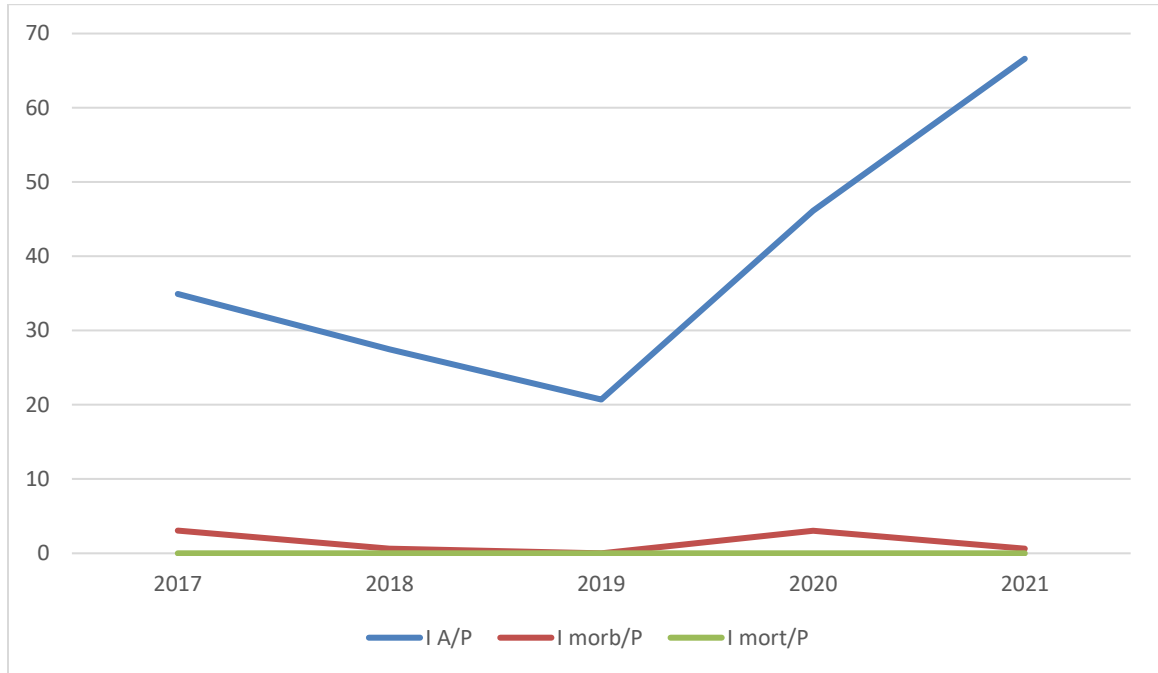
A continuación, en **la tabla 6** y en **la gráfica 4**, se muestran los datos obtenidos de los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad para los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 mediante las ecuaciones previamente mencionadas; en dicha tabla se observa un decrecimiento del índice de accidentalidad entre los años 2017 – 2019, lo que indica a su vez una reducción de los accidentes en la zona en este período de tiempo, no obstante, en el año 2020 y 2021 el índice de accidentalidad tiene un crecimiento. En cuanto a los índices de morbilidad y mortalidad, al haber carencias de lesionados y muertos en el tramo de estudios, estos solo reflejan datos muy pequeños en los años 2017 y 2021.

**Tabla 6.** Resultado de los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad con respecto a la población del distrito VI de Managua

AÑO	I A/P	I morb/P	I mort/P
2017	34.93	3.06	0.00
2018	27.49	0.61	0.00
2019	20.71	0.00	0.00
2020	46.15	3.04	0.00
2021	66.60	0.61	0.00

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de tránsito Nacional, DTN.

**Gráfica 4.** Resultado de los índices de accidentalidad, movilidad y mortalidad con respecto a la población



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de tránsito Nacional, DTN.

### 5.1.5.2 Índices con respecto al parque vehicular (V)

Al igual que con los índices con respecto a la población, los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad son con respecto al número de vehículos registrados (# de vehículos registrados) en el respectivo año, expresados por cada 10,000 vehículos.

- **Índice de accidentalidad (I A/V).**

$$IA/V = \frac{\# \text{ de accidentes en un año} * 10,000}{\# \text{ de vehículos registrados}} \text{ (Ecuación 7)}$$

- **Índice de morbilidad (I morb/V).**

$$Imorb/V = \frac{\# \text{ de heridos en un año} * 10,000}{\# \text{ de vehículos registrados}} \text{ (Ecuación 8)}$$

- **Índice de mortalidad (I mort/V).**

$$Imort/V = \frac{\# \text{ de muertos en un año} * 10,000}{\# \text{ de vehículos registrados}} \text{ (Ecuación 9)}$$

(Martinez, 2016)

Donde:

$I A/V$  = Índice de accidentabilidad en el año con respecto al parque vehicular.

$I morb/V$  = Índice de lesionados en el año con respecto al parque vehicular.

$I mort/V$  = Índice de muertos en el año con respecto al parque vehicular.

# de accidentes = Número de accidentes ocurridos en un año.

# de vehículos = Número de vehículos registrados en el año en análisis.

**Tabla 7.** Historial de accidentes, lesionados y muertos según parque vehicular en el período 2017 – 2021

AÑO	Accidentes	Lesionados	Muertos	Población Distrito VI
2017	57	5	0	429,056
2018	45	1	0	454,263
2019	34	0	0	472,072
2020	76	5	0	490,592
2021	110	1	0	513,881

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de tránsito Nacional, DTN.

- **Índices con respecto al parque vehicular del periodo**

**2017-2021**

Con respecto al año 2017, utilizando los valores reflejados en la tabla 7 y sustituyendo valores en la Ecuación 4, Ecuación 5, Ecuación 6, tenemos que:

$$IA/V2017 = \frac{57 * 10,000}{429,056} = \mathbf{13.28}$$

$$Imorb/V2015 = \frac{5 * 10,000}{429,056} = \mathbf{1.17}$$

$$Imort/V2015 = \frac{0 * 10,000}{429,056} = \mathbf{0.00}$$

A continuación, en la **tabla 8** y **gráfica 5**, se muestran los datos obtenidos de los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad con respecto al parque vehicular para los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 mediante las ecuaciones previamente mencionadas (Ecuaciones 7, 8 y 9); en dicha tabla se observa un decrecimiento del índice de accidentalidad entre los años 2017 – 2019, lo que indica a su vez una reducción de los accidentes en la zona en este período de tiempo, no obstante, en el año 2020 y 2021 el índice de accidentalidad presenta un aumento en comparación al año anterior (2019).

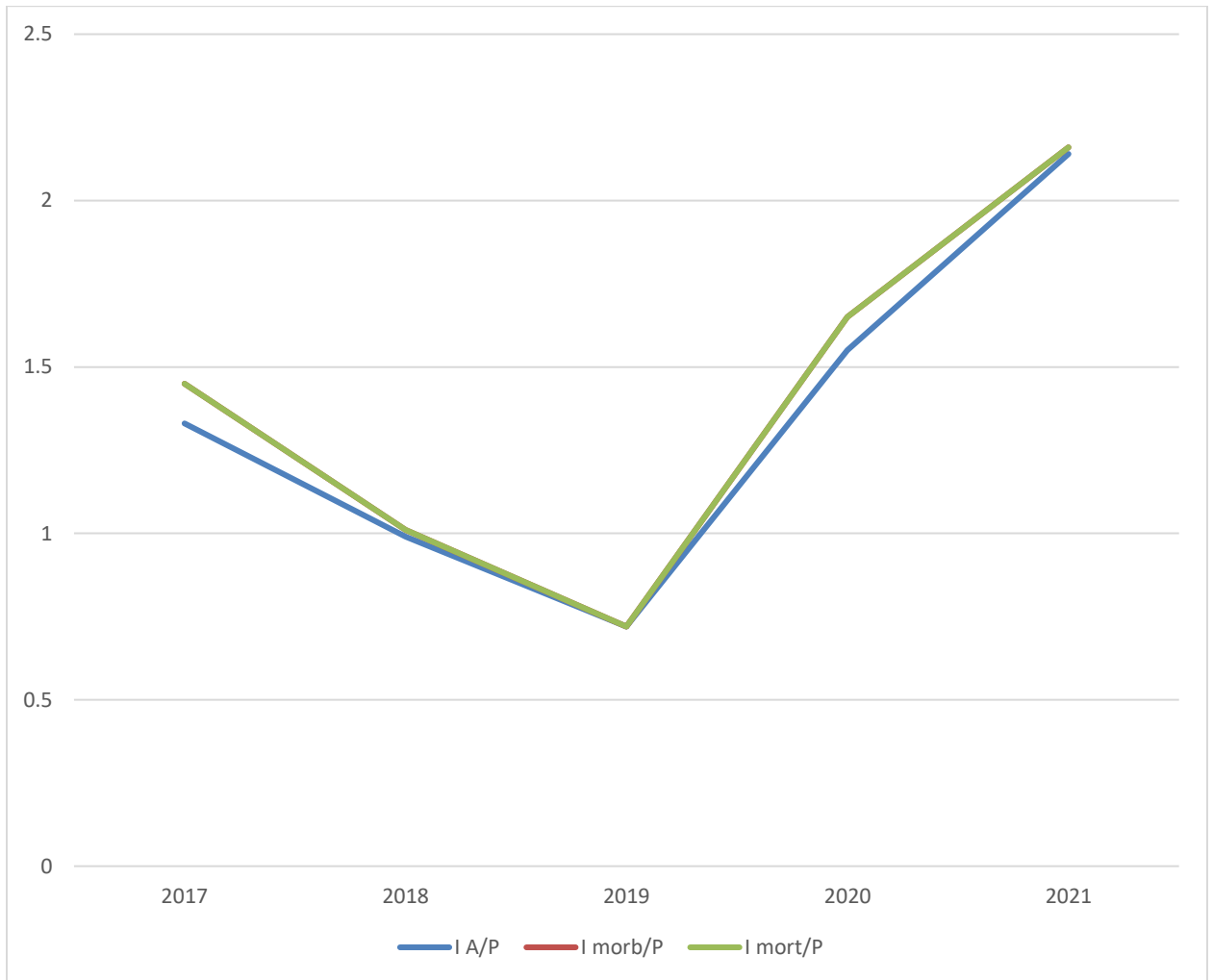
En cuanto a los índices de morbilidad y mortalidad, al haber carencias de lesionados y muertos en el tramo de estudios, estos solo reflejan datos mínimos en los años 2017 y 2021.

**Tabla 8.** Resultado de los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad con respecto al parque vehicular

AÑO	I A/P	I morb/P	I mort/P
2017	1.33	0.12	0.00
2018	0.99	0.02	0.00
2019	0.72	0.00	0.00
2020	1.55	0.10	0.00
2021	2.14	0.02	0.00

Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de tránsito Nacional, DTN.

**Gráfica 5.** Resultado de los índices de accidentalidad, movilidad y mortalidad con respecto al parque vehicular



Fuente: Elaboración propia, con datos estadísticos brindados por la Dirección de tránsito Nacional, DTN.

## **5.2 Estudio de tránsito**

El vertiginoso incremento de las poblaciones en los grandes centros urbanos alrededor del mundo, han despertado la necesidad de poder desplazarse de un punto de la ciudad a otro de manera segura, rápida y eficiente, por lo cual, el entender el comportamiento y la composición vehicular de una carretera es de gran relevancia a la hora de tratar de optimizar las vías de transporte.

El estudio de tránsito, tiene como objetivo fundamental el determinar los volúmenes de tráfico de un tramo carretero, así como la composición vehicular en el mismo.

Los volúmenes de tránsito y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial, por lo que se debe de dar importancia a la determinación del volumen de tránsito, tipo de vehículos, el comportamiento de éstos y su forma de operación.

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

El tramo carretero “semáforos del Mayoreo hacia los semáforos del empalme Sabana Grande” forma parte de la llamada “Pista El Mayoreo” del Distrito VI de la ciudad de Managua y permite el ingreso y salida de los buses que conectan a la capital con la parte norte del país. Presenta una topografía uniforme, con carencia de ondulaciones, con un índice notorio de zonas residenciales e industriales; estas características han producido una alta afluencia de vehículos livianos, de pasajeros y de carga a lo largo de su kilometraje.

### 5.2.1 Determinación de ubicaciones de estaciones de conteo de tránsito

A partir de los datos históricos proporcionados por el departamento de Ingeniería Vial de Tránsito Nacional, se realizó un análisis comparativo en base a criterios de importancia y funcionalidad vial, uso de suelo, origen – destino e inserción vehicular en la carretera, que, en conjunto con los altos índices de accidentes establecieron el punto estratégico de aforo vehicular.

El conteo vehicular ubicado sobre la estación de mayor importancia (Est 0+100) cuenta con excelente visibilidad, lo cual permite captar el tránsito en las 2 direcciones que conforman dicha estación. Asimismo, se planificó la ejecución de 3 días continuos de conteo y clasificación vehicular, tomando en cuenta los tres días normales de la semana en el punto sobre el tramo estudiado.

De forma que se muestrearon los días normales de la semana, durante 12 horas continuas, comprendidas entre las 6:00 am y 6:00 pm.

**Imagen 3.** Ubicación de estación de aforo vehicular



Fuente: <https://www.google.com/maps/dir/semaforos+del+mayoreo/Sem%C3%A1foros+empalme+sabana+grande>.



