

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Civil

# **Diseño Geométrico del Tramo de Carretera de 2.24 Km Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey, Municipio de Estelí**

**Elaborado por:**

**Tutor:**

Br. Wiston Josué  
Espinoza Dávila  
Carnet: 2020-0129N

Br. Eva Lisseth  
Guillén Rivera  
Carnet: 2020-0064N

Ing. Oliver Josué  
Rivera Gutiérrez



## **AGRADECIMIENTOS**

Al finalizar esta meta, es necesario e importante agradecer cordialmente a todos los que influyeron en la realización de este trabajo monográfico.

Se agradece primeramente a Dios por darnos la sabiduría, dedicación, y fortaleza en cada una de las etapas de este proceso.

A nuestros padres y familiares, por su apoyo, esfuerzos y amor incondicional, sus ánimos y alientos en los momentos difíciles, por creer siempre en nosotros y desear que crezcamos como personas y profesionales.

Al nuestro maestro y tutor Ing. Oliver Josué Rivera Gutiérrez por su gran labor en guiarnos en todo este proceso, por su apoyo, consejos, ánimos, observaciones y su gran experiencia que han sido fundamental para la realización de este trabajo y así poder cumplir esta meta de superación profesional.

A cada uno de los docentes que influyeron en nuestra formación, por compartir sus conocimientos en cada una de las materias impartidas. A nuestros amigos con los cuales compartimos este proceso, por su apoyo y esfuerzo en cada una de las etapas.

A cada uno, les ofrecemos nuestro más sincero agradecimiento por su apoyo y contribución para la realización de este trabajo monográfico y cumplimiento de nuestra meta.

## DEDICATORIA

El presente trabajo monográfico es dedicado primeramente a Dios, por ser mi guía y brindarme conocimiento, dedicación y sabiduría en cada paso de este proceso, por darme paciencia en los momentos difíciles y la claridad necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, Wilmer José Espinoza Zeledón y Maryini Elizabeth Dávila Montenegro y por ser los pilares de mi formación y crianza, por su apoyo, esfuerzo y amor incondicional que siempre me han dado, por brindarme su confianza y creer siempre en mí, por enseñarme en cada día ser mejor y nunca rendirme ante las adversidades.

A mis abuelos, Santamaria Dávila Ordoñez y Blanca Elizabeth Montenegro Duran por su amor, consejos y apoyo incondicional que me han mostrado desde mi niñez, por formarme y darme en gran parte mis principios.

A mi pareja y compañera de tesis, Eva Lisseth Guillen Rivera por su amor y apoyo absoluto tanto en el ámbito académico como en el personal, por estar en cada una de las etapas de este proceso y salir juntos adelante.

Finalmente, este trabajo está dedicado a los maestros que influyeron en mi formación, por su apoyo y por transmitirme sus conocimientos, a los amigos que hice al largo de esta etapa, por su apoyo y esfuerzo mutuo por cumplir esta meta.

Este trabajo monográfico es el resultado de dedicación y años de aprendizaje en el cual influyeron cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento y cariño queda escritos en esta dedicatoria, como un homenaje a quienes han sido luz y guía en mi caminar académico y personal.

Br. Wiston Josué Espinoza Dávila

## **DEDICATORIA**

Como muestra de agradecimiento primeramente le dedico este trabajo monográfico a Dios, por darme la oportunidad, constancia, inteligencia y capacidad para salir adelante en esta meta.

A mis padres, Ignacio de Jesús Guillen López y Evangelina Rivera Rodríguez, por su apoyo incondicional, confianza, amor y motivación diaria para seguir adelante.

A mi tía Hirlanda Amaya, por creer en mí y apoyarme en los momentos más difíciles para poder salir adelante, ya que sin ella este logro no hubiera sido posible.

A mi mejor amigo, pareja y compañero, Wiston Josué Espinoza Dávila, por confiar en mí, por el amor, paciencia y el apoyo que estuvo presente cada día, por ser mi inspiración y mi pilar en este proceso.

A mi abuela, Magdalena Rodríguez, por el inmenso amor, fe y confianza que me brindó durante este proceso académico.

Br. Eva Lisseth Guillén Rivera

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo monográfico tuvo como objetivo realizar el diseño geométrico del tramo de 2 24 km Quinta La Luz - La cascadita el Tisey, municipio de Estelí.

### **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

En este capítulo se abordarán diferentes secciones tales como: Introducción, Antecedentes, Justificación y Objetivos.

### **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

Este capítulo se centrará en los conceptos y aspectos básicos relacionados a estudios topográficos, estudios de tránsito y los procedimientos establecidos por la SIECA 2011 para el diseño geométrico de carreteras.

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

Este capítulo tiene como objetivo presentar aspectos básicos tales como:

**Levantamiento topográfico:** En base al levantamiento topográfico realizado se obtuvieron la información de las características altiplanimétricas del tramo de 2.24 kilómetros (Quinta La Luz, Est. 2+000 – La Cascadita El Tisey Est. 4+240) incluyendo la franja de la vía proyectada, bordes de camino, ubicación de BM's y elementos existentes.

**Estudio de tránsito:** Se realizó un aforo vehicular con una duración de tres días mediante la metodología del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en base los Anuario de Aforo de Tráfico – 2023 para determinar el flujo vehicular y estimar el Tráfico Promedio Diurno (TPD) con la finalidad de definir el Transito Promedio Diario Anual (TPDA) para el cual se utilizaron los factores de ajuste de la estación de mayor cobertura San Marcos Masatepe y utilizando los datos históricos de la estación de corta duración Emp. Santa Cruz – San Nicolas así establecer la tasa de crecimiento en base a dicha estación.

**Diseño geométrico:** Se describen los diferentes métodos y procedimientos utilizados para el trazado del tramo, empleando el uso del Software Autodesk Civil 3D versión 2026 y aplicando los criterios del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA 2011, 3ra edición)

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conforme a los objetivos específicos estipulados se planteará las conclusiones obtenidas en el desarrollo de cada capítulo establecido en este documento, del mismo modo en base a estas se realizarán recomendaciones necesarias.

## ÍNDICE

### CAPITULO I GENERALIDADES

<b>1.1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Antecedentes</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. Justificación</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4. Objetivos</b> .....	<b>4</b>
1.4.1    Objetivo General .....	4
1.4.2    Objetivos Específicos.....	4

### CAPITULO II: MARCO TEORICO

<b>2.1. Topografía</b> .....	<b>5</b>
2.1.1    Tipos de Levantamientos .....	5
2.1.2    Etapas de levantamientos topográficos .....	5
2.1.3    Clasificación de levantamientos topográficos .....	5
2.1.4    División operacional de la topografía .....	6
2.1.5    Perfil Longitudinal .....	6
2.1.6    Secciones transversales .....	7
2.1.7    Curva de nivel.....	7
2.1.8    Pendiente.....	7
<b>2.2. Estudio de Tránsito</b> .....	<b>7</b>
2.2.1    Vehículos de proyecto .....	8
2.2.2    Características de los vehículos de proyecto.....	8
2.2.3    Volumen de tránsito .....	8
2.2.4    Tasa de crecimiento.....	9
2.2.5    Tránsito promedio diario anual.....	9
2.2.6    Tránsito promedio diario .....	9

<b>2.3. Diseño geométrico.....</b>	<b>10</b>
2.3.1 Velocidad de diseño.....	10
2.3.2 Vehículo de diseño .....	10
2.3.3 Alineamiento horizontal.....	11
2.3.4 Alineamiento vertical.....	15

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

<b>3.1. Estudio Topográfico .....</b>	<b>17</b>
3.1.1 Generalidades.....	17
3.1.2 Metodología .....	17
3.1.3 Levantamiento topográfico.....	18
3.1.4 Establecimiento de BM .....	19
3.1.5 Seccionamiento del tramo .....	21
3.1.6 Análisis del levantamiento topográfico.....	22
<b>3.2. Estudio de Tránsito.....</b>	<b>31</b>
3.2.1 Metodología .....	31
3.2.2 Aforo Vehicular .....	32
3.2.3 Tránsito Promedio Diario Diurno (TPDI) .....	37
3.2.4 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) .....	38
3.2.5 Tasa de Crecimiento.....	47
3.2.6 Proyección de Tráfico .....	52
<b>3.3. Diseño geométrico.....</b>	<b>55</b>
3.3.1 Generalidades.....	55
3.3.2 Clasificación de la carretera.....	55
3.3.3 Vehículo de diseño .....	55
3.3.4 Velocidad de Diseño .....	56

3.3.5	Número de Carriles .....	58
3.3.6	Ancho de Carril de Rodamiento .....	58
3.3.7	Ancho de Hombros .....	58
3.3.8	Ancho de Corona .....	59
3.3.9	Distancia de Visibilidad de Parada.....	59
3.3.10	Coeficiente de fricción máxima .....	60
3.3.11	Alineamiento Horizontal .....	61
3.3.12	Grado de Curvatura .....	63
3.3.13	Pendiente Transversal .....	63
3.3.15	Pendiente Relativa.....	64
3.3.16	Cálculo de sobreebanco .....	64
3.3.17	Curvas Horizontales Simples.....	66
3.3.18	Estacionamientos de curvas .....	68
3.3.19	Resultados de alineamiento vertical .....	71
3.3.20	Diseño Geométrico en Civil 3D .....	77
<b>3.4.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>83</b>
<b>3.5.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>84</b>
<b>IV.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>85</b>
<b>Anexos</b>	<b>.....</b>	<b>I</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Coordenadas Cartográficas de estación del levantamiento topográfico ..	18
<b>Tabla 2</b>	Equipo utilizado en el levantamiento topográfico. ....	19
<b>Tabla 3</b>	Lista de bancos de nivel.....	21
<b>Tabla 4</b>	Clasificación de terrenos en función de las pendientes. ....	29
<b>Tabla 5</b>	Cálculo de pendiente cada 100 metros.....	30
<b>Tabla 6</b>	Resumen de los resultados del aforo vehicular estación 2+000 del tramo de carretera Quinta la Luz - La Cascadita el Tisey.....	34
<b>Tabla 7</b>	Resumen de los resultados del aforo vehicular estación 3+240 del tramo de carretera Quinta la Luz - La Cascadita el Tisey.....	35
<b>Tabla 8</b>	Tránsito Promedio Diario Diurno (TPDI) estación 2+000 .....	37
<b>Tabla 9</b>	Tránsito Promedio Diario Diurno (TPDI) estación 3+240 .....	38
<b>Tabla 10</b>	Vector Geográfico. ....	39
<b>Tabla 11</b>	Estación de mayor cobertura San Marcos – Masatepe.....	40
<b>Tabla 12</b>	Transito Promedio Diario Anual por tipo de vehículo estación 3051 Emp1. Santa Cruz – San Nicolas .....	41
<b>Tabla 13</b>	Factores de expansión a TPDA segundo cuatrimestre del año mayo – agosto de la estación de mayor cobertura 1802 San Marcos – Masatepe.....	42
<b>Tabla 14</b>	Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo 2+000 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey .....	46
<b>Tabla 15</b>	Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo 2+000 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey .....	46
<b>Tabla 16</b>	Tasas de crecimiento Vehicular. ....	48
<b>Tabla 17</b>	Tasas de crecimiento poblacional.....	49
<b>Tabla 18</b>	Tasa de crecimiento Producto Interno Bruto (PIB).....	51
<b>Tabla 19</b>	Proyecciones de TPDA de tramo Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey.....	53
<b>Tabla 20</b>	Clasificación funcional de las carreteras. ....	54
<b>Tabla 21</b>	Tipo de vehículo SIECA (2011).....	55
<b>Tabla 22</b>	Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales.....	57
<b>Tabla 23</b>	Número de carriles en función a la clasificación funcional de la carretera.....	58
<b>Tabla 24</b>	Anchos mínimos de hombros y aceras. ....	59