- **Parámetros en la toma de datos del conteo volumétrico del tráfico (tipo de vehículos)**

La clasificación vehicular utilizada en campo, corresponderá acorde a la clasificación vehicular estipulada en el Anuario de Aforos de tráfico (Ministerio de Transporté e Infraestructura, 2020), en el cual, se especifican que toda clasificación vehicular en las estaciones de aforo estará compuesta por 17 tipos de vehículos **(véase en anexos imagen 10 página XXIII)**.

### 5.2.2 Volúmenes de tránsito

Los conteos vehiculares se realizaron por medio del método manual empleando formato de aforos vehiculares, con los cuales, se registraron los volúmenes horarios comprendidos entre las 6:00 am y 6:00pm. La estación de conteo fue aforada por 3 días, empezando el día miércoles 18 de enero del 2023 y culminando el día martes 24 de enero del 2023.

Posteriormente, fue procesado el aforo de las estaciones con el fin de realizar:

- Análisis de la capacidad y niveles de servicio.
- Investigación de accidentes y mejoras en la seguridad vial.
- Aplicación de normas de tránsito por medio de la vigilancia.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 9.** Porcentaje de vehículos de carga y porcentaje vehículos de pasajeros por día

FECHA	DIA	vehiculos de carga					
		LIVIAN O 2-5 TON	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>=5	Cx-Rx>=5
18/01/2023	Miércoles	749	383	111	8	151	45
19/01/2023	Jueves	817	427	134	5	146	45
24/01/2023	Martes	782	399	125	7	149	45
Total Veh		2348	1209	370	20	446	135
Total Tipo		vehiculos de carga:4528					
TPDSI 12hrs		783	403	123	7	149	45
%por tipo (veh/12hrs)		4.69	2.42	0.74	0.04	0.89	0.27
		9%					

FECHA	DIA	vehículos de pasajeros							
		MOTOS	JEEP	AUTOMOVIL	CAMIONETA	MCB<15 PASAJERO	MCB>15 PASAJERO	BUS	OTROS
18/01/2023	Miércoles	4678	771	5937	2200	462	50	720	52
19/01/2023	Jueves	4645	670	6165	2335	437	65	641	77
24/01/2023	Martes	4731	775	6329	2474	473	90	675	65
Total Veh		14054	2216	18431	7009	1372	205	2036	194
Total Tipo		vehículos livianos: 15,612							
TPDSI 12hrs		4685	739	6144	2336	457	68	679	65
%por tipo (veh/12hrs)		28.08	4.43	36.83	14	2.79	0.41	4.07	0.39
		91%							

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

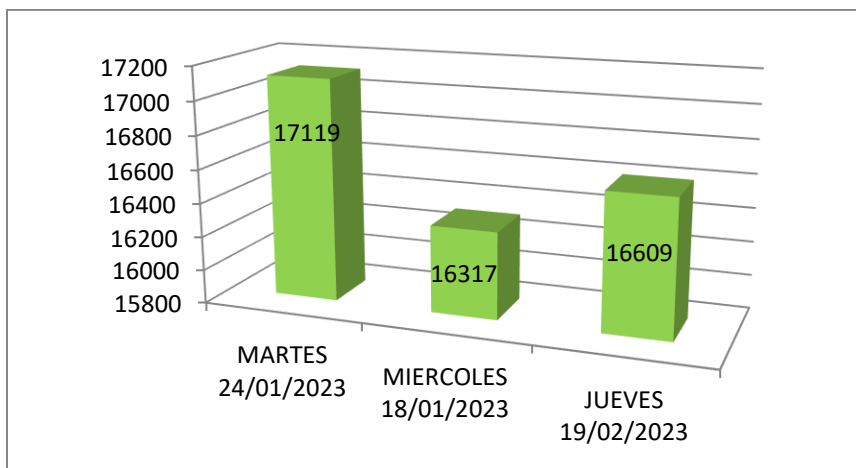
**Tabla 10.** Volumen de tránsito por día y fecha

Gasolinera uno, est.0+100				
Descripción	18/01/2023	19/02/2023	24/01/2023	Total, vehículos
	Miércoles	Jueves	Martes	
Volumen de vehículos al día.	16,317	16,609	17,119	50,045

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

En la **tabla 10** se observa a manera de resumen las cantidades totales de vehículos que pasaron por la gasolinera uno de los semáforos del Mayoreo. El día martes se presenta como el día de mayor flujo vehicular, esto debido a que es el día en que existe mayor dinámica comercial en la zona.

**Gráfica 6.** Resultado del conteo vehicular por día



Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes

La **tabla N°10 y gráfica N°6**, nos muestra el resultado del día más crítico o de mayor flujo vehicular del tramo en estudio, a partir de estos datos obtenidos, se efectuará el estudio correspondiente de aforo vehicular.

### 5.2.3 Resumen del volumen horario de máxima demanda

El volumen horario de máxima demanda es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

**Tabla 11.** Volumen horario máxima demanda VHMD veh/hr (Est 0+100)

Hora	Sentido 1	Sentido 2	Ambos sentidos
17:00-17:15	188	286	474
17:15-17:30	173	343	516
17:30-17:45	168	242	410
17:45-18:00	186	408	<b>594</b>
Total	715	1279	<b>1994</b>

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

En la **tabla N°11**, se muestran los datos obtenidos a través del conteo realizado el día martes 24 de enero, dichos datos son correspondientes al horario de 5:00 PM – 6:00 PM y presentados cada 15 minutos.

- **Cálculo del factor de hora pico para Est 0+100 (gasolinera uno-semáforos del Mayoreo)**

$$FHP = \frac{VHMD}{4 \cdot V_{15}} \quad (\text{Ecuacion 10})$$

Fuente: Highway Capacity Manual 2010.

$$FHP = \frac{1994}{4 \cdot 594} = 0,84$$

El factor de hora pico obtenido en el estacionamiento 0+ 100 da como resultado un valor adimensional de 0.84. Dicho resultado indica que, al ser este valor próximo a la unidad, indica que en la zona de estudio se tienden a presentar concentraciones de flujos máximos uniformes durante toda la hora, sin embargo, no se descarta la posibilidad que haya un período muy corto de tiempo en el cual se presenten concentraciones máximas de flujo vehicular.

#### **5.2.4 Volumen de servicio**

El volumen de servicio consiste en determinar el nivel de servicio al cual opera una carretera, dada sus características geométricas, el tipo de terreno en donde pasa y los volúmenes de tránsito.

Al momento de analizar la ecuación oferta-demanda en una carretera, se estipula que del lado de la demanda se sitúa el volumen de diseño, que es el volumen de tránsito horario proyectado para el periodo de diseño, mientras que la oferta, se mide mediante la capacidad, que es el volumen máximo horario de tránsito que puede de manera razonable, circular por un punto o sección de carretera, esto regularmente ocurre en la hora pico del volumen del tránsito, su período más crítico.

La Norma SIECA 2011 estipula que, bajo condiciones ideales del tránsito y la vía, en carretera de dos carriles se alcanza capacidades de 3200 veh/h en ambos sentidos de circulación, siendo la capacidad por sentido de circulación de 1700 veh/h.

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo de carretera al que pertenece, como también para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones (número y ancho de carril, alineamientos, restricciones laterales, etc.). Es por estas simples consideraciones que las carreteras se diseñan para operar a volúmenes horarios por debajo de la capacidad.

El manual de capacidad de carreteras 2010 (HCM por sus siglas en inglés) establece 6 niveles de servicios, identificados desde la letra A hasta la letra F, donde el nivel del servicio A logra un flujo vehicular totalmente libre, mientras que el nivel de servicio F alcanza el flujo forzado que refleja condiciones de utilización a plena capacidad de la vía. El cálculo del flujo de servicio de la carretera en los tramos de dos carriles se realiza siguiendo uno de las 3 clases que el manual presenta según datos del HCM 2010:

**Carreteras Tipo I:** El porcentaje de circulación es el parámetro principal para evaluar capacidad. Entre este tipo se incluyen:

- Vías Principales.
- Tráfico de viajes al trabajo y ocio.
- Distancias de viajes largas.

**Carreteras Tipo II:** El porcentaje del DT es el parámetro principal para evaluar la capacidad. Entre este tipo se incluyen.

- Accesos a carreteras Tipo I.
- Carreteras Turísticas.
- Distancias cortas, viajes de recreo.

**Carreteras Tipo III:** El porcentaje de lograr la velocidad libre es el parámetro principal para evaluar la capacidad. Entre este tipo se incluyen:

- Accesos a zonas en crecimiento.
- Carreteras de paso intermedio entre Tipo I y Tipo II.
- Distancias cortas, Viajes de recreo.

El tramo de carretera analizado es de dos carriles, ubicado en el departamento de Managua, en la Pista El Mayoreo, la cual presenta las siguientes funciones y clasificaciones:

- El tramo en estudio, es una carretera donde necesariamente los conductores esperan viajar a una velocidad moderada y funcione como acceso a la pista Larreynaga y pista Sabana Grande, las que se clasifican como Tipo I.
- El tráfico es notablemente mayor al tráfico en zonas rurales. Según las funciones y clasificaciones mencionadas anteriormente, hacen que el tramo en estudio sea clasificado como TIPO III, lo cual según el Highway Capacity Manual 2010, debe seguir 6 pasos para determinar el nivel de servicio en el cual se encuentre.

### **Paso 1. Datos de entrada**

Para el cálculo de niveles de servicio, se utilizó el Highway Capacity Manual 2010, siendo el primer paso determinar las características físicas y el comportamiento vehicular del tramo en estudio, estos se obtienen a partir del inventario vial y el aforo vehicular. Los datos necesarios son:

**Tabla 12.** Datos de entrada

Datos	Sistema Ingles	Factor de conversión	Sistema Internacional
Clasificación de carreteras	Tipo III	Ver pág.34	Tipo III
Ancho de carril	16.4042 ft	1m*3.2808399ft	5 m
Ancho de Hombros	0.0 ft		0.00 m
Densidad de puntos de acceso	9	9 calles de acceso	9
Terreno	Plano	Ver tabla 15 pág. 54	Plano
Restricción de rebase	100%		100%
Velocidad de diseño de carretera	18.64 Mi/h	1mi/h*1.609344km/h	30 km/h
Volumen horario de máxima demanda (VHMD)	1994 Veh/h	Ver pág. 32, tabla 7	1994 Veh/h
Factor hora pico	0.84	$FHP = \frac{VHMD}{4 * V_{15}}$	0.84
Distribución direccional	50/50	Véase tablas en anexos pág. IX-XX	50/50
Porcentaje de vehículos de carga, direccional 1	9%	Ver pág.31, tabla 5	9%
Porcentaje de vehículos de carga, direccional 2	9%	ver pág.31, tabla 5	9%

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

## **Paso 2. Estimación de la velocidad a flujo libre (FSS)**

$$FSS = BFFS - fLS - fA \text{ (Ecuación 11)}$$

Fuente: Ecuación 15-2, Highway Capacity Manual 2010.

Donde:

FFS = Velocidad de flujo libre (mi/h).

BFFS = Velocidad base de flujo libre (mi/h).

fLS = Factor de ajuste por ancho de hombro (mi/h).

fA = Factor de ajuste por densidad por puntos de acceso (mi/h).

### **a) Velocidad base de flujo libre (BFFS)**

$$BFFS = \text{Velocidad límite} + 10 \text{ mi/h (Ecuación 12)}$$

Fuente: Ecuación 15 – 5, Highway Capacity Manual 2010.

$$BFFS = 18.64 \text{ mi/h} + 10 \text{ mi/h}$$

$$BFFS = 28.64 \text{ mi/h}$$

### b) Factor de ajuste por ancho de hombro y de carril ( $f_{LS}$ )

El factor de ajuste por ancho de hombro y de carril ( $f_{LS}$ ), se obtiene de la **tabla 13**, el cual se presenta el factor de ajuste en dependencia del ancho del carril de estudio y su ancho de hombro.

**Tabla 13.** Valor del factor de ajuste por ancho de hombro y de carril

ANCHO DE CARRIL (ft)	ANCHO DE HOMBRO (ft)			
	$\geq 0 < 2$	$\geq 2 < 4$	$\geq 4 < 6$	$\geq 6$
$\geq 9 < 10$	6.4	4.8	3.5	2.2
$\geq 10 < 11$	5.3	3.7	2.4	1.1
$\geq 11 < 12$	4.7	3	1.7	0.4
$\geq 12$	4.2	2.6	1.3	0

Fuente: Highway Capacity Manual. Tabla 15-7, pág. 15-15.

El valor del ancho de carril en el tramo de estudio es de 16.4042 ft (5m), y el valor del ancho de hombro es 0 ft (**ver tabla 12- Datos de entrada**), por lo que, al utilizar la tabla 13 obtenemos el valor del factor de ajuste por ancho de hombro y carril correspondiente, siendo este de  $f_{LS} = 4.2$  mi/h.

### c) Factor de ajuste para la densidad del punto de acceso ( $f_A$ )

Según el Highway Capacity Manual 2010 en la página 15 del capítulo 15, el factor de ajuste para la densidad del punto de acceso ( $f_A$ ) se calcula dividiendo el número total de intersecciones no señalizadas y calzadas a ambos lados del tramo estudiado entre la longitud del segmento (en millas). En el tramo de estudio, se encontraron un total de 9 puntos de acceso (intersecciones y calzadas en ambas direcciones), dato que, al dividirse entre las 0.677089547 millas (1.08967 km) de longitud que presenta el tramo carretero, se obtiene la densidad del punto de acceso, siendo este dato de **13.29 puntos de acceso por milla**.

Por último, para obtener el factor de ajuste para la densidad del punto de acceso, se procede a realizar una interpolación lineal simple en base a los valores presentados en la **tabla 14**. La cual muestra diversos valores del  $f_A$  en dependencia de la densidad de puntos de acceso, la cual fue encontrada previamente.

**Tabla 14.** Factor de ajuste para densidad de puntos de acceso ( $f_A$ )

PUNTOS DE ACCESOS POR MILLAS (AMBAS DIRECCIONES)	REDUCCION DEL FFS (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
40	10.0

Fuente: Highway Capacity Manual. Tabla 15 – 8, pág. 15 – 15.

Realizando la interpolación para un valor de **13.29** tenemos que:

$$y = y_1 + \left( \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) (x - x_1) \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$y = 2.5 \text{mi} + \left( \frac{5.0 \text{mi/h} - 2.5 \text{mi/h}}{20 \text{mi} - 10 \text{mi}} \right) (13.29 \text{mi} - 10 \text{mi}) = 3.3225$$

El valor del  $f_A$  en nuestro caso es de 3.3225 mi/h.

$$f_A = 3.3225 \text{ mi/h}$$

Una vez calculada la velocidad base de flujo libre (BFFS), el factor de ajuste de hombro ( $f_{LS}$ ), y el factor de ajuste para la densidad del punto de acceso ( $f_A$ ), podemos proceder a calcular la velocidad de flujo libre de la siguiente manera:

El cálculo de la velocidad de flujo libre (FFS), se expresa de la siguiente manera:

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

$$FFS = 28.64 \text{ mi/h} - 4.2 \text{ mi/h} - 3.3225 \text{ mi/h}$$

$$FFS = 21.12 \text{ mi/h}$$



### Paso 3. Ajuste al volumen demanda por velocidad promedio ( $V_{iATS}$ )

$$V_{iATS} = \frac{V_i}{FHP * F_{giATS} * F_{hvATS}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Fuente: Ecuación 15 - 3, Highway Capacity Manual

Donde:

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

i = "d" (Análisis en la dirección) o "o" (Dirección opuesta).

$V_i$  = Volumen de demanda para la dirección "i" (Veh/h).

$f_{gATS}$  = Factor de grado de ajuste de pendiente.

$f_{hVATS}$  = Factor de ajuste por vehículos pesados.

FHP = Factor Hora Pico.

#### a) Volumen de demanda por dirección ( $V_i$ )

El volumen de demanda por dirección se obtiene mediante el estudio de los aforos vehiculares realizados y la distribución direccional asumida, la cual indica el porcentaje de volumen tanto para la dirección de estudio como para la dirección opuesta. Para este análisis, se obtuvo que en la dirección de estudio pasa el 50 % de flujo vehicular y en la dirección opuesta pasa el 50% del flujo vehicular, por lo que se agrega el factor  $\frac{1}{2}$  en la **Ecuación 15**:

- **Volumen de demanda en dirección de estudio ( $V_d$ ) y en dirección opuesta ( $V_o$ ).**

$$V_i = \frac{1}{2} * (VHMD) \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$V_i = \frac{1}{2} * \left( 1994 \frac{Veh}{h} \right) = 997 \text{ veh/h}$$

## b) Factor de grado de ajuste de pendiente ( $f_{g \text{ ATS}}$ )

El factor de grado de ajuste de pendiente ( $f_{g \text{ ATS}}$ ) está en dependencia de las características del terreno, tales como: Segmentos mayores a 2 millas de terreno plano, segmentos mayores a 2 millas de terreno ondulado, pendientes específicas ascendentes y descendentes. Para poder calcular el factor de grado de ajuste de pendiente se necesita primero obtener el valor de la tasa de demanda de flujo para cada dirección. Dicho valor no es más que el volumen horario de máxima demanda (VHMD) dividido entre el factor hora pico (FHP).

- **Cálculo de tasa de demanda de flujo en la dirección de estudio y en la dirección opuesta**

$$V_{vph} = \frac{\frac{1}{2} * VHMD}{FHP} = \frac{veh}{h} \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$V_{vph} = \frac{\frac{1}{2} * 1994 \text{ veh/h}}{0.84} = 1186.905 \approx 1187 \frac{veh}{h}$$

El valor obtenido para la tasa de demanda de flujo en una dirección (en este caso la dirección en estudio) fue de **1187 veh/hr**. Una vez obtenido este valor, se necesita saber el grado de la pendiente en el tramo de estudio, ya que este dato permitirá escoger el tipo de terreno del tramo. El valor de la pendiente varía entre -4% al 5% (**Véase tabla 15, pág. 43**) por lo cual se considera como un terreno plano al ser menor al 5%. Una vez obtenidos el flujo de demanda en una dirección y el tipo de terreno de estudio, se puede obtener el factor de ajuste mediante la utilización de la **tabla 15**, la cual presenta diversos factores en base a los datos antes mencionados.

**Tabla 15.** Factor de grado de ajuste de pendiente ( $f_{g\text{ ATS}}$ ) para terrenos planos, terrenos ondulados y bajadas específicas

Demanda de tasa de flujo en una dirección; $V_{\text{vph}}$ (Veh/h)	Factor de ajuste	
	Niveles de terreno plano y bajadas específicas	Terreno Ondulado
$\leq 100$	1	0.67
200	1	0.75
300	1	0.83
400	1	0.9
500	1	0.95
600	1	0.97
700	1	0.98
800	1	0.99
<b><math>\geq 900</math></b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Fuente: Highway Capacity Manual. Tabla 15 – 9, pág. 15 – 17.

Para un valor de  $V_{\text{vph}} > 900$  y en con condiciones de terreno plano, podemos obtener un valor del factor de grado de ajuste de pendiente ( $f_{g\text{ ATS}}$ ) para la dirección de estudio es de 1. De igual forma al estudiar la dirección opuesta, se puede apreciar que el valor del  $f_{g\text{ ATS}}$  es 1, ya que su demanda de flujo es  $1187 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$  y su pendiente es igual a la de la dirección en estudio.

$$f_{g\text{ ATS}} = 1$$

### c) Factor de ajuste por vehículos pesados ( $f_{\text{hv,ATS}}$ )

Las condiciones bases para una carretera de dos carriles incluye un porcentaje del 100% de vehículos de pasajeros en el flujo de tráfico. Esto es muy raro que suceda, y la presencia de vehículos pesados en el flujo de tráfico reduce la velocidad de viaje promedio en la dirección analizada (ATS).

Por lo general, un vehículo pesado es cualquier vehículo con más de 4 ruedas (en el suelo) durante su funcionamiento operacional normal. Los vehículos pesados se clasifican en dos: Camiones y vehículos recreacionales (Rvs). Los camiones cubren una gran variedad de vehículos tales como pequeñas camionetas y furgonetas con más de 4 ruedas hasta furgones con dos e inclusive tres tráileres.

Camionetas pequeñas y furgonetas con solo 4 ruedas se clasifican como vehículos de pasajeros.

Todas las unidades de buses ya sean escolares, de tránsito o buses con la finalidad de viajes entre ciudades son clasificados como camiones. Asimismo, la clasificación de RV también incluye un amplio rango de vehículos, como los campers, autocaravanas y carros o camiones pequeños que están remolcando tráileres.

Para determinar el factor de ajuste por vehículos pesados, se utiliza la siguiente ecuación:

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1) + PR(ER - 1)} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Fuente: Ecuacion 15-4, Highway capacity manual

Donde:

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

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

$PR$  = Porcentaje de RV'S en el flujo vehicular (decimal).

$E_t$  = Equivalente de vehículos de pasajeros por camiones.

$ER$  = Equivalente a vehículos pesados por RV.

- **Cálculo del porcentaje de vehículos pesados en el flujo ( $P_t$ )**

El porcentaje de vehículos pesados en el flujo vehicular se obtiene de los conteos vehiculares, específicamente del conteo vehicular del día martes el cual es el día crítico del tramo de estudio. Para la dirección de estudio el porcentaje de vehículos pesados es de **9% (Véase anexos tabla 38-43, pág. IX-XIV)** y para la dirección opuesta, el porcentaje de vehículos pesados representa el 9% (**Véase anexos tabla 44-49, pág. XV-XX**).

- **Cálculo del porcentaje de RV's en el flujo vehicular ( $P_R$ )**

El porcentaje de RV's en el flujo vehicular se obtiene de los conteos vehiculares, sin embargo, en toda la semana en la que se realizó el conteo vehicular no se contabilizó ningún vehículo que cumpla con las características de los vehículos recreacionales (tales como casas rodantes, autocaravanas, etc.), por lo tanto, su porcentaje es 0.

- **Cálculo del equivalente de vehículos de pasajeros por camiones ( $E_t$ )**

**Tabla 16.** Cálculo del equivalente de vehículos de pasajeros para camiones ( $E_t$ ) y vehículos recreacionales ( $E_r$ ) para terrenos planos, ondulado, y pendientes específicas

Tipo de vehículo	Flujo de demanda en una dirección Vvph (veh/h)	Niveles de terreno plano y bajadas específicas	Terreno Ondulado
Trucks, $E_t$	$\leq 100$	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
	$\geq 900$	1.0	1.3
RVs, $E_r$	All Flows	1.0	1.1

Fuente: Highway Capacity Manual. Tabla 15 – 11, pág. 15 – 18.

La equivalencia de vehículo de pasajeros por camiones se logra obtener a través de la implementación de la **tabla 16**, la cual permite conocer este factor mediante el flujo de demanda en una dirección, en este caso, ya que tanto la dirección de estudio como la dirección opuesta superan los 900 veh/h (**Véase Ec. 15 y Ec. 16**) y al estar situados en un terreno plano (**Véase tabla 15, pág. 43**) se obtiene que este valor es 1.

- **Cálculo del equivalente de vehículos de pasajeros por Rv's (Et)**

El equivalente de los vehículos de pasajeros por RV's se obtiene mediante la utilización de la **tabla 17**, en dicha tabla se especifica que este valor para todos los flujos corresponde a 1 para terrenos planos y 1.1 para terrenos ondulados, siendo el terreno del tramo carretero en estudio plano, el valor del **Et es de 1**.

Con los datos previamente calculados, se procede a calcular el valor del factor de ajuste por vehículos pesados con la ecuación 18.

$$FHv, ATS = \frac{1}{1 + Pt(Et-1) + Pr(ER-1)} \quad (\text{Ecuación 18})$$

- **Factor de ajuste por vehículos pesados en la dirección de estudio y en la dirección opuesta**

$$FHv, ATS = \frac{1}{1 + 0.09(1 - 1) + 0(1 - 1)} = 1$$

$$FHv, ATS = 1$$

Pese a que los valores del porcentaje de vehículos pesados tanto para la dirección de estudio como para la dirección opuesta son iguales (9% y 9% respectivamente), el factor por vehículos pesados no varía en ambos sentidos.

Finalmente, una vez calculados los valores del volumen de demanda para cada dirección ( $V_{d/o}$ ), el factor de grado de ajuste de pendiente y el factor de ajuste por vehículos pesados, se calcula el valor de ajuste al volumen demanda por velocidad promedio ( $V_{iATS}$ ) con la ecuación 19.

$$Vi ATS = \frac{Vi}{FHP * fgiATS * fHV ATS} \quad (\text{Ecuación 19})$$

- **Ajuste al volumen de demanda por velocidad promedio en sentido de estudio y sentido opuesto**

$$V_{i\text{ ATS}} = \frac{V_i}{FHP * f_{gi\text{ATS}} * f_{HV\text{ATS}}}$$

$$V_{d\text{ ATS}} = \frac{997 \frac{veh}{h}}{0.84 * 1 * 1} = 1186.91 \approx 1187 \text{ veh/h}$$

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

El cálculo de la velocidad promedio depende de los valores de la velocidad de flujo libre (FSS), el flujo de demanda en la dirección opuesta ( $V_{o,ATS}$ ) y las zonas de no rebase en la dirección de análisis. El ATS es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$ATS_d = FFS - 0.00776(V_{d,ATS} + V_{o,ATS}) - f_{np,ATS} \text{ (Ecuación 20)}$$

Fuente: Ecuación 15 – 6, Highway Capacity Manual 2010.

Donde:

$ATS_d$  = Velocidad de viaje promedio en la dirección analizada (mi/h).

FFS = Velocidad de flujo libre (mi/h).

$V_{d,ATS}$  = Porcentaje de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección de análisis (Veh/hr).

$V_{o,ATS}$  = Porcentaje de flujo de demanda para determinar ATS en la dirección opuesta (Veh/hr).

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

Previamente, en los pasos N°2 y N°3 se calcularon los valores del FFS, del flujo de demanda en la dirección opuesta ( $V_{oATS}$ ) y el flujo de demanda en la dirección de estudio ( $V_{dATS}$ ), por lo que, solo resta realizar el cálculo para encontrar el valor del factor de ajuste para determinación del porcentaje de zonas de no rebase en la dirección de análisis ( $f_{np,ATS}$ ), el cual se calcula utilizando la **tabla 17**.