<b>Tabla 25</b> Distancia de Visibilidad de Parada en función de la velocidad. ....	60
<b>Tabla 26</b> Coeficientes de Fricción en función a la velocidad.....	60
<b>Tabla 27</b> Tasas máximas de peralte .....	61
<b>Tabla 28</b> Radios mínimos en función de la velocidad de diseño con un peralte de 8% .....	62
<b>Tabla 29</b> Pendiente Transversal dependiendo del tipo superficie.....	63
<b>Tabla 30</b> Máximas pendientes relativas.....	64
<b>Tabla 31</b> Resultado de Sobreanchos.....	65
<b>Tabla 32</b> Elementos de curvas horizontales simples .....	69
<b>Tabla 33</b> Elementos de rectas o tangentes.....	70
<b>Tabla 34</b> Pendiente máxima para una velocidad de diseño especificada.....	72
<b>Tabla 35</b> Valores de visibilidad de parada y tasa de curvatura vertical.....	74
<b>Tabla 36</b> Elementos de curvas verticales .....	76
<b>Tabla 37</b> Longitud critica de pendiente .....	81
<b>Tabla 38</b> Formato de aforo vehicular paras 12 horas diurnas.....	IV
<b>Tabla 39</b> Resultados de aforo vehicular diurno fin de semana estación 2 + 000 ....	V
<b>Tabla 40</b> Resultados de aforo vehicular diurno fin de semana, estación 3 + 240 ..	VI
<b>Tabla 41</b> Resultados de aforo vehicular diurno fin de semana, estación 2 + 000 .	VII
<b>Tabla 42</b> Resultados de aforo vehicular diurno fin de semana, estación 3 + 240	VIII
<b>Tabla 43</b> Formato de categorización de vehículos.....	IX
<b>Tabla 44</b> Formato de factores y porcentajes de volumen del tramo de estudio ..	XIV

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa satelital de estaciones. ....	18
<b>Figura 2</b> Ubicación de BM's en el tramo de estudio. ....	20
<b>Figura 3</b> Levantamiento Topográfico con extensión txt. ....	22
<b>Figura 4</b> Importación de puntos a Civil 3D.....	23
<b>Figura 5</b> Puntos exportados y Geoubicación.....	24
<b>Figura 6</b> Creación de superficie.....	24
<b>Figura 7</b> Propiedades de superficie. ....	25
<b>Figura 8</b> Superficie Base Curvas de Nivel. ....	26
<b>Figura 9</b> Correcciones de triangulación en superficie. ....	26
<b>Figura 10</b> Determinación de colores de los componentes de las curvas de nivel. 27	
<b>Figura 11</b> Suavizado de curvas de nivel.....	27
<b>Figura 12</b> Superficie de Curvas de nivel.....	28
<b>Figura 13</b> Perfil Longitudinal elevaciones cada 100 metros. ....	29
<b>Figura 14</b> Estaciones de Aforo. ....	33
<b>Figura 15</b> Dimensiones de vehículo de diseño (SU) y trayectoria de giro. ....	56
<b>Figura 16</b> Sección transversal típica en tangente.....	71
<b>Figura 17</b> Importación de puntos topográficos.....	77
<b>Figura 18</b> Triangulación de superficie.....	78
<b>Figura 19</b> Curvas de nivel de superficie ....	79
<b>Figura 20</b> Alineamiento horizontal. ....	80
<b>Figura 21</b> Perfil longitudinal de alineamiento ....	80
<b>Figura 22</b> Diseño de curvas verticales.....	82
<b>Figura 23</b> Secciones transversales del tramo de estudio. ....	82
<b>Figura 24</b> Localización del departamento de Estelí .....	I
<b>Figura 25</b> Ubicación de tramo de carretera .....	I
<b>Figura 26</b> Imágenes de estado actual de tramo de carretera .....	II
<b>Figura 27</b> Aforo o conteo vehicular.....	III
<b>Figura 28</b> Estación de mayor cobertura y estación de corta duración.....	XII
<b>Figura 29</b> Factores de ajuste del segundo cuatrimestre del año mayo - agosto..	XIII

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

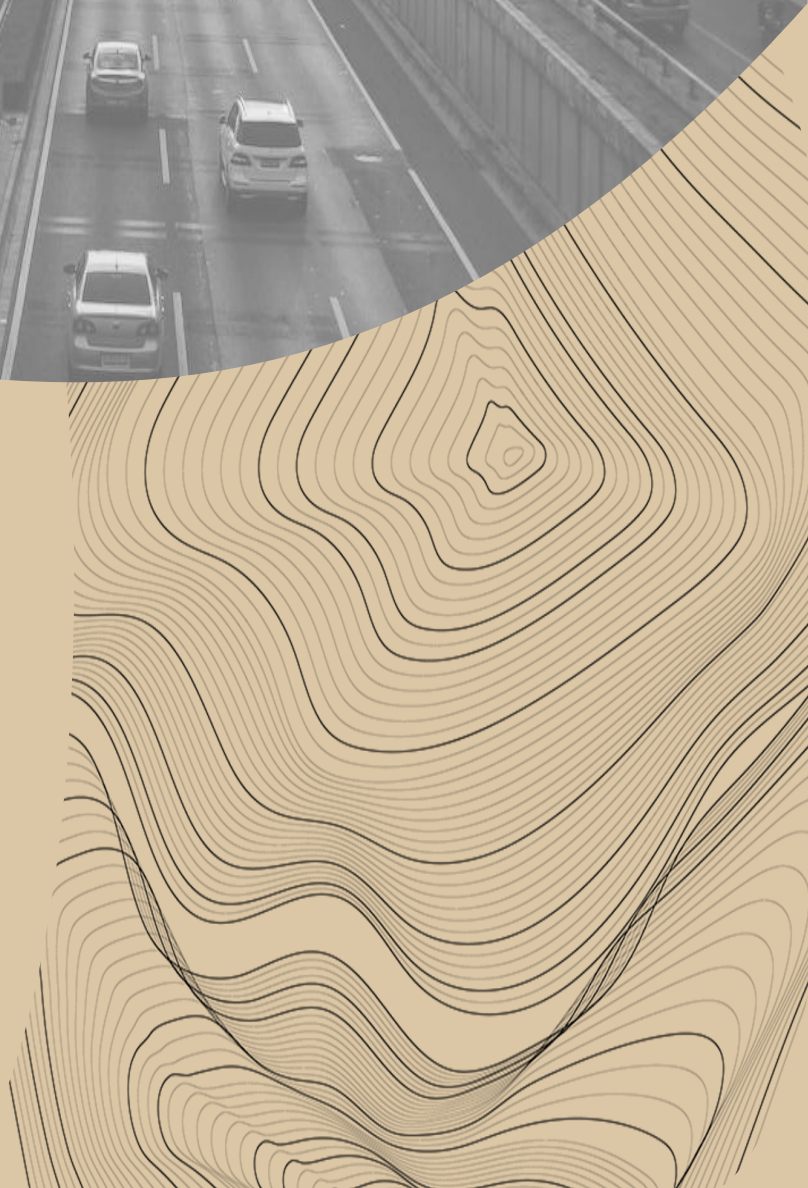
<b>Gráfica 1</b> Comportamiento vehicular por día (Estación 2+000).....	36
<b>Gráfica 2</b> Comportamiento vehicular por día (Estación 3+240).....	36
<b>Gráfica 3</b> Composición Vehicular del tramo 2+000 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey.....	43
<b>Gráfica 4</b> Porcentaje de vehículos livianos y pesados el tramo 2+000.....	44
<b>Gráfica 5</b> Composición vehicular del tramo 3+240 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey.....	44
<b>Gráfica 6</b> Porcentaje vehicular del tramo 3+240 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey .....	45



# **CAPITULO I**

---

## **GENERALIDADES**



## **1.1. Introducción**

Las vías de transporte son infraestructuras que permiten y facilitan en gran manera el traslado de personas, así mismo los diferentes medios de transporte, estas influyen tanto en el desarrollo económico y social de la población. La existencia de carreteras o autopistas es crucial para la modernización de las concentraciones poblacionales y del mismo modo que la economía de estos este en un crecimiento progresivo.

La presente monografía tiene como finalidad la realización del diseño geométrico del tramo de carretera entre Quinta La Luz y La Cascadita El Tisey, con una longitud de 2.24 Km iniciando en la coordenada (569711.564 E,1437780.233 N) y finalizando en (568863.588 E,1436301.92 N), debido a que hay diferentes comunidades que utilizan este tramo y ser un lugar turístico, productor y ganadero la elaboración de este diseño contribuirá en un avance en la circulación, brindando comodidad y seguridad a los usuarios de esta.

En la actualidad este tramo de carretera no se encuentra pavimentado lo que lo convierte en un tramo susceptible ante el desgaste causados por el tránsito de vehículos de transporte causando deslizamientos de piedras creando una superficie irregular además de presentar erosiones debido a factores climáticos donde han creado surcos y baches en la superficie de esta.

Para la realización y cumplimiento de los objetivos planteados se realizará el levantamiento topográfico correspondiente del tramo donde se obtendrán los datos altiplanimétricos, mediante un aforo vehicular se efectuará el estudio de tránsito para la determinación de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) actual y futuro rigiéndose de los criterios establecidos en el Anuario de aforos de tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), con el cumplimiento de estos objetivos se culminará en la elaboración del diseño geométrico del tramo utilizando el software Civil 3D 2026, basándose en la directrices del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA 2011)

## **1.2. Antecedentes**

La reserva Natural el Tisey la Estanzuela se fundó en el año 1991, en sus inicios eran pocas las concentraciones poblacionales que con el paso del tiempo han aumentado y se han expandido en la zona, esta constaba con carreteras de acceso que no prestaban las condiciones para automóviles convirtiéndolas en sitios muy difíciles de transitar.

Las poblaciones de estas comunidades demandaban vías de acceso que prestaran las condiciones adecuadas para el transporte de personas, sea a pie, en bestias o en vehículos particulares debido a esto tomando como referencia a TELENORTE NIC (TELENORTE NIC, 2016) la Alcaldía municipal de Estelí en conjunto en el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) realizaron la planeación de mejoramiento de esta carretera en el año 2016 donde se elaboró un adoquinado de un tramo con una longitud de 2 km conectando así la salida sur de la ciudad de Estelí con el Mirador los Jobs.

Con base en TELENORTE NIC (2020) la demanda de la población persistió debido a esta problemática, la alcaldía de Estelí y el Ministerio de transporte e Infraestructura (MTI) en el año 2020 continuaron con el proyecto de adoquinado del tramo que está situado entre el Mirador los Jobs hasta la Comunidad La Estanzuela con una longitud de 2 km.

De acuerdo con (TELENORTE NIC, 2022) el proyecto más reciente de esta carretera fue la continuación del adoquinado en el año 2022 donde se anexaron 2 km que es el tramo que conecta la comunidad de La Estanzuela y la Quinta La Luz. En la actualidad esta carretera no ha tenido modificaciones la cual presenta en su superficie desgastes, baches en distintas zonas, surcos, erosión de material debido a factores climáticos y estancamiento de agua debido a la superficie irregular que esta posee.

### **1.3. Justificación**

La elaboración de un diseño geométrico del tramo de carretera entre Quinta La Luz y la Cascadita el Tisey es clave debido a diversos factores los cuales son: la demanda poblacional debido a que este tramo es una vía que conecta varias comunidades del sitio, con un diseño adecuado y basado en el tipo de tráfico se reducirá la tasa de accidentes, mejorando en gran manera la seguridad vial para los usuarios del tramo protegiendo así la integridad de estos y el estado de sus vehículos. La determinación de una infraestructura vial facilitará el transporte de todo tipo de vehículos ya sean particulares o bien vehículos de carga mejorando así el sector productor agrícola.

Estas comunidades se dedican en gran parte a la producción agrícola las cuales suplen los mercados de la ciudad de Estelí, además de ser un lugar muy turístico por su diversa cultura y sitios atractivos ante los turistas. Consecuente a esto se espera que las comunidades beneficiarias obtengan un incremento en su desarrollo económico, social y turístico debido a que existiría un acceso más eficiente donde sucesivamente permitirá en un futuro la urbanización y modernización de esta zona.

Con lo antes mencionado la importancia y relevancia de estos estudios y diseños geométricos es más que evidente, la realización de estos logrará aprovechar en una mayor manera estos sectores y del mismo modo el municipio de Estelí. Esto está estrechamente relacionado con el Plan Nacional de Lucha contra la pobreza y para el desarrollo Humano (PNLCP-DH) (2022-2026) donde involucra este tipo de proyectos dirigidos al beneficio de la población.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Realizar el diseño geométrico del tramo de 2.24 km Quinta La luz – La Cascadita El Tisey, municipio de Estelí.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Obtener las características altiplanimétricas del terreno, mediante un levantamiento topográfico con estación total.
- Determinar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), mediante la realización de un estudio de tránsito considerando los criterios del Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).
- Diseñar geoméricamente el tramo en el software Civil 3D aplicando el Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras SIECA 2011



## **CAPITULO II**

---

### **MARCO TEORICO**



## **2.1. Topografía**

De acuerdo con McCormac (2015, pág. 4) La topografía es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (o características tridimensionales) de la superficie de la Tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de edificios, caminos, presas y otras estructuras. Además de estas mediciones en campo, la topografía incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de los diagramas y planos necesarios.

### **2.1.1 Tipos de Levantamientos**

Como señala García Márquez (1994, pág. 4) los levantamientos tienen dos clases las cuales son:

- **Levantamientos topográficos:** son los que se extienden sobre una porción relativamente pequeña en la superficie de la Tierra que, sin error apreciable, se considera como si fuera plana.
- **Levantamientos geodésicos:** son aquellos que abarcan grandes extensiones y obligan a tomar en cuenta la forma de la Tierra, ya sea considerándola como una verdadera esfera, o más exactamente como un esferoide de revolución.

### **2.1.2 Etapas de levantamientos topográficos**

Para completar un procedimiento correcto de un levantamiento topográfico en base a Torrez Nieto y Villate Bonilla (1968, pág. 9) este está subdividido en 2 etapas:

- El trabajo de campo o sea la recopilación de datos.
- El trabajo de oficina que comprende el cálculo y el dibujo.

### **2.1.3 Clasificación de levantamientos topográficos**

Conforme a McCormac (2015, págs. 5-7) Existen diversos tipos de levantamiento los cuales son:

- Levantamientos de terrenos.
- Levantamientos topográficos.
- Levantamientos urbanos o municipales.
- Levantamiento de construcción.
- Levantamientos hidrográficos.
- Levantamientos marítimos.
- Levantamiento de minas.
- Levantamientos forestales y geológicos.
- Levantamientos fotogramétricos.
- Levantamientos con sensores remotos.
- Levantamiento de obra terminada.
- Levantamiento de control.

#### **2.1.4 División operacional de la topografía**

La topografía está dividida en diferentes etapas y actividades como afirma Jiménez Cleves (2007, págs. 16-17) donde menciona la siguientes:

- **Planimetría:** parte topografía que se refiere a la posición de puntos y su proyección sobre un plano horizontal.
- **Altimetría:** es la parte de la topografía que tiene por objeto el estudio de los métodos y procedimientos para representar el relieve del terreno.
- **Levantamientos:** conjunto de operaciones requeridas para obtener la posición de puntos.

#### **2.1.5 Perfil Longitudinal**

Según Casanova Matera (2002, pág. 242) el perfil longitudinal es la traza que el eje del proyecto marca sobre el plano vertical. Un perfil longitudinal se puede construir a partir de curvas de nivel.

### **2.1.6 Secciones transversales**

Como describe Wirshing y Wirshing (1987, pág. 239) la sección transversal usada en los cálculos de movimiento de tierras, es una sección vertical, perpendicular al eje o centro de línea de la carretera, localizada en estaciones cerradas o intermedias y que representan los límites de un corte o terraplén propuesto o existente.

### **2.1.7 Curva de nivel**

Como indica Jiménez Cleves (2007, págs. 129-130) se llama curva de nivel a una línea imaginaria cuyos puntos están todos a la misma altura sobre un plano de referencia, pudiendo considerarse como la intersección de una superficie de nivel con el terreno.

### **2.1.8 Pendiente**

Según lo expuesto por Jiménez Cleves (2007, págs. 99-100) La pendiente es la inclinación del terreno (de una línea) con respecto a la horizontal; se indica en porcentaje (%) o como una magnitud angular.

$$P = \frac{\text{Desnivel}}{\text{Distancia}} * 100 \quad \text{Ec. 1.}$$

Donde:

**P** = Pendiente.

**Desnivel** = Diferencia de nivel.

**Distancia** = Distancia Horizontal.

## **2.2. Estudio de Tránsito**

De acuerdo con Moreno (2016) 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 como la red proyectada o existente, realizando un diagnóstico que proporcione soluciones.

### **2.2.1 Vehículos de proyecto**

Con base en Cal y Mayor y Cárdenas (2018, pág. 96) el vehículo de proyecto, es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones tal que éstas pueden acomodar vehículos de este tipo.

### **2.2.2 Características de los vehículos de proyecto**

En general existen diversos tipos de vehículos como menciona Cal y Mayor y Cárdenas (2018, pág. 96) los vehículos se clasifican en ligeros, pesados y vehículos especiales.

- **Vehículos Ligeros:** son vehículos de pasajeros y/o carga, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. Se incluyen en esta denominación los automóviles.
- **Vehículos Pesados:** son unidades destinadas al transporte masivo de pasajeros o carga, de dos o más ejes y de seis o más ruedas. En esta denominación se incluyen los autobuses y los camiones.
- **Vehículos Ligeros:** son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan las carreteras y calles, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, bicicletas y motocicletas y en general, todos los demás vehículos no clasificados anteriormente, tales como vehículos deportivos y vehículos de tracción animal.

### **2.2.3 Volumen de tránsito**

Citando a Cal y Mayor y Cárdenas (2018, pág. 181) el volumen es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico.

#### 2.2.4 Tasa de crecimiento

Dicho en palabras de Navarro Hudiel y Acuña Mendoza (2021) la tasa de crecimiento vehicular es la medida estadística de mayor relevancia para determinar el comportamiento del tráfico futuro, utilizado en el diseño geométrico y espesores estructurales de pavimento.

#### 2.2.5 Tránsito promedio diario anual

Se refiere a la cantidad de vehículos que transitan durante un año (TA), dividido entre la cantidad de días que tiene un año.

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad Ec. 2.$$

Donde: **TPDA:** Tránsito Promedio Diario Anual.

**TA:** Tránsito Anual.

#### 2.2.6 Tránsito promedio diario

Con base en Cal y Mayor y Cárdenas (2018, pág. 184) Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del periodo.

$$TPD = \frac{N}{1 < t \leq 1 \text{ año}} \quad Ec. 3.$$

Donde:

**TPD:** Tránsito Promedio Diario.

**N:** Número total de Vehículos.

**t:** Período de tiempo.

## **2.3. Diseño geométrico**

El diseño geométrico de carreteras según Cárdenas Grisales (2013, pág. 37) es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas como la física y la geometría.

### **2.3.1 Velocidad de diseño**

Como plantea Cárdenas Grisales (2013, pág. 174) La velocidad de diseño o velocidad de proyecto de un tramo de carretera es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad. Por lo tanto, ella representa una referencia mínima.