**Tabla 17.** Factor de ajuste para la velocidad promedio para zonas de no rebase ( $f_{np,ATS}$ ).

Demanda de flujo en sentido opuesto $V_o$ (pc/h)	Porcentaje de Zonas de NO rebase				
	20	40	60	80	100
FFS $\geq 65$ mi/h					
$\leq 100$	1.1	2.2	2.8	3	3.1
200	2.2	3.3	3.9	4	4.2
400	1.6	2.3	2.7	2.8	2.9
600	1.4	1.5	1.7	1.9	2
800	0.7	1	1.2	1.4	1.5
1000	0.6	0.8	1.1	1.1	1.2
1200	0.6	0.8	0.9	1	1.1
1400	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9
$\geq 1600$	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
FFS = 60 mi/h					
$\leq 100$	0.7	1.7	2.5	2.8	2.9
200	1.9	2.9	3.7	4	4.2
400	1.4	2	2.5	2.7	3.9
600	1.1	1.3	1.6	1.9	2
800	0.6	0.9	1.1	1.3	1.4
1000	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2
1200	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1
1400	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9
$\geq 1600$	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7
FFS = 55 mi/h					
$\leq 100$	0.5	1.2	2.2	2.6	2.7
200	1.5	2.4	3.5	3.9	4.1
400	1.3	1.9	2.4	2.7	2.8
600	0.9	1.1	1.6	1.8	1.9
800	0.5	0.7	1.1	1.2	1.4
1000	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1
1200	0.5	0.6	0.7	0.9	1
1400	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9
$\geq 1600$	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7



Demanda de flujo en sentido opuesto $V_o$ (pc/h)	Porcentaje de Zonas de NO rebase				
	20	40	60	80	100
FS = 50 mi/h					
≤100	0.2	0.7	1.9	2.4	2.5
200	1.2	2	3.3	3.9	4
400	1.1	1.6	2.2	2.6	2.7
FFS = 50 mi/h					
600	0.6	0.9	1.4	1.7	1.9
800	0.4	0.6	0.9	1.2	1.3
1000	0.4	0.4	0.7	0.9	1.1
1200	0.4	0.4	0.7	0.8	1
1400	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8
≥ 1600	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
FS ≤ 45 mi/h					
≤100	0.1	0.4	1.7	2.2	2.4
200	0.9	1.6	3.1	3.8	4
400	0.9	0.5	2	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
1000	0.3	0.3	0.6	0.8	1.1
1200	0.3	0.3	0.6	0.7	1
1400	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7
≥ 1600	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6

Fuente: Highway Capacity Manual. Tabla 15 – 15, pág. 15 – 22.

En la **tabla 17** se encuentran diversos valores del  $f_{np,ATS}$  en dependencia de los valores del FFS (21.12 *mi/h*), el  $V_o$  (1187 veh/h) y el porcentaje de zonas de no rebase que, para el tramo de estudio dicho valor es del 100% ya que en toda la longitud del mismo existe una línea amarilla continua, desgastada al 80% de visibilidad.

Una vez obtenidos todos los valores, se realiza una interpolación lineal simple para un FSS  $\leq 45$  mi/h y con una demanda de flujo entre 1000 veh/h y 1200 veh/h obteniendo el siguiente valor:

$$y = y_1 + \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right)(x - x_1)$$

$$y = 1.1 + \frac{1 - 1.1}{1200 - 1000} (1187 - 1000) = 1.0065$$

$$f_{np,ATS} = 1.0065$$

Al utilizar la ecuación Ec.20 se obtiene el siguiente resultado:

$$ATS_d = 21.12 \text{ mi/h} - 0.00776 (1187 \text{ veh/h} + 1187 \text{ veh/h}) - 1.0065$$

$$ATS_d = 1.69126 \text{ mi/h}$$

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

Este paso solo es aplicado para carreteras tipo I y tipo II (**Véase imagen 11 en anexos, pág. XXVIII**). Los niveles de servicios en las carreteras tipo III no se basan en el porcentaje de tiempo de seguimiento (PTSF).

#### **Paso 6. cálculo del porcentaje de demoras por seguimiento (PTSF)**

Este paso solo es aplicado para carreteras tipo I y tipo II (**Véase imagen 11 en anexos, pág. XXVIII**). Los niveles de servicios en las carreteras tipo III no se basan en el porcentaje de tiempo de seguimiento (PTSF).

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

Este paso sólo es utilizado en el análisis de carreteras de dos carriles de Clase III, el procedimiento de este paso es relativamente sencillo, dado que tanto el FFS y el ATS ya han sido determinados en pasos previos. El PFFS se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$PFFS = \frac{ATSd}{FFS} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Fuente: Ecuación 15 – 11, Highway Capacity Manual 2010.

Donde todos los términos han sido previamente definidos. Por lo tanto, el valor del PFFS es el siguiente:

$$PFFS = 1.69126 \text{ mi/h} / 21.12 \text{ mi/h}$$

$$PFFS = 8 \%$$

### **Paso 8. Determinación de los niveles de servicio (LOS) y la capacidad**

Los niveles de servicio (LOS) se determinan mediante los siguientes criterios:

- **Tipo de carretera I:** En este tipo de carreteras, la velocidad y el tiempo de demora debido a restricciones son importantes para los vehículos. Por lo tanto, los niveles de servicio serán definidos por la velocidad promedio (ATS) y por el tiempo de demora por seguimiento (PTSF).
- **Tipo de carretera II:** En este tipo de carreteras, la velocidad de viaje no es un factor importante para los conductores, por lo que, el factor que define a los niveles de servicio es sólo el tiempo de demora por seguimiento.
- **Tipo de carretera III:** Para este nivel de servicio, el factor que define los niveles de servicio es el porcentaje de velocidad de flujo libre (PFFS), dado que, en este tipo de carreteras, los conductores esperan poder avanzar con constancia a la velocidad límite propuesta.

Al ser el tramo carretero clasificado en las carreteras de tipo III (**Véase acápite 3.6, pág. 34**), el factor determinante para poder establecer el nivel del servicio es el porcentaje de velocidad de flujo libre (PFFS) cuyo valor (expresado en el paso 8 del acápite 3.6.1 Análisis del estacionamiento 0+100) es de 8%.

Para poder obtener el nivel de servicio del tramo carretero en estudio en base al PFFS, se utiliza la **tabla 14**, en la cual se expresan los niveles de servicio en dependencia de los valores del ATS (Para carreteras tipo I), PTSF (Carreteras tipo II) y PFFS (Carreteras tipo III).

**Tabla 18.** Niveles de servicios para carreteras de 2 carriles

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

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

Según la **tabla 18**, para un PFFS del 8%, se obtiene un nivel de servicio E al ser este dato menor que 66.7%. Esto indica que, al estar en un nivel de servicio E, la demanda está muy cerca de la capacidad y la velocidad es menor que 1/2 la velocidad de flujo libre (FFS).

- **Determinación de la capacidad**

La capacidad, la cual existe en el límite entre los niveles de servicio (LOS) E y F no se determina por una medida de la eficacia. Bajo condiciones básicas, la capacidad de una carretera de dos carriles para una dirección es 1700 pc/h. Para determinar la capacidad bajo condiciones prevalentes se utiliza la Ecuación 16.

Cabe destacar que cuando un tramo posee una distribución direccional distinta a 50/50, la capacidad en cada dirección será diferente. Sin embargo, para este caso en particular, debido a que en ambas direcciones el resultado del  $f_gATS$

y del  $f_{HV,ATS}$  dan como resultado 1.00 para ambos sentidos, el valor de la capacidad no sufrirá ninguna fluctuación.

$$C_{dATS} = 1700 * f_{gATS} * f_{HVATS} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Fuente: Ecuación 15-12, The Highway Capacity Manual 2010.

Donde:

$C_{dATS}$ : capacidad basada en la velocidad de desplazamiento ATS.

$F_{gATS}$ : factor de grado de ajuste de pendiente.

$F_{hvATS}$ : factor de ajustes por vehículos pesados.

Sustituyendo valores en la Ec.22, se obtiene el siguiente resultado.

$$C_{dATS} = 1,700 * f_{gATS} * f_{HVATS}$$

$$C_{dATS} = 1700 * 1 * 1 = 1700 \text{ veh/h.}$$

El valor de la capacidad en el tramo de estudio es de 1700 veh/h, por lo que, se puede apreciar que el valor del volumen de demanda por ATS está próximo a la capacidad de la carretera (1187 veh/h < 1700 veh/h).

### **5.3 Inventario vial**

Como definición de inventario vial entiéndase a la recolección en el campo de los elementos propios y de tránsito tales como son; señales verticales y señales horizontal, secciones transversales, tipos de drenaje, superficie o carpeta de rodamiento, etc. que forman parte del tramo en estudio.

La importancia de realizar un inventario vial está en poder contar con la información suficiente del estado en el que se encuentra la carretera, sus características físico-geométricas, superficie de rodamiento, drenajes ya sean mayor o menor, el estado y ubicación de la señalización horizontal y vertical. Principalmente es para conocer en detalle los componentes de la vía tanto cualitativa como cuantitativamente.

#### **5.3.1 Descripción del trabajo de campo**

El inventario vial realizado en el tramo consistió en un estudio de dos partes, antes de proceder a realizar el inventario se hizo un reconocimiento del tramo donde se midieron y marcaron los estacionamientos cada 20 metros, de tal manera que hubiese una guía para detallar la posición geométrica de los elementos a inventariar a lo largo del tramo.

Durante el reconocimiento del tramo también se hizo un levantamiento de la señalización horizontal y vertical existente, estado, ubicación, y visibilidad hacia ella. Debido a la circulación de autobuses urbanos colectivos, se tomó en cuenta la existencia de bahías y señalización para estos; Así como canaletas, alcantarillas, tragantes etc.

Para la realización del inventario se hizo uso de una cinta métrica de fibra de vidrio de 50 m para topografía, spray para marcaje sobre pista, cámara fotográfica para una ilustración detallada de las condiciones reales del tramo.

Para el levantamiento de la sección transversal se estableció ubicar los estacionamientos a cada 100 metros con ayuda de la cinta métrica y formatos con el cual la Universidad Nacional de Ingeniería usa para sus trabajos de campo que se rigen con los del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

De igual manera para el levantamiento de señales verticales, señales horizontales y drenajes, se trabajó con los formatos utilizados por la Universidad Nacional de Ingeniería, estos facilitaron la recolección de datos para que de una manera ordenada se clasificaran las señales, ubicándolas en la banda correspondiente de la carpeta de rodamiento.

El inventario se realizó caminando desde la estación 0+000 hasta la 1+089.67 con la cinta a cada 20 metros, con el fin de tener una mejor precisión de la distancia en los levantamientos de detalles de la calzada como baches, reductores de velocidades e intersecciones y de igual manera para los levantamientos de las señales verticales y horizontales.

Haciendo uso de las disposiciones y recomendaciones del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito de la secretaria Para la Integración Centroamericana, se hizo un levantamiento de necesidades con el objetivo de hacer una propuesta de señalización vial que fuera más acorde con la realidad geométrica y de uso de suelo a lo largo de la carretera en estudio tomando en cuenta la velocidad de diseño de la misma.

En el proceso se decidió que la manera en que se presentan los datos de las condiciones de señalización real, sería la misma en que se presentarían las condiciones propuestas, tanto las que se recomiendan corregir como las que se recomiendan agregar o quitar.

### **5.3.2 Clasificación funcional**

El tramo en estudio, pertenece a la clasificación funcional de colectora primaria, debido a que este tramo carretero cumple con los requisitos de una colectora principal según la normativa establecida en el Reglamento del Sistema Vial para el Área del Municipio de Managua los cuales son los siguientes:

- **El volumen de tránsito diario ronda entre los 5,000 a 20,000 veh/día.** (Ver tabla 10 pág. 34. Volúmenes de tránsito).
- **El ancho mínimo de carril de circulación es de 4.2 m/h.** (Ver tabla 12, pág. 38. Datos de entrada)

- **La pendiente máxima es de 5%.** (Ver tabla 19, pág. 57. Pendiente por cada 50 m del tramo corregir).
- **El rango de derecho de vía es entre 14.3m a 33.75m.** (Ver tabla 21, pág. 62. Sección transversal corregir).
- **Brinda acceso directo a las propiedades adyacentes.**

En el *Anuario de aforos de tráfico 2020*, se muestra el dato del tránsito promedio diario anual (TPDA) histórico del tramo vial Pista mayoreo. En dicho anuario se encuentra el dato correspondiente para la carretera NN – 154, siendo este el tramo que proporciona la mayor parte de flujo vehicular a la zona en estudio.

El aforo elaborado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y estipulado en el Anuario de Aforos de Tráfico 2020 en su página 270 presenta la información del tráfico promedio diario anual histórico de la NN-154 perteneciente a la estación N°129, tipo ECD y cuyo nombre del tramo es Pista el Mayoreo (Las Américas) – Sábana Grande, reflejando un TPDA de 7617veh/año y una tasa de crecimiento del 3.01%. **(Ver anexos tabla 50 pág. XXI).**

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA 2011 en su inciso 1.3.4.3 pág. 30, el sistema de calles colectoras provee de servicio de acceso a la propiedad, así como circulación del tránsito dentro de las vecindades residenciales y zonas comerciales e industriales.

### **5.3.3 Topografía**

Para lograr determinar la topografía que presenta el tramo en estudio, se utilizó un GPS, el cual brinda las coordenadas geodésicas de cualquier punto en el planeta, por lo que, de esta manera se obtienen las cotas de elevaciones del tramo de estudio con la finalidad de calcular las pendientes existentes en el tramo a cada 50 m. **(Véase tabla 19, pág. 57)**

Según el Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico SIECA 2011 página 116, el terreno se considera plano cuando su pendiente varía entre 0% y 5%, cuando la pendiente está comprendida entre 5% y 15% se considera



terreno ondulado y el terreno se clasifica como montañoso cuando la pendiente se encuentra entre 15% y 30%.

Según los datos expuestos en la **tabla 15**, el terreno en el tramo de estudio es un **terreno plano** en el 100% de su longitud, al no presentarse pendientes mayores al 5%, siendo la pendiente máxima de 4 %.

**Tabla 19.** Pendiente del tramo semáforos del Mayoreo hacia semáforos empalme Sabana Grande por cada 50 metros

Estación	Elevación (msnm)	$\Delta H$ (m)	$\Delta$ Dist (m)	Pendiente %
0+000	95 m	-	-	-
0+050	94 m	-1 m	50 m	2
0+100	93 m	-1 m	50 m	-2
0+150	95 m	2 m	50 m	4
0+200	97 m	2 m	50 m	4
0+250	99 m	2 m	50 m	4
0+300	100 m	1 m	50 m	2
0+350	102 m	2 m	50 m	4
0+400	100 m	-2 m	50 m	-4
0+450	98 m	-2 m	50 m	-4
0+500	100 m	2 m	50 m	4
0+550	102 m	2 m	50 m	4
0+600	103 m	1 m	50 m	2
0+650	101 m	-2 m	50 m	-4
0+700	102 m	1 m	50 m	2
0+750	104 m	2 m	50 m	2
0+800	105 m	1 m	50 m	1
0+850	107 m	2 m	50 m	4
0+900	108 m	1 m	50 m	2
0+950	110 m	2 m	50 m	4
1+000	112 m	2 m	50 m	4
1+050	114 m	2 m	50 m	4
1+089.67	115 m	1 m	39.67 m	2.5

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes

$$P=100x \frac{\Delta \text{Dist (m)}}{\Delta H \text{ (m)}} \text{ (Ecuación 23)}$$

Donde:

**P:** Pendiente

$\Delta$  **Dist (m):** Distancia en metros

$\Delta H$  **(m):** resultado de la resta de las elevaciones

**100:** Factor de porcentaje

### 5.3.4 Carpeta de rodamiento y su condición

El día 16 de enero del año 2023, se llevó a cabo la realización del inventario vial, analizándose a su vez las condiciones actuales de la carpeta de rodamiento en el tramo de estudio, obteniéndose los resultados expuestos en la **tabla 20 pág. 60**.



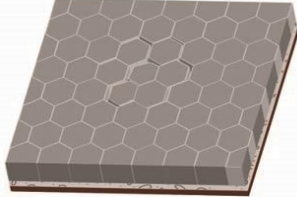





**Imagen 4.** Condición actual de carpeta de rodamiento

<p><b>1.</b> Adoquinado en condición regular est 0+0845.</p>	<p><b>2.</b> Adoquinado en condición regular est 0+753.</p>	<p><b>3.</b> Adoquinado en condición regular est 0+890.</p>
		
<p><b>4.</b> Adoquinado en condición regular est 0+074.</p>	<p><b>5.</b> Adoquinado en condición regular est 0+926.</p>	<p><b>6.</b> Adoquinado en condición regular est 0+937.</p>



Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

**Imagen 5.** Daños a carreteras adoquinadas

Bache Esquema	Bache foto	Asentamiento Esquema	Asentamiento Foto
			
Despostillamiento Esquema	Despostillamiento foto	Perdida del sello Arenoso Esquema	Perdida del sello Arenoso foto
			

Fuente: manual centroamericano de mantenimientos de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial edición 2010 (capítulo 4 pág. 339,340,341,342).

**Tabla 20.** Tipo de superficie y condición de la carpeta de rodamiento en el tramo de estudio

Estudio de sección transversal			
Est. Inicio	Est. Fin	Tipo de superficie	Condiciones de la carpeta
0+000	0+050	Adoquinado	Regular
0+050	0+100	Adoquinado	Regular
0+100	0+150	Adoquinado	Regular
0+150	0+200	Adoquinado	Regular
0+200	0+250	Adoquinado	Regular
0+250	0+300	Adoquinado	Regular
0+300	0+350	Adoquinado	Regular
0+350	0+400	Adoquinado	Regular
0+400	0+450	Adoquinado	Regular
0+450	0+500	Adoquinado	Regular
0+500	0+550	Adoquinado	Regular
0+550	0+600	Adoquinado	Regular
0+600	0+650	Adoquinado	Regular
0+650	0+700	Adoquinado	Regular
0+700	0+750	Adoquinado	Regular
0+750	0+800	Adoquinado	Regular
0+800	0+850	Adoquinado	Regular
0+850	0+900	Adoquinado	Regular
0+900	0+950	Adoquinado	Regular
0+950	1+000	Adoquinado	Regular
1+000	1+050	Adoquinado	Regular
1+050	1+089.67	Adoquinado	Regular

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

Los datos presentados en la **tabla 20** reflejan que la carpeta de rodamiento presente en la superficie, del tramo comprendido entre la estación 0+000 a la estación 1+089.67 presentan un tipo de superficie adoquinado en condición regular, esto debido a la presencia de desprendimientos, despostillamientos, asentamiento y baches los cuales no afectan la circulación del tráfico vehicular.

### 5.3.5 Sección transversal

La sección transversal de una carretera es un corte transversal al alineamiento horizontal y muestra las características geométricas de la vía, dichas secciones transversales varían de un punto a otro, es por tanto que se realizaron cortes o

secciones a cada 100 m sobre la vía en estudio. Estas características dependen del funcionamiento y de la estructura de la carretera.

- **Ancho de calzada**

El ancho de calzada es la parte de la carretera destinada normalmente a la circulación de los vehículos, la anchura de la calzada depende del número de carriles; la calzada está destinada a soportar el movimiento de los vehículos y, por tanto, sus cargas.

En el tramo de estudio, la vía está compuesta por una calzada en la que se encuentran el carril izquierdo y derecho, donde el ancho de la calzada tiene un promedio de 10m de ancho **(Véase tabla 21, pág. 62).**

- **Hombros**

Los hombros son el área de seguridad para la maniobra de vehículos que sufren ocasionalmente desperfectos durante su recorrido, y como espacio para la circulación de motocicletas, bicicletas y peatones. La existencia de hombros sobre este tramo vial es nula.

- **Andén (Aceras)**

Es la parte integrante que del derecho de vía se ha reservado o construido especialmente para el tránsito exclusivo de los peatones. Como una recomendación general que nos brinda el Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de las carreteras regionales SIECA 2004 establece que se deben construir aceras o andenes en las calles y carreteras que carezcan de hombros, como es en nuestro caso. Los andenes existentes en este tramo vial se encuentran en un buen estado facilitando la circulación de los peatones **(Véase tabla 21, pág. 62 Sección transversal).**

El manual centroamericano de normas para diseño geométrico de las carreteras regionales SIECA 2004, en su acápite 4.3.4, nos dice que en áreas urbanas y suburbanas debe existir una franja de un mínimo de 3.0 metros de ancho como

espacio de amortiguación para la construcción de andenes y la instalación de servicios como alumbrado público, hidrantes, etc. Las aceras pueden variar entre 1.0 y 2.0 metros de ancho y cuando la acera se construya a la orilla de la cuneta debe de tener un ancho extra de 0.6 metros, para compensar la carencia de zona verde de transición.

- **Cunetas**

Las cunetas son canales que se construyen a ambos lados y paralelamente a la carretera, con el fin de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las áreas de los taludes.

**Tabla 21.** Descripción de secciones transversales de la Est 0+000 al Est 1+089.67

<b>EST</b>	<b>Andén Izquierdo</b>	<b>Calzada</b>	<b>Andén Derecho</b>	<b>Derecho de Vía</b>
<b>0+000</b>	0 m	10 m	0 m	<b>30 m</b>
<b>0+100</b>	0 m	10 m	0 m	<b>26 m</b>
<b>0+200</b>	0 m	10 m	0 m	<b>22 m</b>
<b>0+300</b>	0 m	10 m	0 m	<b>21.80 m</b>
<b>0+400</b>	m	10 m	0 m	<b>22.83 m</b>
<b>0+500</b>	60m	10 m	0 m	<b>33.75 m</b>
<b>0+600</b>	0 m	10 m	0 m	<b>22.10 m</b>
<b>0+700</b>	0 m	10 m	0 m	<b>22.45 m</b>
<b>0+800</b>	0 m	10 m	0 m	<b>14.30 m</b>
<b>0+900</b>	0 m	10 m	0 m	<b>26.55 m</b>
<b>01+000</b>	59m	10 m	43 m	<b>22 m</b>
<b>1+080</b>	0 m	10 m	0 m	<b>13.58 m</b>

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentante

- **Sistema de drenaje.**

En todo camino existe un sistema de drenaje que debe trabajar eficientemente para lograr que el mismo no se destruya por corrientes de aguas, superficiales o subterráneas mal encauzadas.

Se define como sistemas de drenaje de un camino a los dispositivos

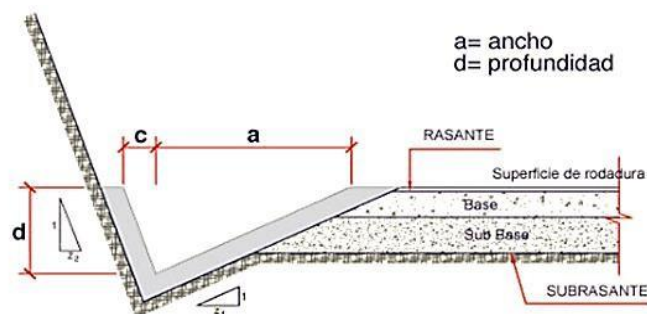
específicamente diseñados para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de dicho camino.

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad. Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- Dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino.
  - Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
  - Evitar que el agua provoque daños estructurales.
  - De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil y facilidad de acceso.
- **Drenaje menor**

La vía en estudio presenta obras de drenaje menor tales como alcantarillas sencillas, tragantes tipo gavetas y cunetas longitudinales que abarcan una parte del tramo vial, donde se observa que la condición en el cual se encuentra estos drenajes es mala, en deterioro y saturados. En la **tabla 22 pag 64**, se muestra los estacionamientos correspondientes a este tipo de drenaje, sus dimensiones y el estado actual que presentan.

**Imagen 6.** Drenaje longitudinal.



Fuente: SIECA 2011

**Tabla 22.** Levantamiento de drenaje menor tipo cuneta.

Estación		Banda Izquierda	Banda Derecha	Profundidad (m)	Ancho (m)	Longitud (m)	Condición
Inicio	Fin						
0+000	0+100		✓	0.15	0.35	100 m	Regular
0+100	0+200		✓	0.15	0.35	22 m	Regular
0+420	0+476		✓	0.15	0.35	56 m	Regular
0+ 502	0+660		✓	0.15	0.35	158 m	Regular
0+418	0+568	✓		0.15	0.35	150 m	Regular
0+602	0+663	✓		0.15	0.35	61 m	Regular

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

Se observa en la **tabla 22** la condición que presenta el drenaje menor tipo cuneta, en el único tramo donde está presente tiene una condición regular, sobre el resto del tramo no existe este sistema de drenaje.

A lo largo del tramo de la estación 0+562 hasta estación 0+563.66 está presente el sistema de drenaje transversal tipo tragantes de agua pluvial. **(Véase tabla 23 pag 64)**

**Tabla 23.** Levantamiento de drenaje menor tipo tragante.

Estación		Banda Izquierda	Banda Derecha	Dimensiones (m)	Cantidad de Gavetas	Condición
Inicio	Fin					
<b>0+562</b>	0+563.66		✓	0.30 x 1.66	1	regular

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

**Imagen 7.** Drenaje menor tipo tragante EST **0+562** (saturado por desechos y maleza, lo cual dificulta el paso de las escorrentías)



Fuente: Elaboración propia



- **Otros tipos de drenaje menor**

En la estación 0+574 existe un sistema de drenaje transversal, este es conocido como sistema de drenaje multicelular de sección rectangular tipo marco. Este presenta mal estado o una pobre funcionalidad debido a la obstrucción del paso de agua hacia este ducto, siendo la principal causa que éste es usado como basurero

**Imagen 8.** Drenaje multicelular de sección rectangular Est 0+574 (saturado por desechos y maleza, lo cual dificulta el paso de las escorrentías)



Fuente: Elaboración propia.

### **5.3.7 Señalización vial**

El Manual Centroamericano de Dispositivos para el Control de Tránsito SIECA 2011, argumenta que la señalización surge por la necesidad de mantener informado al conductor del vehículo acerca de las características de la vía por la que circula y el entorno por el cual discurre. En este sentido, la misión de la señalización vial se define en tres puntos:

- † Advertir de la existencia de peligros potenciales.
- † Informar de la vigencia de ciertas normas y reglamentaciones en un tramo de la vía.

‡ Orientar al usuario mediante las oportunas indicaciones para que éste sepa en todo momento dónde está, hacia dónde va y qué dirección tomar para cambiar de destino.