La velocidad de diseño se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables, que las características geométricas de la vía predominan.

### **2.3.2 Vehículo de diseño**

De acuerdo con la SIECA (2011, pág. 37) especifica que debido a las dimensiones tan variables de los vehículos que circulan por la red de carreteras, es necesario examinarlos, agruparlos en clases similares y establecer un vehículo representativo para cada clase para su uso en el diseño geométrico. Así, cada vehículo de diseño tiene dimensiones físicas mayores y radios de giro mínimos mayores que la mayoría de los de su clase y al tipificar las dimensiones, pesos y características de operación, se le brindan al diseñador los controles y elementos, a los que debe ajustar el diseño para facilitar su circulación sin restricciones. De cada tipo de vehículo que se utiliza en el diseño geométrico, se seleccionan los de mayores dimensiones físicas y de radio de giro mayores, dentro de su clasificación, para adoptar las condiciones más desfavorables.

### **2.3.3 Alineamiento horizontal**

Según la secretaria de Comunicación (2018, pág. 31) y Transporte Corresponde a la planta del eje de la carretera, es decir, la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino.

Del mismo modo la SIECA (2011, pág. 82) plantea que la tendencia actual en el diseño de carreteras se orienta hacia la utilización de curvas amplias que se adaptan a la topografía del terreno, haciendo casi desaparecer las rectas. Esta forma de diseño se prefiere debido a que largos tramos rectos inducen a velocidades mayores que la velocidad de proyecto, aumentando el peligro de deslumbramiento por las luces del vehículo que viaja en sentido.

Las principales consideraciones que controlan el diseño de alineamiento horizontal son:

- Categoría de la carretera.
- Topografía del área.
- Velocidad de proyecto.
- Distancias de visibilidad.
- Coordinación con el perfil.
- Costos de construcción, operación y mantenimiento.

#### **2.3.3.1. La tangente**

- **Tangente horizontal:**

Como expresa la Secretaría de Comunicación y Transporte (2018, págs. 31-32) Es la recta que une dos curvas horizontales consecutivas; principio al final de la curva y termina al empezar la siguiente curva. Se caracterizan por su dirección y longitud. La dirección está dada por el azimut o ángulo, medido hacia la derecha en grados, entre una línea imaginaria norte-sur que pasa al principio de la tangente y la tangente misma.

La longitud mínima de una tangente queda definida por la longitud necesaria para hacer una transición conveniente de la sobre elevación y ampliación de las curvas extremas. La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad,

pues cuando las tangentes son muy largas pueden ser causa potencial de accidentes por la somnolencia que producen al conductor al mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o porque favorecen los deslumbramientos durante la noche.

- **Tangente Vertical:**

Así mismo la Secretaría de la Comunicación y Transporte (2018, pág. 39) especifica que las tangentes del alineamiento vertical, también denominadas rampas, son las rectas que unen las curvas verticales y se caracterizan por su longitud y su inclinación o pendiente, medida por la relación entre el desnivel y la distancia entre dos de sus puntos. (2018, pág. 39)

#### **2.3.3.2. Curvas circulares**

- **Curvas circulares simples:** Es la que une dos tangentes con un arco de círculo de radio constante. Se define por su radio y por la deflexión entre las tangentes que une. De esta manera, el parámetro de control para el dimensionamiento de la curva está dado por el radio (Secretaria de Comunicación y Transporte , 2018, pág. 32).
- **Curvas circulares compuestas:** Son las formadas por varios arcos de círculo de radio decreciente, primero, y creciente después. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas. Estas curvas pueden ser útiles en los enlaces para vueltas en intersecciones y entronques (Secretaria de Comunicación y Transporte , 2018, pág. 34).
- **Curvas circulares con espirales de transición:** Basado en la Secretaría de Comunicación y Transporte (2018, pág. 35) un vehículo no puede pasar instantáneamente de una recta a una curva circular, pues se requiere tiempo para que el conductor accione el volante. A veces, esto se hace antes de entrar en la curva y al principio de ésta, aprovechando que el ancho de carril es mayor

que el del vehículo. Sin embargo, es preferible facilitar la maniobra con el proyecto de una curva de transición, que además de facilitar la conducción, proporcione el espacio longitudinal para desarrollar la sobre elevación y ampliación requeridas.

La espiral de Euler, conocida también como clotoide, tiene características ideales para usarse como curva de transición, toda vez que su radio aumenta proporcionalmente a su longitud; por lo que su grado varía desde cero, en la tangente hasta el grado de la curva circular.

### **2.3.3.3. Radio Mínimo**

De acuerdo con Cárdenas Grisales (2013, pág. 195) el radio mínimo ( $R_{min}$ ) es el límite para una velocidad específica ( $V_{CH}$ ) dada del vehículo, calculado a partir del peralte máximo ( $e_{máx}$ ) y del coeficiente de fricción transversal máximo ( $f_{Tmáx}$ ) según la ecuación:

$$R_{min} = \frac{V_{CH}^2}{127 (e_{máx} + f_{Tmáx})} \quad Ec. 4.$$

El radio mínimo de curvatura sólo debe ser usado en situaciones extremas dónde sea imposible la aplicación de radios mayores.

### **2.3.3.4. Grado máximo de curvatura**

Según la secretaria de Comunicación y Transporte (2018, pág. 108) el grado máximo de curvatura es el límite superior del grado de curvatura que podrá usar con. el alineamiento horizontal de una carretera con la sobreelevación máxima, a la velocidad de proyecto.

### **2.3.3.5. Desarrollo del peralte**

Basado en la SIECA (2011, pág. 139) el peralte es la inclinación que se le da a la corona de una carretera en los tramos en curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrípeta que actúa sobre un vehículo en movimiento.

### **2.3.3.6. Diseño de sobreancho**

Como expresa la SIECA (2011, pág. 108) los sobreanchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinadas con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Los sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación. En carreteras con carriles de 3.6 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobreanchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía.

Para establecer el sobreancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En alineamientos horizontales con curvas circulares sin curva de transición, el sobreancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- Cuando existen curvas de transición entre la tangente y la curva circular, el sobreancho se distribuye a lo largo de la curva de transición, dividiéndose la mitad del sobreancho entre los bordes interno y externo de la curva.
- Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor
- Los sobreanchos deben ser detallados minuciosamente en los planos constructivos y por medio de controles durante el proceso de construcción de la carretera o, alternativamente, dejar los detalles finales al Ingeniero residente de campo.

### 2.3.4 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical como señala la Secretaría de Comunicación y Transporte (2018, pág. 39) corresponde al perfil de la carretera o proyección sobre el plano vertical del desarrollo del eje de la sub corona o línea subrasante. De la misma manera que el horizontal el alineamiento vertical está formado por tangentes y curvas.

#### 2.3.4.1. Tipos de curvas verticales

Correspondiente a los tipos de curvas verticales la SIECA (2011, pág. 124) estipula dos los cuales son:

- **Curvas Verticales en Cresta:** las longitudes mínimas de curvas verticales en cresta que se basan en el criterio de distancias de visibilidad, generalmente son satisfactorias desde el punto de vista de seguridad, confort y apariencia.
- **Curvas Verticales Cóncavas o en Columpio:** se han identificado los siguientes cuatro criterios para usarse en el cálculo de las longitudes de curvas cóncavas o en columpio:
  - El primero se basa en la distancia iluminada por los faros delanteros del vehículo.
  - La siguiente toma en cuenta básicamente una sensación subjetiva de comodidad en la conducción, cuando el vehículo cambia de dirección en el alineamiento vertical.
  - El tercero considera requerimientos de drenaje.
  - El último se basa en consideraciones estéticas.

#### 2.3.4.2. Pendiente de diseño

Según la secretaria de Comunicación y Transporte (2018, pág. 39) estipula tipos de pendientes entre la cuales:

- **Pendiente mínima:** es la menor pendiente que permite el buen drenaje de la precipitación pluvial. En los cortes puede ser 0.5 por ciento; aunque en ocasiones la longitud de corte y precipitación pluvial hacen necesario

aumentarla. En terraplenes puede ser cero, toda vez que el agua escurre a través del bombeo.

- **Pendiente máxima:** es la mayor pendiente que se permite en el proyecto de la carretera. En general, se recomienda de acuerdo con la jerarquía de la carretera; pero se debe usar con tan poca frecuencia como lo permita la configuración orográfica.



## **CAPITULO III**

---

### **ANÁLISIS Y REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS**



### **3.1. Estudio Topográfico**

#### **3.1.1 Generalidades**

El análisis topográfico es esencial al planificar y desarrollar obras viales, ya que brinda datos precisos sobre la forma y características del terreno. Mediante este estudio se pueden conocer desniveles, inclinaciones, curvas y otros elementos geográficos determinantes para la optimización y diseño del trazado. Además, permite definir la ruta más adecuada, optimizando la ubicación para evitar cortes y rellenos innecesarios, lo cual influye en menores costos constructivos y menor alteración del entorno natural.

En esta sección se mostrarán los resultados de los procesos realizados y el levantamiento topográfico del tramo de carretera entre Quinta La Luz y La Cascadita El Tisey, con una longitud de 2.24 Km iniciando en la coordenada (569711.564 E,1437780.233 N) y finalizando en (568863.588 E,1436301.92 N) el tramo se puede apreciar en la figura (24) y figura (25) en el apartado de anexos referente a la macro y micro localización

#### **3.1.2 Metodología**

El levantamiento topográfico se realizó con (Estación Total Sokkia iM-52), en conjunto con la Empresa Constructora Las Segovias (EMCOSE). La cual consta de diferentes actividades tales como:

- Visita de Reconocimiento.
- Ubicación de puntos de referencia (BM).
- Seccionamiento de carretera en tramos a cada veinte metros.
- Levantamientos de componentes esenciales de carretera e infraestructuras presentes.
- Obtención de datos altiplanimétricos de la poligonal abierta base.
- Medición del perfil longitudinal.
- Definición de subrasante óptima.
- Determinación de secciones transversales.

### 3.1.3 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó en conjunto con la Empresa Constructora Las Segovias (EMCOSE) iniciando desde Quinta la Luz (Estación 2+000) hasta culminar en La Cascadita el Tisey (estación 4+240). El levantamiento se realizó con (Estación Total Sokkia iM-52), instrumento óptico de alta precisión.