Para llevar a cabo estos principios, la señalización debe cumplir una serie de preceptos fundamentales sin los cuales su eficiencia es más que dudosa:

- 1) **Claridad:** la información debe ser presentada de forma que llame la atención del usuario y en zonas en que no dé lugar a una mala interpretación de la misma.
- 2) **Sencillez:** el código empleado debe ser comprensible por cualquier usuario capacitado para la conducción. Además, no conviene densificar el contenido de la información suministrada, ya que lo más seguro es que no se interprete correctamente.
- 3) **Precisión:** es imprescindible que la información se suministre cuando el conductor la necesite, de forma que esté dispuesta de un tiempo de comprensión, decisión y reacción.
- 4) **Advertencia:** guiar al usuario a lo largo del camino.
- 5) **Universalidad:** la interpretación del código y la representación del mismo debe ser homogénea, de forma que todo usuario sea capaz de recibir la información independientemente de la zona, provincia, región o país donde se encuentre.

- **Señalización vertical**

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno, o para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

Según lo expuesto por el Manual Centroamericano de Dispositivos de Uniformes para el Control de Tránsito de la SIECA año 2014 y de conformidad con el Acuerdo Centroamericano sobre Señales Viales Uniformes, y el Manual Interamericano del 2011, las señales verticales se clasifican en:

- **Señales de reglamentación**

Son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito de cada país.

- **Señales de prevención**

Son las que indican al conductor de las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza.

- **Señales de información**

Son las que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de navegación y orientación de los usuarios.

En **la tabla 24 pag 69**, se muestra la clasificación y cantidad de señales verticales que fueron diseñadas para el tramo en estudio y la condición en la que se encuentra actualmente. Dicha información se obtuvo en el levantamiento del inventario de señalizaciones.

- **Características del estado de las señales**

- 1) El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito de la SIECA 2014, en su sección 1.5 y 2.1.28, dice que las señales de tránsito en mal estado son aquellas estructuras verticales que presentan deterioro total, están pintadas, rayadas o con manchas o incluso caída sobre la vía.

- 2) Las señales de tránsito que se encuentra en un estado regular son aquellas señalizaciones que presentan poco deterioro o son tapada por capa de vegetación.
- 3) Y entiéndase por señales en buen estado a todas aquellas estructuras verticales de carácter informativas, preventivas y reglamentarias que se presentan en óptimas condiciones para ejecutar su función.

**Tabla 24.** Levantamiento de señales de tránsito verticales.

Estación	Tipo de señal de tránsito	Código	Tipo de tablero	Altura de arista (m)	Distancia de calle (m)	Ubicación		Condición
						Izq.	Der.	
0+023	Reglamentaria	R-3-3a	Rectangular Vert.	1.16 m	0.45 m	✓		Regular/Rayada
0+063	preventiva	P-5-4	Rombo	1.70 m	1.10 m	✓		Regular/Desgastada
0+498	Reglamentaria	R-1-1, R-15-11	Octagonal	1.65 m	0.85 m		✓	Buena
0+575	Reglamentaria	R-1-1, R-15-11	Octagonal	1.80 m	1.15 m	✓		Regular/Rayada
0+655	Preventiva	P-9-4	Rombo	1.55 m	2.40 m	✓		Regular
0+674	Preventiva	E-1-1	Rombo	1.75m	2.20 m		✓	Regular/Rayada
0+ 757	Reglamentaria	R-1-1, R-15-11	Octagonal	1.65 m	1.05 m		✓	Buena/Obstruida visualmente por postes telefónicos
0+835	Preventiva	P-10-6	Cuadrada	1.32 m	3.5 m		✓	Mal estado
0+896	Reglamentaria	R-2-6	Rectangular vert.	1.98 m	2.65 m	✓		Regular/Rayada
0+911	Preventiva	P-10-6	cuadrada	1.32 m	3.5 m		✓	Buena
1+022	Preventiva	E-1-1	Rombo	1.80 m	2.75 m	✓		Buena/rayada y obstruida visualmente por árbol
1+051	Preventiva	P-9-4	Rombo	1.42 m	2.50 m		✓	Buena/Rayada
1+053	Reglamentaria	E-3-1, R-2-1	Rectangular Vert.	1.72 m	2.30 m	✓		Regular/Rayada
1+076	Reglamentaria	R-1-2	Triangular	1.75 m	1.80 m	✓		Regular
1+083	Reglamentaria	R-1-2	Triangular	1.75 m	0.70 m		✓	Regular/Rayada
1+088.5	Reglamentaria	R-1-1	Octagonal	1.85 m	0.70 m		✓	Buena

Fuente: Elaboración propia.

En el inventario realizado se logró observar la configuración actual de la señalización vertical del tramo de carretera en donde se constató que existen 16 señalizaciones verticales, algunas de ellas presentan rayas, mala ubicación, o bien se encuentran en mal estado físico.

La falta de mantenimiento, carencia de educación vial y falta de educación en general de algunas personas, favorece la vandalización de las señales de tránsito, haciéndolas ilegibles para los usuarios por lo cual no cumplen las características necesarias para llamar la atención del conductor, siendo este un factor a tener en cuenta ya que conlleva al peligro de accidentes sobre la vía.

**Imagen 9 Señalización vertical actual del tramo en estudio**

<p><b>1. Est 0+023.</b> Solo Derecha</p>	<p><b>2. Est 0+063.</b> Ensanche asimétrico. de calzada izq.</p>	<p><b>3. Est 0+498.</b> Alto</p>
		
<p><b>4. Est 0+575.</b> Alto</p>	<p><b>5. Est 0+655.</b> Cruce peatonal</p>	<p><b>6. Est 0+674.</b>Zona escolar</p>

		
<p>7. Est 0+757. Alto</p>	<p>8. Est 0+835. Precaución</p>	<p>9. Est 0+896. Vel. Máxima 30KPH</p>
		

**Señalización vertical actual del tramo en estudio.**

<p>10. Est 0+911. precaución</p>	<p>11. Est 1+022. Zona escolar</p>	<p>12. Est 1+051. Cruce peatonal</p>
		

<p>13. <b>Est 1+053.</b> Escuela 25 k.p.h</p>	<p>14. <b>Est 1+076.</b> Ceda el paso</p>	<p>15. <b>Est 1+083.</b> Ceda el paso</p>
		
<p>16. <b>Est 1+088.5</b> Alto</p> 		

Fuente: Elaboración propia.

- **Señales horizontales**

La señalización horizontal es el complemento y auxilio de las señales verticales, cumplen un importante elemento de seguridad al ubicar exactamente a los conductores en los espacios correspondientes las marcas de flechas direccionales, retenidas vehiculares, las islas canalizadoras, cruce peatonal, pintado de bordillo, contribuyen a una ubicación correcta a los conductores y peatones.



- **Estado actual**

Durante la realización del inventario vial del tramo en estudio se logró observar que, la señalización horizontal actual que posee la vía es inexistente.

Al momento del levantamiento de campo se presencié que, a lo largo de los 1.089.67 Km de tramo vial no existe línea divisoria entre los carriles ya sea está continua o discontinua, así también la ausencia de flechas que muestren la dirección que se debe seguir, pasos de cebra para peatones, etc.

el tramo que está construido con adoquines carece de líneas canalizadoras y simbología, en todas las intersecciones no existen señales informativas sobre la carpeta de rodamiento tales como ceda el paso, alto, cruce o zona peatonales, así mismo la presencia de leyendas y otras marcas es completamente inexistente.

Todo lo mencionado anteriormente representa una problemática a tomar en cuenta, la falta de señalización horizontal y la poca señalización vertical en todo el tramo, hace que el conductor no se oriente sobre la vía y por lo tanto no lograr hacer la maniobra y/o acciones que deben realizarse para desarrollar la movilidad de forma ordenada.

## 5.4 Estudio de velocidad

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos de su diseño geométrico. La velocidad es de suma importancia para realizar cualquier tipo de estudio de tráfico, considerando que todos los conceptos fundamentales de los mismos están íntimamente ligados y relacionados con ella.

Finalmente, un factor que hace a la velocidad muy importante en el tránsito, es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para los que fue diseñada la carretera, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos.

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

Velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, expresado en kilómetros por hora (km/h). Para el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:

$$V = \frac{d}{t} \quad (\text{Ver ecuación 3 pag. 15})$$

Donde:

V = Velocidad constante (Kilómetros por horas).

d = Distancia recorrida (Kilómetros).

t = Tiempo de recorrido (horas).

### 5.4.1 Estudio de velocidad de punto

El método manual más utilizado para el registro de las velocidades de punto es el del cronómetro, en el cual sobre una distancia determinada (50, 75, 100 o 150 metros) que se ha marcado con dos rayas de tiza o pintura en el pavimento, se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrerla.

El observador se sitúa en un lugar conveniente entre las marcas, cuando las ruedas delanteras de un determinado vehículo pasan sobre la primera marca, el observador inicia la marcha del cronómetro, y cuando el mismo vehículo toca la segunda marca con las ruedas delanteras, se detiene la marcha del cronómetro. La velocidad se obtiene dividiendo la distancia prefijada, en metros, entre el tiempo que se requirió para recorrerla, en segundos y décimos de segundo. El resultado obtenido, en metros por segundo, se convierte a kilómetros por hora.

La característica de la velocidad de punto tiene como objetivo, darles soluciones a lugares con problemas de velocidad; planeación, regulación y control de la operación del tránsito; análisis de accidentes; estudios de antes y después; Proyecto geométrico.

Dentro de la operación del tránsito, una distribución de velocidades es usada para:

1. Establecer límites de velocidad, tanto máxima como mínima.
2. Determinar las velocidades seguras en curvas horizontales y en aproximaciones a intersecciones.
3. Establecer longitudes de zonas de rebase prohibido.
4. Proveer información relativa sobre cuál debe ser el lugar apropiado para ubicar las señales de tránsito.
5. Localizar y definir tiempos de los semáforos.
6. Analizar zonas de protección para peatones en escuelas, colegios y universidades.

### 5.4.2 Descripción del trabajo de campo

Con la finalidad de poder obtener los datos de las velocidades que normalmente presentan los automóviles que transitan entre Los semáforos del Mayoreo y los semáforos del empalme de Sabana Grande, se llevó a cabo la implementación del estudio de velocidad de punto en 1 estacionamientos, con una muestra correspondiente a la cantidad de vehículos que circulan durante 1 hora.

El punto considerado como crítico para el estudio de velocidad fue determinado bajo los siguientes criterios de análisis:

- Tramos rectos de más de 100 metros con restricciones de velocidad donde se desarrollan las velocidades máximas sobre el tramo de estudio.

Consecuente con los criterios estipulados anteriormente, se procedió a establecer un punto crítico con la finalidad de obtener las velocidades que desarrollan los vehículos que transitan en el tramo de estudio.

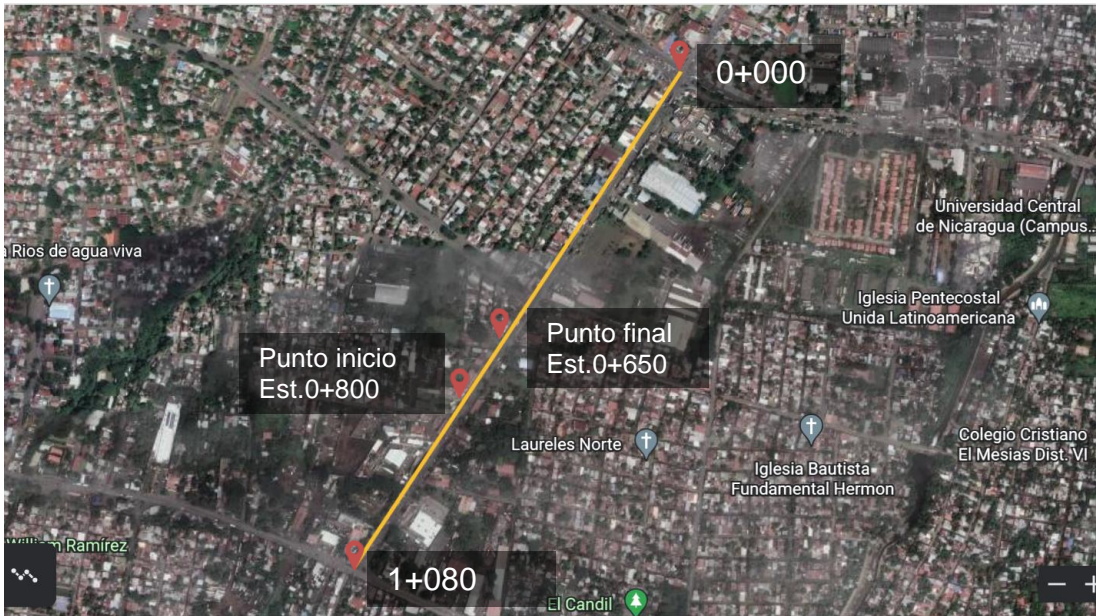
El punto establecido para la realización del estudio de velocidad, fue seleccionado en base al criterio de tramo recto, en el cual se presentan las máximas velocidades debido a que las condiciones geométricas de la carretera lo permiten. Por lo cual, se escogió del estacionamiento **0+650 al estacionamiento 0+800 el cual se encuentra localizado al centro del tramo recto de 1.080 km el cual forma parte del sitio en estudio. (ver anexos tablas 52-563, pag XXIV-XXVII).**

**Tabla 25** cálculo de Promedio para motos

Tipo de vehiculos (Motos)			
Cantidad	Tiempo (t) hora	Distancia(D) km	Velocidad (V)=d/t km/h
1	0.002408333	0.15	62
2	0.003902778	0.15	38
3	0.003861111	0.15	39
4	0.003286111	0.15	46
5	0.003402778	0.15	44
6	0.00295	0.15	51
7	0.002530556	0.15	59
8	0.002975	0.15	50
9	0.002638889	0.15	57
10	0.002363889	0.15	63
<b>Promedio km/h</b>			<b>51</b>

Fuente: Elaboración propia

**Imagen 10.** Estacionamientos establecidos para la realización de estudio de velocidad en el tramo de estudio



Fuente: <https://www.google.com/maps/dir/semaforos+del+mayoreo/Sem%C3%A1foros+empalme+sabana+grande>

**Tabla 26.** Resultados de medición de velocidad en estacionamiento 0+800 al 0+650.

TIPO DE VEHICULOS	Est. 0+100		Excede %	No Excede %	Total	Velocidad promedio
	Velocidad de diseño 30 km/h					
	Excede	No excede				
Motos	10	0	100	0	10	<b>51 km/h</b>
Jeep	10	0	100	0	10	45 km/h
Automóviles	10	0	100	0	10	48 km/h
Camionetas	10	0	100	0	10	49 km/h
MB menor 15	10	0	100	0	10	43 km/h
MB mayor 15	4	0	100	0	4	41 km/h
Bus	10	0	100	0	10	39 km/h

TIPO DE VEHICULOS	Est. 0+100		Excede %	No Excede %	Total	Velocidad promedio
	Velocidad de diseño 30 km/h					
	Excede	No excede				
Liviano 2-5 toneladas	7	0	100	0	7	38 km/h
C2	5	0	100	0	5	39 km/h
C3	4	1	80	20	5	38 km/h
Tx-Sx<=4	3	4	42.86	57.14	7	36 km/h
Tx-Sx>=5	2	0	100	0	2	<b>32 km/h</b>
Cx-Rx>=5	4	0	100	0	4	38 km/h
<b>Total</b>	<b>89 veh</b>	<b>5 veh</b>	<b>94.68%</b>	<b>5.32%</b>	<b>94 veh</b>	<b>Prom. 41 km/h</b>

Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes.

**Gráfica 7.** Resultados de medición de velocidad en estacionamiento 0+650 al 0+800.



Fuente: Elaboración propia, datos levantados por sustentantes

En la **tabla 26 y la gráfica 7**, se muestra un resumen de los datos obtenidos en campo en el cual se refleja que en el estacionamiento estudiado (Est 0+650-Est 0+800), el cual se encuentra dentro de una zona de tipo habitacional, el 94.68% del total, de vehículos estudiados exceden la velocidad máxima de diseño (30 km/h) y sólo el 5.32% no la rebasan. Así mismo en la **Tabla 26** se muestra que la velocidad promedio más alta es del **51 km/h** y la más baja de **32 km/h**. Esto se debe principalmente a que las condiciones geométricas de la carretera en el punto de estudio favorecen el desarrollo de altas velocidades, de igual forma, otro factor que permite el desarrollo de altas velocidades es la ausencia de intersecciones o puntos de accesos importantes en la zona.

## **5.5 Propuestas**

En este capítulo se presentan las propuestas técnicas, que, a partir de los estudios antes realizados, deben ser implementados en el tramo de carretera para mejorar la seguridad vial y funcionalidad de la misma. La accidentabilidad vial es un problema que abarca importantes factores principales como lo son la vía, el vehículo, el conductor y el peatón, por tanto, se puede reducir la cantidad de accidentes en una vía a niveles muy bajos si se hace conciencia de las consecuencias que ocasionan estos siniestros, a niveles considerables si se toman decisiones técnicas conforme a las necesidades y problemática que se presenten, y a niveles altos si se reforma en su totalidad la configuración y diseño de la vía.

### **5.5.1 Medidas de reducción de la accidentalidad**

En Nicaragua se han implementado políticas de estado para promover la participación de las instituciones públicas, privadas y la comunidad organizada en la búsqueda de la solución de la problemática de las tragedias que ocasionan los accidentes de tránsito. Esto de la mano de la Policía Nacional como principal entidad para la coordinación de soluciones prácticas para la accidentalidad en el país.

Como parte de la concientización de la población proponemos desarrollar y fortalecer comportamientos y actitudes en los miembros de la comunidad, mediante campañas acompañadas de charlas primordialmente en los centros escolares, rótulos publicitarios donde se haga énfasis en la concientización tanto conductores y peatones, para que así se pueda minimizar los riesgos en los desplazamientos y disfruten de espacios públicos seguros, mediante la práctica de acciones significativas y fomentando el respeto a las normas de tránsito y asumiendo responsabilidades ciudadanas frente a la seguridad vial. De este modo pretendemos contribuir al desarrollo de una conciencia ciudadana en la comunidad que permita compartir en espacio público donde se privilegie el respeto por los demás y la seguridad vial.



De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de accidentabilidad, se concluyó que el mayor porcentaje de accidentes se centra en la estación 0+000 (semáforos el mayoreo) **véase en tabla 4, pag.23** siendo la mayor causa no guardar distancia e invasión de carril **véase en tabla 3, pag.21**; por lo tanto se recomienda una mayor presencia de oficiales de tránsito para un mayor control de tráfico todo esto con el objetivo de evitar el congestionamiento de vehículos en general que se estacionan en este tramo de la pista. para de esta manera lograr una mejor fluidez en la circulación de los diferentes vehículos y así poder evitar accidentes en este punto crítico.

### **5.5.2 Mejoramiento vial**

- **Construcción andenes**

Construcción de andén desde la estación 0+000 hasta la estación 1+049.69 (banda derecha) y estación 0+000 hasta la estación 1+028.69 (banda izquierda), según las normas para el diseño geométrico SIECA 2004 en su inciso 4.3.3, donde se muestra el diseño de los andenes para carretera de clasificación de colectora principal.

- **Construcción de drenaje tipo cuneta**

Debido a que el drenaje tipo cuneta en el tramo en estudio presenta una longitud de 425 mts lineales de construcción existente con una condición en estado regular en ambas bandas **véase en tabla 22, pag.64**, por lo tanto, se propone la construcción en su totalidad la cual corresponde a 2,175.38 mts lineales; esto para que de esta forma las escorrentías pueden evacuarse con una mayor eficiencia.

- **Construcción casetas para paradas de autobuses**

Con el crecimiento poblacional de la ciudad capital y con ello la expansión residencial y comercial en la periferia de Managua, Por lo que debido a la situación antes mencionada se propone la reubicación de una parada de autobuses que se ubica en la estación 0+020 (banda derecha) a la estación 0+060 para que puedan

operar de una manera de servicio a los poblados aledaños y no obstruya al flujo vehicular, de igual forma la construcción de casetas en la estación 0+620 y 0+860.

Se proponen las siguientes ubicaciones de casetas y parada de autobuses:

- Estación 0+060, (Banda Derecha) reubicación de parada de autobuses y construcción de caseta.
- Estación 0+620, construcción de caseta (Banda izquierda)
- Entre estación 0+860 y 0+880 construcción de caseta (banda derecha).

- **Rehabilitación de la carpeta de rodamiento**

Realizar reparaciones del tramo donde la carpeta tipo adoquinada presenta daños tales como (despostillamientos, baches, daños por asentamiento, pérdida del sello arenoso de adoquines) **véase en tabla 20, pag.60, imagen 4 pag.58-59**, siguiendo las normas del Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, SIECA 2010, esto con el objetivo de evitar mayores daños que repercutan en la vía y seguridad de los usuarios.

- **Mejoramiento de la red de drenaje**

Implementar un mantenimiento preventivo en épocas de invierno por parte de la alcaldía, FOMAV y el MTI para lograr un servicio óptimo de la red de drenaje existente, siendo este el caso en las estaciones 0+574 y 0+562, en este sector el drenaje no evacúa el agua de manera eficiente y tiende a estancarse debido a la presencia de basura y maleza. De igual manera la maleza que se crea en la carpeta de rodamiento genera deterioros a largo plazo de la estructura de pavimento, y también puede ocasionar accidentes. **Véase, imagen 7 pag.64 e imagen 8 pag.65**

- **Reemplazar señalización vertical existente**

El inventario vial realizado en el presente estudio se puede apreciar claramente que la señalización vertical de la carretera no está completa con respecto a la demanda hacia esta, por lo que la situación actual no es la óptima, por tanto, siendo esta la parte principal del estudio, se propone los siguientes ajustes a la señalización vertical.

Hacer el reemplazo de las señales vandalizadas, estas son:

- señal reglamentaria de solo derecha con código R-3-3a en la estación Est 0+023.
- señal preventiva de ensanchamiento asimétrico de calzada izquierda con código P-5-4 en la estación 0+063
- señal reglamentaria de alto con código R-1-1, R-15-11 en la estación 0+575
- señal preventiva de zona escolar con código E-1-1 en la estación 0+674
- señal preventiva de cruce peatonal con código P-9-4 en la estación 1+051
- señal reglamentaria de ceda el paso con código R-1-2 en la Est 1+083
- señal reglamentaria de escuela 25 K.P.H con código E-3-1, R-2-1 en la estación 1+053.

Reubicación de las señales:

- señal reglamentaria de alto con código R-1-1, R-15-11 en la estación 0+757 un metro hacia atrás para poder ser visible por los conductores.

Cambiar también las señales en mal estado y cambiarlas por una que corresponda según el reglamento (SIECA 2014):

- siendo el caso de la señal preventiva de precaución salida de vehículos de

carga pesada de código P-10-6 en las estaciones 0+835 y 0+911.

Hacer mantenimiento para las señales de estado regular estas son:

- señal preventiva de código P-9-4 en la estación 0+655 y señal reglamentaria de código R-1-2 en la estación 1+076.

- **Nuevas señales verticales propuestas**

Debido a la situación que se presenta actualmente en el tramo, así mismo tomando en cuenta el crecimiento del sector en cuanto a habitantes y/o importancia comercial, se ha pensado en la propuesta necesaria para el funcionamiento adecuado de este tramo. Véase **tabla 27, pág. 85**, donde se muestra las señalizaciones verticales propuestas en el tramo en estudio. La colocación y/o instalación de estas señales de tránsito verticales se efectuará siguiendo las normativas del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito (SIECA 2014).

**Tabla 27.** Propuesta de señalización vertical (nuevos dispositivos).

Estación	Tipo de señal	Código	Altura de arista (m)	Distancia de acera	Ubicación	
					Izquierda	Derecha
0+028	No estacionar	R-8-1	1,80	1,20		✓
0+060	Parada de buses	R-10-1	1,80	1,20		✓
0+100	Semáforo a 100 mts	P-3-3	1,80	1,20	✓	
0+200	Peatón	P-9-11	1,80	1,20	✓	
0+520	Parada de buses	R-1-1	1,80	1,20		✓
0+555	Ceda el paso	R-1-2	1,80	1,20		✓
0+620	Parada de buses	R-10-1	1,80	1,20	✓	
0+640	Escuela 25 k.p.h	E-3-1, R-2-1	1,80	1,20		✓
0+843	Parada de buses	R-10-1	1,80			✓
0+904	Alto	R-1-1	1,80	1,20	✓	
0+985	Parada de buses	R-10-1	1,80	1,20		✓
0+980	Semáforo a 100 mts	P3-3	1,80	1,20		✓

Fuente: Elaboración propia.

- **Propuestas de señales horizontales**

Es de suma importancia la señalización horizontal para complementar cualquier diseño de señalización, a lo largo de los estudios realizados en este tramo de carretera, la ausencia de señalización horizontal fue predominando, por lo que se requiere soluciones de manera urgente por parte del FOMAV (fondo de mantenimiento vial) y MTI, por tales razones se propone en la **tabla 28, pág. 86-87**, la señalización horizontal en la carretera.

**Tabla 28.** Propuesta de señalización horizontal.

Estación		Línea amarilla continua	Línea de borde blanca		Bordillos		Señal en pavimento
Inicio	Final	Continua	Banda derecha	Banda izquierda	Banda derecha	Banda derecha	
0+100	0+200	✓	✓	✓	✓	✓	
0+200	0+300	✓	✓	✓	✓	✓	
0+300	0+400	✓	✓	✓	✓	✓	
0+400	0+500	✓	✓	✓	✓	✓	
0+450							Flechas direccionales (1 derecha, 1 frente)
0+500	0+600	✓	✓	✓	✓	✓	
0+510							Flechas direccionales (1 izquierda, 1 frente)
0+545							Señal de ceda el paso
0+570							Flechas direccionales (1 izquierda, 1 frente)
0+590							Flechas direccionales (1 derecha, 1 frente)
0+600	0+700	✓	✓	✓	✓	✓	
0+700	0+800	✓	✓	✓	✓	✓	
0+720							Pase de cebra
0+750							Flechas direccionales (1 derecha, 1 frente)
0+770							Flechas direccionales (1 izquierda, 1 frente)
0+800	0+900	✓	✓	✓	✓	✓	Pase de cebra
0+820							
0+900	1+000	✓	✓	✓	✓	✓	
0+900							Flechas direccionales (1 izquierda, 1 frente)

Estación		Línea amarilla continua	Línea de borde blanca		Bordillos		Señal en pavimento
Inicio	Final	Continua	Banda derecha	Banda izquierda	Banda derecha	Banda izquierda	
0+920							Flechas direccionales (1 derecha, 1 frente)
1+000							Pase de cebra
1+076							Señal de ceda paso
1+083							Señal de ceda el paso
1+088.5							Señal de alto
1+000	1+087.69	✓	✓	✓	✓	✓	

Fuente: Elaboración propia.