**Tabla 1**

**Coordenadas Cartográficas de estación del levantamiento topográfico**

Coordenadas Cartográficas (UTM-ZONA 16P)			
Estación	Este (X)	Norte (Y)	Elevación m (Z)
2 + 000	569711.5640	1437780.2330	1247.1290
4 + 240	568863.5880	1436301.920	1389.5410

**Fuente:** Sustentante.

**Figura 1**

**Mapa satelital de estaciones.**



**Fuente:** Representación gráfica de tramo de carretera creada utilizando Google Earth

**Tabla 2**

**Equipo utilizado en el levantamiento topográfico.**

<b>Equipo utilizado en el levantamiento</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Ilustraciones</b>
Estación Total con trípode Modelo Sokkia iM-52 de dos segundos de precisión	
Prisma modelo Sokkia	
GPS de mano	
Cinta de 30 metros	

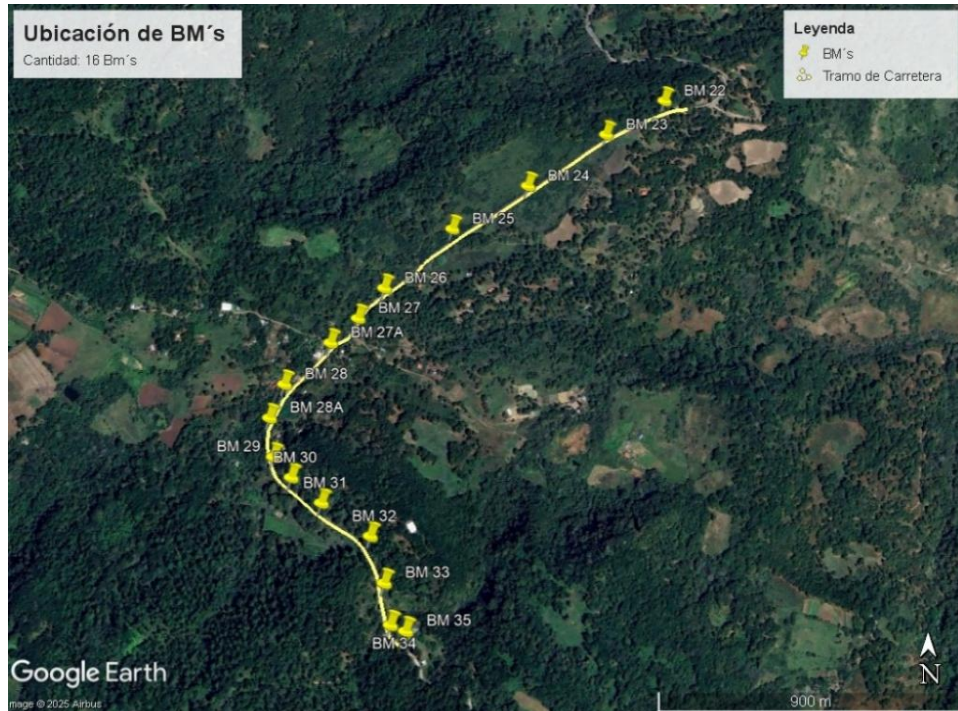
**Fuente:** Sustentante

**3.1.4 Establecimiento de BM**

Para la ubicación de los bancos maestro, se empleó en base a la metodología estipulada en el Manual para la Revisión de Estudios Topográficos del Ministerio de Transporte e Infraestructuras (MTI) lo cuales se colocaron en la trayectoria de todo el camino contando con inter visibilidad entres estos y con una distancia no mayor de 250 metros.

## Figura 2

### Ubicación de BM's en el tramo de estudio



**Fuente:** Representación gráfica de tramo de carretera creada utilizando Google Earth

Como se observa en la figura 2 se inició con el BM-22 y culmina en el BM-35 contando los BM mencionados se colocaron una cantidad de 16 BM's separados en promedio a una distancia de 250 m algunos puntos auxiliares para así poder tener una intervisibilidad adecuada entre estos debido a la topografía presente en el terreno, véase en la (Tabla 3, pág. 21)

**Tabla 3****Lista de bancos de nivel**

Coordenadas cartográficas (UTM WGS 84 - ZONA 16N)						
Puntos	Descripción	Este m (X)	Norte m (Y)	Longitud	Latitud	Elevación m (z)
1	BM 22	569618.1420	1437763.4310	W86° 21' 28.84"	N13° 00' 17.58"	1253.692
2	BM 23	569420.7060	1437662.1170	W86° 21' 35.40"	N13° 00' 14.30"	1263.677
3	BM 24	569228.8180	1437512.9180	W86° 21' 41.78"	N13° 00' 09.45"	1271.876
4	BM 25	569016.4640	1437387.4600	W86° 21' 48.84"	N13° 00' 05.39"	1279.512
5	BM 26	568828.2960	1437217.5610	W86° 21' 55.10"	N12° 59' 59.87"	1293.347
6	BM 27	568756.9250	1437132.0560	W86° 21' 57.48"	N12° 59' 57.09"	1301.450
7	BM 27A	568682.3860	1437062.7610	W86° 21' 59.96"	N12° 59' 54.85"	1310.768
8	BM 28	568559.0170	1436946.8700	W86° 22' 04.07"	N12° 59' 51.08"	1323.492
9	BM 28A	568521.5550	1436854.2970	W86° 22' 05.32"	N12° 59' 48.07"	1335.027
10	BM 29	568535.7730	1436748.0560	W86° 22' 04.85"	N12° 59' 44.61"	1344.749
11	BM 30	568587.5830	1436693.2760	W86° 22' 03.14"	N12° 59' 42.83"	1353.984
12	BM 31	568671.2160	1436625.9830	W86° 22' 00.37"	N12° 59' 40.63"	1360.885
13	BM 32	568804.9190	1436539.0940	W86° 21' 55.94"	N12° 59' 37.79"	1377.495
14	BM 33	568843.7920	1436415.7570	W86° 21' 54.66"	N12° 59' 33.77"	1388.789
15	BM 34	568861.0890	1436305.9050	W86° 21' 54.09"	N12° 59' 30.19"	1388.535
16	BM 35	568900.7780	1436288.9680	W86° 21' 52.77"	N12° 59' 29.64"	1389.903

**Fuente:** Sustentante

### 3.1.5 Seccionamiento del tramo

Habiendo establecido los bancos de nivel, se procedió a realizar el seccionamiento del tramo donde los elementos tomados fueron:

- Centro de camino.
- Hombros de camino.
- Cuneta izquierda y derecha.
- Cercos Privados.
- Postes de tendido eléctrico.
- Infraestructuras existentes.

Las estaciones en el tramo se establecieron a cada a cada 20 metros en secciones rectas y entre 5 a 10 metros secciones en curva para lograr una mayor exactitud, así como lo plantea el Manual para la Revisión de Estudios Topográficos del MTI (2008, pág. 38).

Se creó un archivo de puntos con extensión "txt" y en formato PEND delimitados por comas, obtenidos del levantamiento topográfico.

Los resultados del levantamiento topográfico se mostrarán en el siguiente enlace.

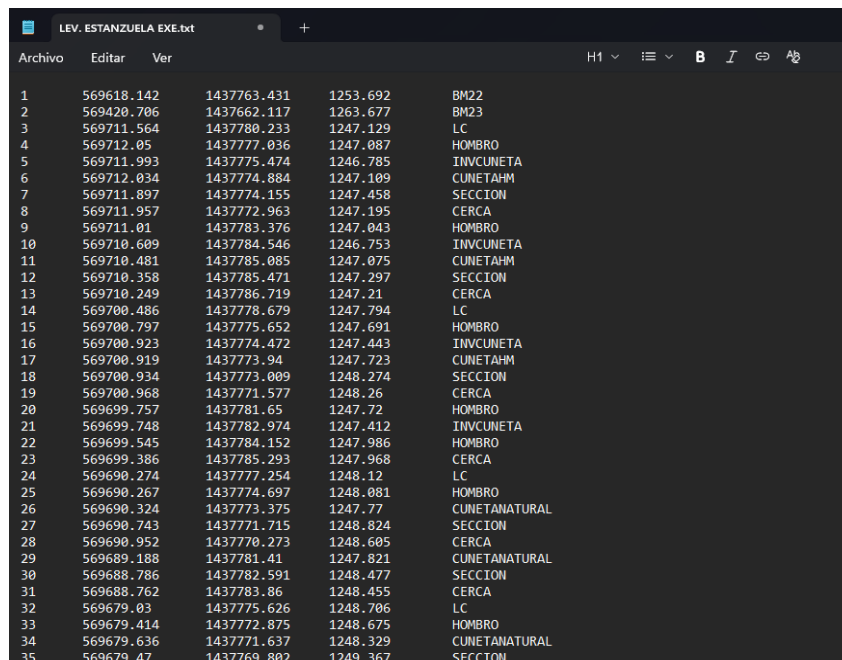
<https://drive.google.com/file/d/1ujGyPXLJHOz8Jq72yYtf6qUs0-U-3e5X/view?usp=sharing>

### 3.1.6 Análisis del levantamiento topográfico

Al momento de haber culminado el levantamiento topográfico desde el sistema de la Estación Total se importó un archivo con extensión "txt" con los puntos realizados, estos fueron importados en formato PENZD donde indica el número de punto, la abscisa y la ordenada, del mismo modo la elevación y la respectiva descripción de cada punto.

**Figura 3**

#### Levantamiento Topográfico con extensión txt



Número de punto	Abscisa (X)	Ordenada (Y)	Elevación (Z)	Descripción
1	569618.142	1437763.431	1253.692	BM22
2	569420.706	1437662.117	1263.677	BM23
3	569711.564	1437780.233	1247.129	LC
4	569712.05	1437777.036	1247.087	HOMBRO
5	569711.993	1437775.474	1246.785	INVUNETA
6	569712.034	1437774.884	1247.109	CUNETAHM
7	569711.897	1437774.155	1247.458	SECCION
8	569711.957	1437772.963	1247.195	CERCA
9	569711.01	1437783.376	1247.043	HOMBRO
10	569710.609	1437784.546	1246.753	INVUNETA
11	569710.481	1437785.085	1247.075	CUNETAHM
12	569710.358	1437785.471	1247.297	SECCION
13	569710.249	1437786.719	1247.21	CERCA
14	569700.486	1437778.679	1247.794	LC
15	569700.797	1437775.652	1247.691	HOMBRO
16	569700.923	1437774.472	1247.443	INVUNETA
17	569700.919	1437773.94	1247.723	CUNETAHM
18	569700.934	1437773.009	1248.274	SECCION
19	569700.968	1437771.577	1248.26	CERCA
20	569699.757	1437781.65	1247.72	HOMBRO
21	569699.748	1437782.974	1247.412	INVUNETA
22	569699.545	1437784.152	1247.986	HOMBRO
23	569699.386	1437785.293	1247.968	CERCA
24	569690.274	1437777.254	1248.12	LC
25	569690.267	1437774.697	1248.081	HOMBRO
26	569690.324	1437773.375	1247.77	CUNETANATURAL
27	569690.743	1437771.715	1248.824	SECCION
28	569690.952	1437770.273	1248.605	CERCA
29	569689.188	1437781.41	1247.821	CUNETANATURAL
30	569688.786	1437782.591	1248.477	SECCION
31	569688.762	1437783.86	1248.455	CERCA
32	569679.03	1437775.626	1248.706	LC
33	569679.414	1437772.875	1248.675	HOMBRO
34	569679.636	1437771.637	1248.329	CUNETANATURAL
35	569679.47	1437769.802	1249.367	SECCION

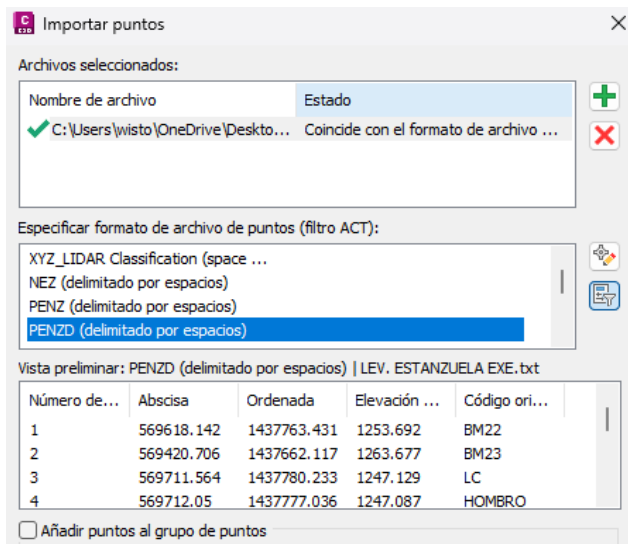
**Fuente:** EMCOSE. Datos procesados por sustentantes.

### 3.1.6.1. Importación de datos en el Software Civil 3D

Para la realización de la importación hacia el Software Civil 3D se creó un nuevo grupo de puntos y luego se importó en base al archivo del levantamiento topográfico, identificando el formato en el que están elaborados los puntos y el tipo de separación que tienen estos.

**Figura 4**

#### Importación de puntos a Civil 3D.

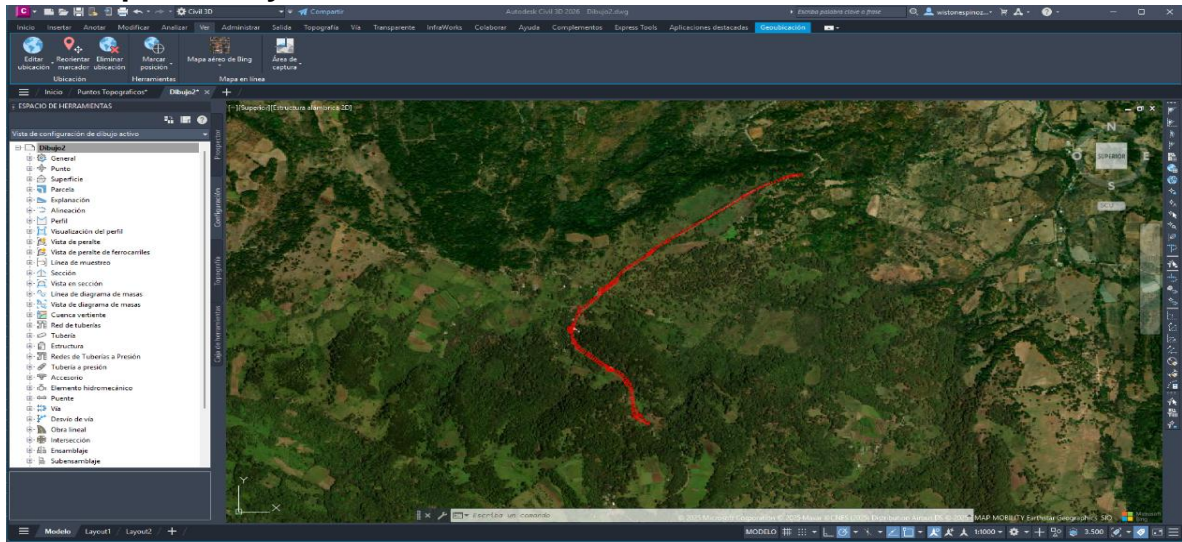


**Fuente:** Sustentante

Exportados los puntos se procede a ubicar los puntos en el mapa utilizando la opción de Geoubicación para una mejor apreciación y verificación de estos, los cuales están ubicados en la UTM WGS 84 específicamente en la zona 16N como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 5

### Puntos exportados y Geoubicación



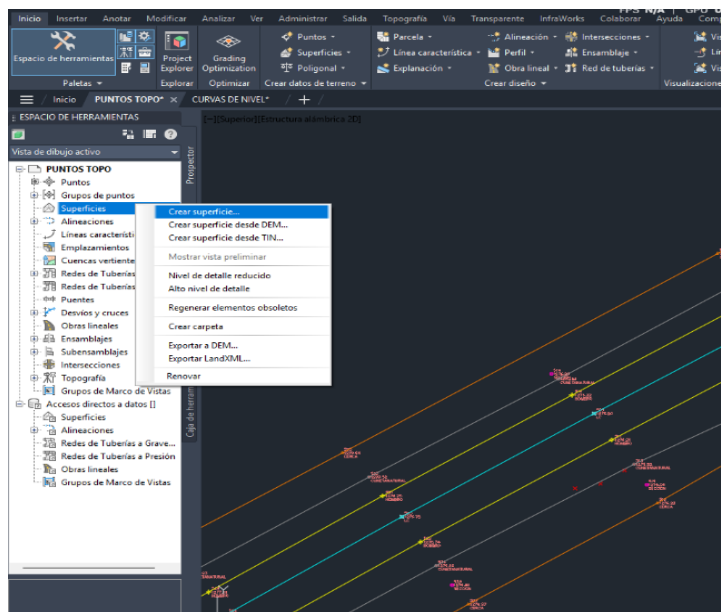
Fuente: Sustentante

#### 3.1.6.2. Curvas de Nivel

Con los puntos topográficos exportados al software Civil 3D se procede a la creación de una superficie

Figura 6

### Creación de superficie

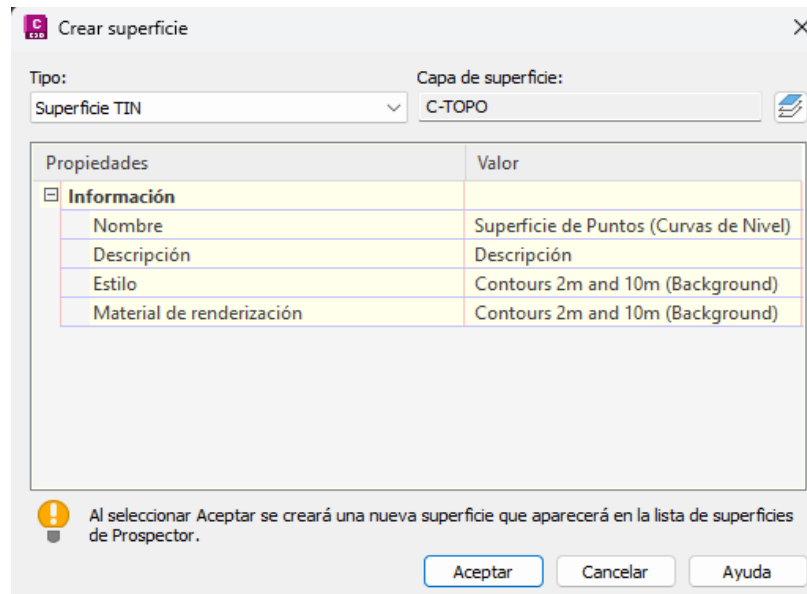


Fuente: Sustentante

Al momento de crear la superficie se delimito el nombre de la superficie, el tipo, la capa y el estilo de esta, donde las curvas de nivel maestras se establecieron en intervalos de 10 metros y las curvas secundarias en intervalos de 2 metros de separación entre cada una de estas para así lograr mayor precisión como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 7**

### Propiedades de superficie



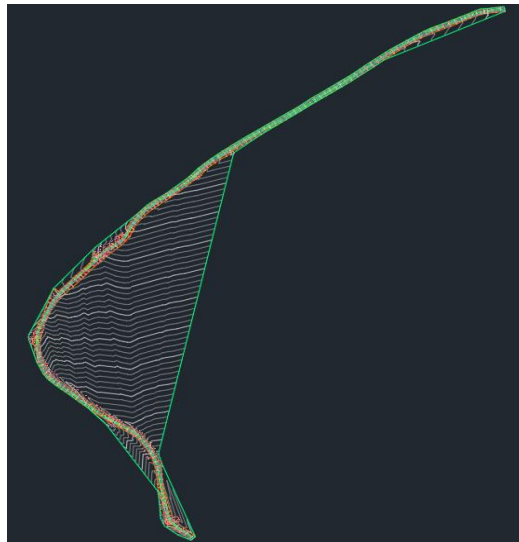
**Fuente:** Sustentante

Luego de la creación de la superficie se selecciona en base a que puntos se crearan las curvas de nivel, en el cual se seleccionó todos los puntos del levantamiento topográfico con el propósito de que las curvas se generen en base a los datos altiplanimétricos de estos.