Se propone la línea amarilla continua en toda la vía, teniendo un metraje aproximado de 4,210 desde la estación 0+000 hasta la estación 1+080, línea de borde continua color blanco al lado derecho, línea de borde continua color blanco al lado izquierda con un metraje aproximado de, así como también pintar los bordillos de cunetas con su respectivo color amarillo con un metraje aproximado de 1,080 mts. Quedando los carriles en ambas direcciones con un ancho de 3.60 mts y un ancho de hombro de 1.40 mts.

- **Diseño final de propuesta de señalización**

La condición final de la señalización vertical y horizontal del tramo, se presentan en la **tabla 29 pag. 89-90** resumen de la señalización vertical, en cuanto a la señalización horizontal final es presentada con nuevas propuestas de señales horizontales ya que no hay actualmente señalización, por lo que en el diseño final todo lo propuesto será de condición propuesta (nuevo).



**Tabla 29** Propuesta de señalización vertical (diseño final)

Estación	Nombre	Código	Tipo de señal	Altura de arista (m)	Distancia de acera	Ubicación		Condición
						Izquierda	Derecha	
0+023	Solo derecha	R-3-3a	Reglamentaria	1.80	1.10	✓		Actual
0+028	No estacionar	R-8-1	Reglamentaria	1.80	1.10		✓	propuesta
0+060	Parada de buses	R-10-1	Reglamentaria				✓	propuesta
0+063	Ensanche asimétrico de calzada izq.	P-5-4	preventiva	1.80	1.10	✓		Actual
0+100	Semáforo a 100 mts	P-3-3	Preventiva				✓	propuesta
0+200	peatón	P-9-11	preventiva			✓		propuesta
0+498	Alto	R-1-1, R-15-11	Reglamentaria	1.80	1.10		✓	Actual
0+520	Parada de buses	R-10-1	Reglamentaria				✓	propuesta
0+555	Ceda el paso	R-1-2	Reglamentaria				✓	propuesta
0+575	Alto	R-1-1, R-15-11	Reglamentaria	1.80	1.10	✓		Actual
0+620	Parada de buses	R-10-1	Reglamentaria	1.80	1.10	✓		propuesta
0+640	Escuela 25 k.p.h	E-3-1, R-2-1	reglamentaria	1.80	1.10		✓	propuesta
0+655	Cruce peatonal	P-9-4	preventiva	1.80	1.10	✓	✓	Actual
0+674	Zona escolar	E-1-1	preventiva	1.80	1.10		✓	Actual
0+ 757	Alto	R-1-1, R-15-11	Reglamentaria	1.80	1.10		✓	Actual
0+843	parada de buses	R-10-1	reglamentaria	1.80	1.10		✓	propuesta
0+835	Precaución salida de vehículos carga pesada	P-10-6	Preventiva	1.80	1.10		✓	Actual
0+896	Velocidad máxima 35kph	R-2-6	Reglamentaria	1.80	1.10	✓		Actual

Estación	Nombre	Código	Tipo de señal	Altura de arista (m)	Distancia de acera	Ubicación		Condición
						Izquierda	Derecha	
0+904	alto	R-1-1, R-15-11	reglamentaria	1.80	1.10	✓		propuesta
0+911	Precaución salida de vehículos carga pesada	P-10-6	Preventiva	1.80	1.10		✓	Actual
0+980	Semáforo a 100 mts	P-3-3	Preventiva	1.80	1.10		✓	propuesta
0+985	Parada de buses	R-10-1	Reglamentaria	1.80	1.10			
1+022	Zona escolar	E-1-1	Preventiva	1.80	1.10	✓		Actual
1+051	Cruce peatonal	P-9-4	Preventiva	1.80	1.10		✓	Actual
1+053	Escuela 25 k.p.h	E-3-1, R-2-1	Reglamentaria	1.80	1.10	✓		Actual
1+076	Ceda el paso	R-1-2	Reglamentaria	1.80	1.60	✓		Actual
1+083	Ceda el paso	R-1-2	Reglamentaria	1.80	1.10		✓	Actual
1+088.5	Alto	R-1-1	Reglamentaria	1.80	1.10		✓	Actual

Fuente: Elaboración propia.

## VI. CONCLUSIONES

- En el estudio de accidentabilidad, a partir de los datos estadísticos proporcionados por el departamento de tránsito de la Policía Nacional, se establecieron las principales causas de los accidentes de tránsito ocurridos en el tramo de estudio, entre los cuales se destacan el No guardar distancia, la cual representa el 37.58% del total, de los causales durante el período 2017 – 2021, seguido por invadir carril (16.77%), la falta de precaución al retroceder (13.04%), desatender señales (13.04%). En cuanto a los índices de morbilidad y mortalidad, al haber carencias de lesionados y muertos en el tramo de estudios, estos solo reflejan datos muy pequeños en los años 2017 y 2021
- El volumen vehicular al que le brinda servicio la carretera en estudio en el tramo de interés es de 17,119 veh/día, de este volumen se destaca la dirección de los semáforos del Mayoreo hacia semáforos del empalme Sabana Grande en la parte que corresponde desde la intersección, se ha considerado un criterio para cada dato que sea un factor de incidencia en el estudio de aforo vehicular.
- Factor Pico Horario con un valor numérico adimensional de 0.84, lo que significa que la carretera tiene una funcionalidad cercana a su capacidad, por lo que se presenta un flujo vehicular constante.
- Nivel de servicio de la carretera es de tipo E, esto quiere decir que el nivel de servicio es malo según los criterios Highway Capacity Manual (HCM 2010) donde nos dice que este servicio presenta; flujo inestable, hay congestionamiento, la velocidad cae hasta 40 Km/h, la demora de los conductores es mayor al 75% del tiempo de viaje.

- Al realizar el inventario vial, éste nos permite conocer las condiciones actuales en la que se encuentra la infraestructura vial del tramo en estudio, la cual está comprendida en un 100% de adoquín entre las estaciones 0+000 y 1+088 en condiciones regulares debido a su antigüedad, falta de mantenimiento e influencia del volumen vehicular provocado por el uso del suelo (comercial) en esta parte del tramo. En consolidación de los datos en cuanto a la señalización presente en la vía, se cuantifican según levantamiento del inventario vial para señalización vertical: 9 señales reglamentarias y 7 señales preventivas. La señalización horizontal actualmente sobre el tramo estudiado es completamente inexistente.
- El estudio de velocidad realizado en un punto críticos del tramo de estudio, (estación 0+650 hacia estación 0+800) determinó información precisa acerca de las velocidades que generalmente desarrollan los vehículos que transitan por la zona, los cuales dieron como resultado que en el estacionamiento 0+650-0+800 el 94.68% del total de vehículos estudiados exceden la velocidad máxima de diseño (30 km/h) y sólo el 5.32%% no la rebasan. Por lo cual, existe la necesidad de la implementación de nuevos dispositivos para un mejor control de la velocidad del tránsito.
- En la propuesta de señalización vial, se destaca la necesidad de señalización tanto vertical como horizontal, por tanto, paradas señalizaciones verticales se proponen 6 señales reglamentarias y 5 señales preventivas, en cuanto a las señalizaciones horizontales se proponen 4 señales reglamentarias y 16 señales preventivas, así mismo se propone línea central, línea de borde y bordillo. De igual manera se proponen 3 bahías de autobuses sobre el tramo en estudio en las estaciones 0+060, 0+620, y 0+843.

## VII. RECOMENDACIONES

- Planificar un mantenimiento de las señales verticales y horizontales presentes en el tramo, así mismo colocar la señalización que de la que se carece, de tal manera que pueda mejorarse de manera rápida el comportamiento del flujo vehicular actual sobre los puntos críticos del tramo.
- Establecer un hábito de orden con respecto a los puntos donde se espera el transporte urbano colectivo, así mismo una convivencia de respeto con las señales de tránsito que priorizan la seguridad e integridad del peatón.
- Implementar un plan estratégico de control y regulación del flujo vehicular por parte de la Policía Nacional en los puntos más concurridos del tramo en horas picos, donde estadísticamente se presenta una considerable accidentalidad y en los puntos donde se sobrepasan los límites de velocidad ya establecidos en la vía. • Ejecutar campaña de educación vial, realizar capacitaciones a los conductores de las diferentes modalidades, en los centros escolares y universitarios.
- Reubicar en coordinación con la Alcaldía de Managua, a los comercios establecidos sobre los primeros 300 metros del tramo, los cuales invaden el derecho de vía y aumentan el congestionamiento en ese sector.
- Brindar el mantenimiento necesario a la actual señalización vertical y horizontal asignado por el MTI cada cierto período de tiempo de tal manera que estas estén óptima en cuanto a visualización y condiciones de infraestructura se refiere durante todo el año

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional de la Republica de Nicaragua. (08 de abril de 2014). LEY N°. 431 "LEY PARA EL RÉGIMEN DE CIRCULACIÓN VEHICULAR E INFRACCIONES DE TRÁNSITO", CON SUS REFORMAS INCORPORADAS. LEY N°. 431 "LEY PARA EL RÉGIMEN DE CIRCULACIÓN VEHICULAR E INFRACCIONES DE TRÁNSITO", CON SUS REFORMAS INCORPORADAS.
- EADIC. (26 de Mayo de 2016). <https://eadic.com/blog/entrada/estudio-de-transito-impactos-resultados>. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/estudio-de-transito-impactos-resultados>: <https://eadic.com/blog/entrada/estudio-de-transito-impactos-resultados>
- Educación Vial para mejorar la Cultura Vial y la Seguridad Vial. . (26 de Mayo de 2011). *Seguridad vial definición*, <http://culturavial.com/seguridad-vial.html>. Obtenido de Seguridad vial definición, <http://culturavial.com/seguridad-vial.html>: Seguridad vial definición, <http://culturavial.com/seguridad-vial.html>
- ESCOBAR, I. M. (2007). *CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL* . Tunja.
- González, J. R. (2011). <file:///C:/Users/user/Desktop/Dialnet-InventariosVialesYCategorizacionDeLaRedVialEnEstud-3758451.pdf>. Obtenido de <file:///C:/Users/user/Desktop/Dialnet-InventariosVialesYCategorizacionDeLaRedVialEnEstud-3758451.pdf>: <file:///C:/Users/user/Desktop/Dialnet-InventariosVialesYCategorizacionDeLaRedVialEnEstud-3758451.pdf>
- Martinez, K. X. (2016). *Monografía "Estudio de Seguridad Vial en la circunvalacion de Masaya tramo Nindiri-Las Flores"*. Managua.
- Mayor, R. C. (2018). *Ingeniería de Tránsito 9a*. México, D.F.: Alfaomega.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA. (2017). *ANUARIO DE AFORO DE TRAFICO*. Managua.
- MTI. (03 de octubre de 2008). *MANUAL PARA REVISION ESTUDIOS DE TRANSITO*. Obtenido de MANUAL PARA REVISION ESTUDIOS DE TRANSITO: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-para-revision-estudios-de-transito.pdf>
- Secretaria de Integracion Economica Centroamericana, SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control de tránsito* . Guatemala.

Secretaria de Integracion Economica Centroamericana, SIECA. (2010). *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestion de riesgo y seguridad vial.*

Tapia-Beizaga. (2006). *APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA.* Cochabamba-Bolivia.

The National Academy Of sciences. (2010). *Highway capacity manual.* Washington D.C.

VCHI. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas.*

## IX CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Actividades 2023	Enero 2023					Febrero 2023				Marzo 2023		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3
Se concretó el Tema a investigar y objetivos												
Se introdujo el tema al decano para su aceptación: “ESTUDIO DE SEDURIDAD VIAL DE LOS SEMAFOROS DEL MAYOREO HACIA LOS SEMAFOROS DEL EMPALME DE SABANA GRANDE”												
Se trabajo en Marco teórico												
Se elaboro Diseño metodológico												
Se confecciono el Desarrollo del diseño metodológico												
Analizar las estadísticas sobre accidentes de 10 años anteriores proporcionados por la policía nacional, para determinación las causas y factores reales de estos en el tramo de carretera.												
Realizar un aforo vehicular, para obtención los volúmenes de tránsito, clasificación vehicular y la determinación el nivel de servicio al que está operando la vía.												
Ejecutar un inventario vial, que brinde información detallada del estado actual de la infraestructura del tramo en estudio.												
Efectuar un estudio de velocidad, que permita corroborar su efecto en los accidentes y refleje si se cumple con los límites de velocidad de esta zona.												
Proponer posibles soluciones técnico-ingenieriles de seguridad vial en el tramo de estudio, para reducir la accidentabilidad de este y a su vez el riesgo a los usuarios.												
Se elaboro Conclusiones, recomendaciones y anexos												
Entrega del documento finalizado												

Fuente: Elaboración propia.