Con esto realizado el Software genera la superficie y las curvas de nivel delimitadas por las condiciones que se establecieron anteriormente como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 8**

**Superficie Base Curvas de nivel**

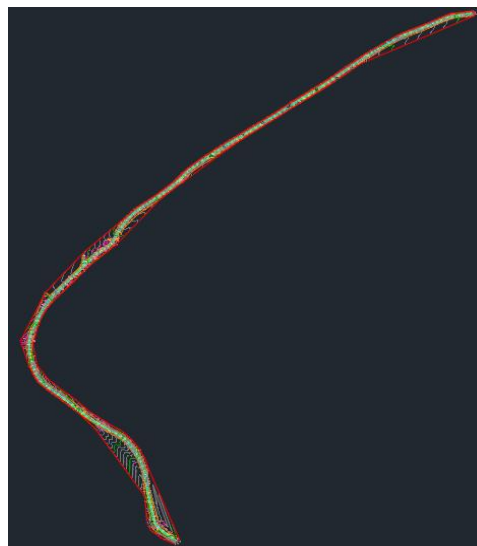


**Fuente:** Sustentante

Generada las curvas de nivel se procedió a editar el estilo de la superficie arreglando las triangulaciones entre los puntos de las curvas para delimitar la superficie y así lograr que las curvas aparezcan en el trazado de la carretera, ilustrado en la siguiente figura:

**Figura 9**

**Correcciones de triangulación en superficie**

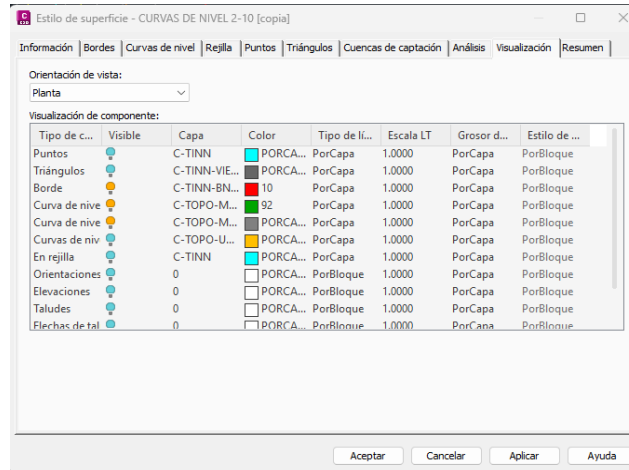


**Fuente:** Sustentante

Posteriormente se determinaron los colores a cada elemento como lo fueron las curvas maestras, secundarias y bordes de la superficie para obtener una mejor visualización de los componentes de la superficie creada:

**Figura 10**

**Determinación de colores de los componentes de las curvas de nivel**

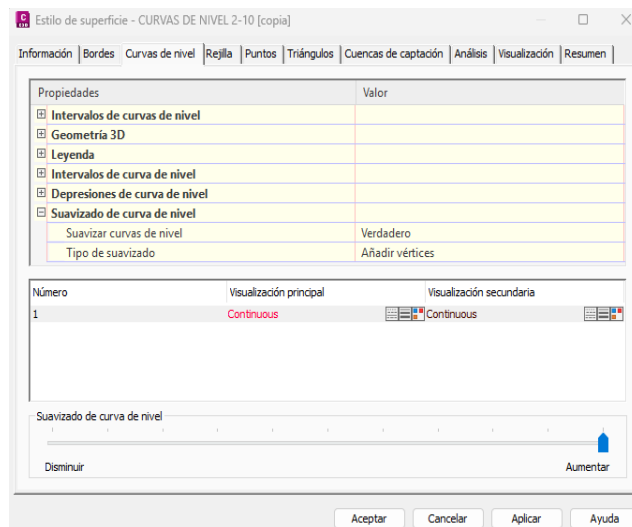


**Fuente:** Sustentante

Para finalizar se modificó el suavizado de las curvas de nivel para una mayor exactitud y presentación de la superficie el cual se seleccionó en el máximo permitido por el programa

**Figura 11**

**Suavizado de curvas de nivel**

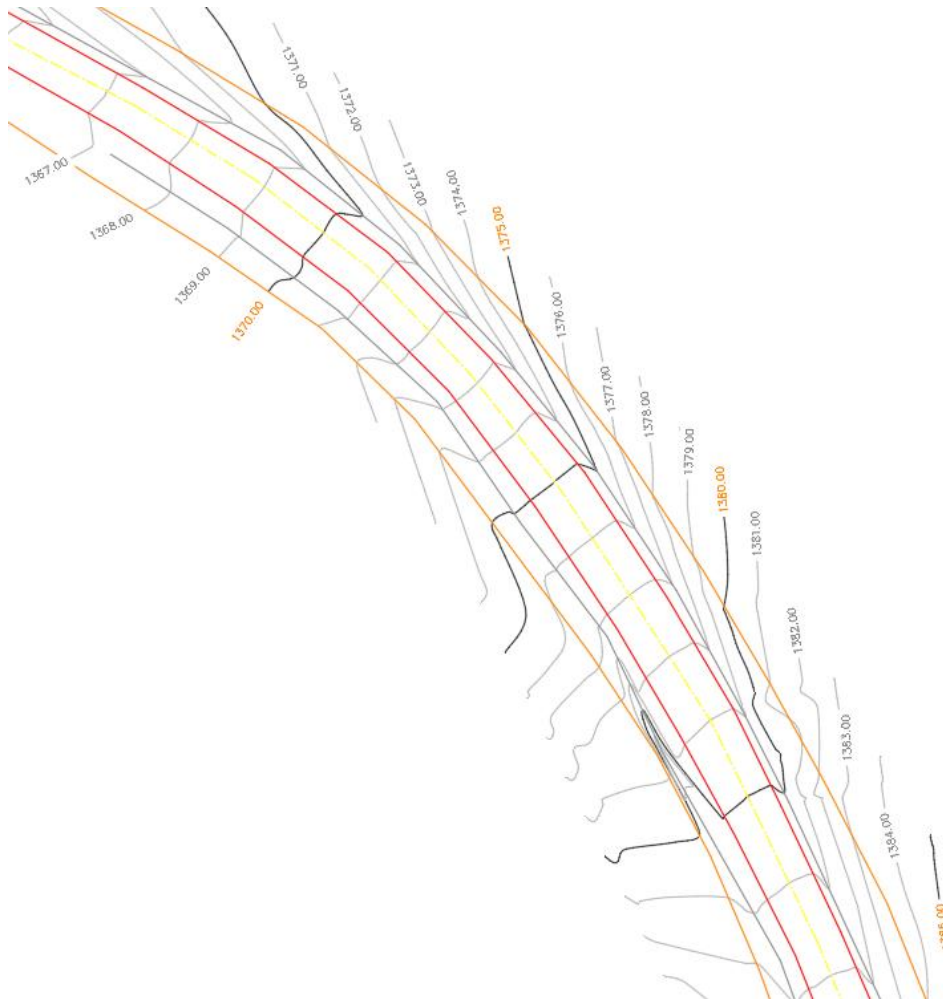


**Fuente:** Sustentante

Con todos los procesos anteriormente realizados se logra crear las curvas de nivel de una manera correcta adecuada para el análisis y apreciación de la superficie, en el cual se determinó que la altura mínima es de 1247 m y la altura máxima es de 1392 m en un tramo de 2.24 km de longitud, observándose de la siguiente manera:

**Figura 12**

**Superficie de Curvas de nivel.**



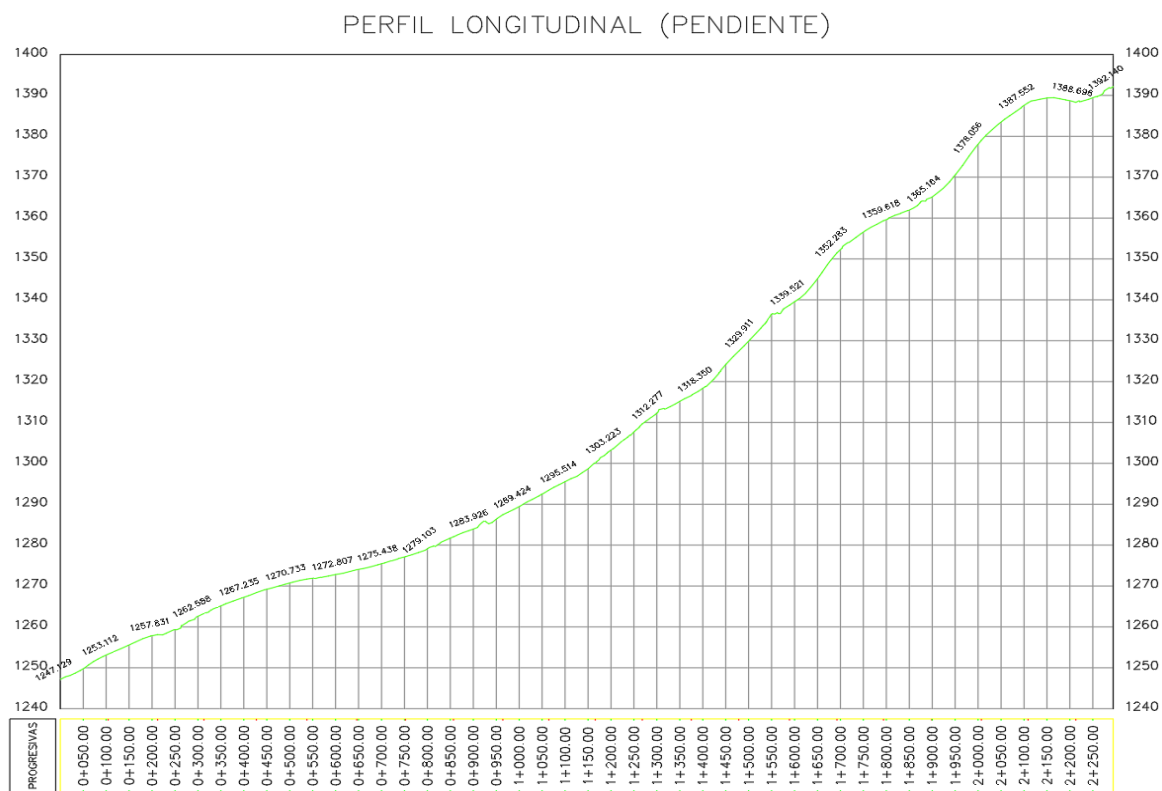
**Fuente:** Sustentante

### 3.1.6.3. Pendiente del terreno natural

Para la evaluación de pendientes, se tomó como referencia la línea central del tramo (LC) se utilizaron las elevaciones en segmentos de 100 metros de distancia para un mejor análisis y categorización del tramo como se observa en la siguiente figura.

**Figura 13**

**Perfil Longitudinal elevaciones cada 100 metros.**



Fuente: Sustentante

**Tabla 4**

**Clasificación de terrenos en función de las pendientes**

Tipo de terreno	Rango de pendientes
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \leq 30$

Fuente: Manual Centroamericano De Normas para el diseño Geométrico de Carreteras (SIECA, 2011, pág. 116)

Para el cálculo de pendientes se utilizó la ecuación 1 del capítulo II pág. 7 los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5**

**Cálculo de pendiente cada 100 metros**

No	Estación Inicial	Elevación inicial	Estación Final	Elevación Final	Pendiente (%)	Tipo de Terreno
1	0+000	1247.129	0+100	1253.112	5.983 %	Ondulado
2	0+100	1253.112	0+200	1257.831	4.719 %	Plano
3	0+200	1257.831	0+300	1262.588	4.757 %	Plano
4	0+300	1262.588	0+400	1267.235	4.647 %	Plano
5	0+400	1267.235	0+500	1270.733	3.498 %	Plano
6	0+500	1270.733	0+600	1272.807	2.074 %	Plano
7	0+600	1272.807	0+700	1275.438	2.631 %	Plano
8	0+700	1275.438	0+800	1279.103	3.665 %	Plano
9	0+800	1279.103	0+900	1283.926	4.823 %	Plano
10	0+900	1283.926	1+000	1289.424	5.498 %	Ondulado
11	1+000	1289.424	1+100	1295.514	6.090 %	Ondulado
12	1+100	1295.514	1+200	1303.223	7.709 %	Ondulado
13	1+200	1303.223	1+300	1312.227	9.004 %	Ondulado
14	1+300	1312.227	1+400	1318.350	6.123 %	Ondulado
15	1+400	1318.350	1+500	1329.911	11.561 %	Ondulado
16	1+500	1329.911	1+600	1339.521	9.610 %	Ondulado
17	1+600	1339.521	1+700	1352.283	12.762 %	Ondulado
18	1+700	1352.283	1+800	1359.618	7.335 %	Ondulado
19	1+800	1359.618	1+900	1365.164	5.546 %	Ondulado
20	1+900	1365.164	2+000	1378.056	12.892 %	Ondulado
21	2+000	1378.056	2+100	1387.552	9.496 %	Ondulado
22	2+100	1387.552	2+200	1388.696	1.144 %	Plano
23	2+200	1388.696	2+240	1392.140	8.61%	Ondulado

**Fuente:** Sustentante

Como se observa en los resultados la pendiente máxima es de 12.892 % (Ondulado) que está ubicado entre las progresivas 1+900 hasta la 2+000. Por su parte la pendiente mínima de 1.144 % que se localiza entre las progresivas 2+100 hasta la 2+200.

De acuerdo a la clasificación de terrenos en función de la pendiente de la (Tabla 4, pág. 29) se clasifica como un terreno ondulado debido a que el tramo está compuesto en un 60.86% de pendientes entre 5 y 15% y un 39.13% de pendientes menores o iguales que 5%.

## **3.2. Estudio de Tránsito**

Para la realización de un diseño geométrico de una carretera es crucial y de suma importancia el estudio y análisis del tránsito de esta, debido que al conocer la composición vehicular que transita como el tipo y cantidades de vehículos se logra un diseño adecuado y exacto.

El estudio de tránsito es una de las condiciones de diseño más importantes debido a que se obtienen datos actuales y se realizan las respectivas proyecciones para así lograr diseños que funcionen a lo largo del tiempo.

En este segmento se presentarán los resultados obtenidos tanto del aforo vehicular como el análisis de los datos obtenidos del tramo Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey, basándose en la metodología establecida por el Ministerio de transporte e Infraestructura (MTI).

### **3.2.1 Metodología**

Para la realización del presente estudio se basó en la metodología recomendada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) la cual estará compuesta por:

- Selección de las estaciones de aforo en el tramo de la carretera, para obtener los datos de los vehículos que circulan en esta en ambas direcciones, durante los días sábado y domingo debido a que es una zona turística, este tendrá una duración de doce horas de conteo desde las 6:00 AM hasta las 6:00 PM.
- Con los datos obtenidos del aforo se procede a procesarlos en Microsoft Excel para la determinación del tránsito promedio diario TPD.
- Seleccionar la estación de corta duración más cercana geográficamente que contenga los datos históricos y los porcentajes de composición vehiculares.
- Identificar la estación de mayor cobertura a la cual pertenece la estación de corta duración.

- Calcular el tránsito promedio diario anual (TPDA), en base a los datos obtenidos del aforo vehicular, utilizando los factores de expansión correspondientes de la estación de mayor cobertura y comparar con los datos de la estación seleccionada.
- Determinación de la tasa de crecimiento con la cual se utilizará para el diseño geométrico de la carretera, tomando en consideración los datos históricos del TPDA de la estación seleccionada, del mismo modo los datos históricos del producto interno bruto (PIB) y la población (POB).

### **3.2.2 Aforo Vehicular**

Para obtener la cantidad de vehículos y la composición vehicular que transitan por el tramo se realizó un aforo vehicular en dos puntos de aforación una en el inicio del tramo en la estación 2+000 y la otra estación en una intersección ubicada en la estación 3+240, la primera estación fue seleccionada debido a su topografía que facilita la identificación de los vehículos que ingresan al tramo y la segunda estación fue seleccionada debido a que existe una bifurcación y no era posible contabilizar los vehículos que circulaban en ese segmento con la primera estación seleccionada.

El aforo fue realizado durante dos días, los cuales fueron el día sábado 19 de julio de 2025 y el domingo 20 de julio de 2025, con una duración de 12 horas en cada uno (6:00 am a 6:00 pm) estos días fueron seleccionados debido a que es una zona de alto turismo obteniendo así el mayor volumen de vehículos que transitan debido a que es fin de semana.

En la siguiente figura se visualizan las ubicaciones de las estaciones de aforación en el trazo de la carretera, además de la bifurcación en la estación 3+240:

**Figura 14**

**Estaciones de Aforo**



















**Fuente:** Representación gráfica de carretera creada utilizando Google Earth

Los resultados del aforo vehicular de los dos puntos de aforación ubicadas en las estaciones 2+000 y la estación 3+240 están representadas en las siguientes tablas:

**Tabla 6**






Resumen de los resultados del aforo vehicular estación 2+000 del tramo de carretera Quinta la Luz - La Cascadita el Tisey.

ESTUDIO DE TRANSITO AFORO VEHICULAR																		
Nombre del lugar:		Almaciguera						Aforadores:		Wiston Josué Espinoza Dávila				Eva Lisseth Guillen Rivera				
Tramo:		Quinta la Luz - La Cascadita el Tisey						Hora de Inicio:		6:00 a. m.				Ambos Sentidos				
Estación:		2 + 000						Hora Final:		6:00 p. m.								
Fecha	Dia	C1	C2				C3			C4			C5		C6	C9	Total	
		Moto	Auto	Jeep 1C	Camionet a 1C	Camión Liv.	Liviano de carga	Camioneta 2C	Jeep 2C	Micro Buses	Camión Pequeño	Mini Buses	Buses	Liv Carga	Camión C2	Camión C3		T3-S3
																		
19/07/25	Sábado	390	76	4	44	19	1	190	0	8	1	1	0	2	1	33	7	777
20/07/25	Domingo	737	169	4	65	9	0	312	4	15	0	4	4	0	1	62	0	1386
Total, de Vehículos		1127	245	8	109	28	1	502	4	23	1	5	4	2	2	95	7	2163
		52.10 %	11.33 %	0.37 %	5.04%	1.29%	0.05%	23.21%	0.18%	1.06%	0.05%	0.23%	0.18%	0.09%	0.09%	4.39%	0.32%	100 %
		% vehículos livianos						94.64%					% vehículos pesados			5.36%		100 %

Fuente: Sustentante

**Tabla 7**

Resumen de los resultados del aforo vehicular estación 3+240 del tramo de carretera Quinta la Luz - La Cascadita el Tisey.

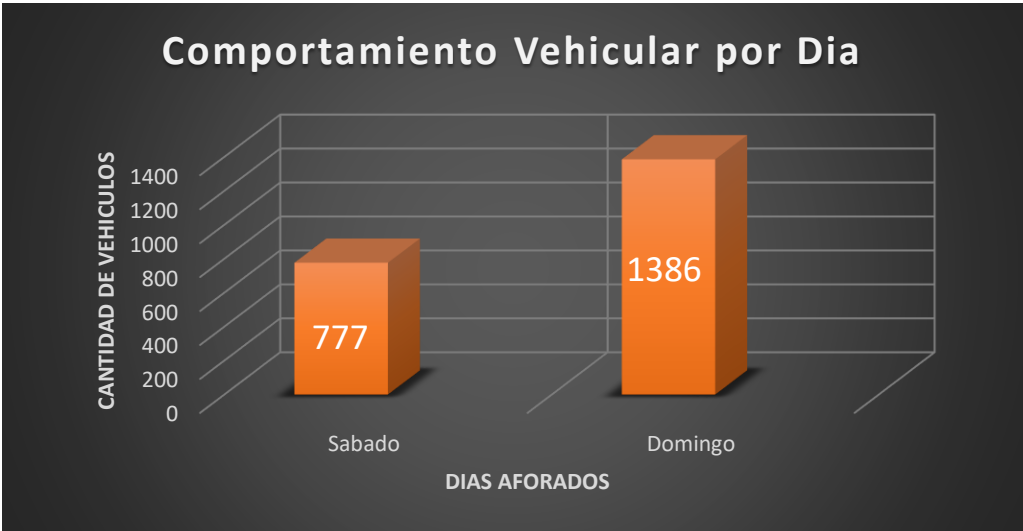
ESTUDIO DE TRANSITO AFORO VEHICULAR							
Nombre del lugar:	Almaciguera	Aforadores:	Wiston Josué Espinoza Dávila		Eva Lisseth Guillen Rivera		
Tramo:	Quinta la Luz - La Cascadita el Tisey	Hora de Inicio:	6:00 a. m.	Ambos Sentidos			
Estación:	3+240	Hora Final:	6:00 p. m.				
Fecha	Dia	C1	C2			C3	Total
		Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C	Camioneta 2C	
							
19/7/2025	Sábado	21	1	1	16	5	44
20/7/2025	Domingo	44	1	0	8	8	61
Total, de Vehículos		65	2	1	24	13	105
		61.90%	1.90%	0.95%	22.86%	12.38%	100.00%
		% vehículos livianos		100.00%	% vehículos pesados		0.00%

Fuente: Sustentante

Como se observa en los resultados de la tabla 6 y 7 de los resultados del aforo vehicular el día domingo presenta mayor volumen de tránsito en comparación con el día sábado a continuación se presenta la graficas para una mayor apreciación.

**Gráfica 1**

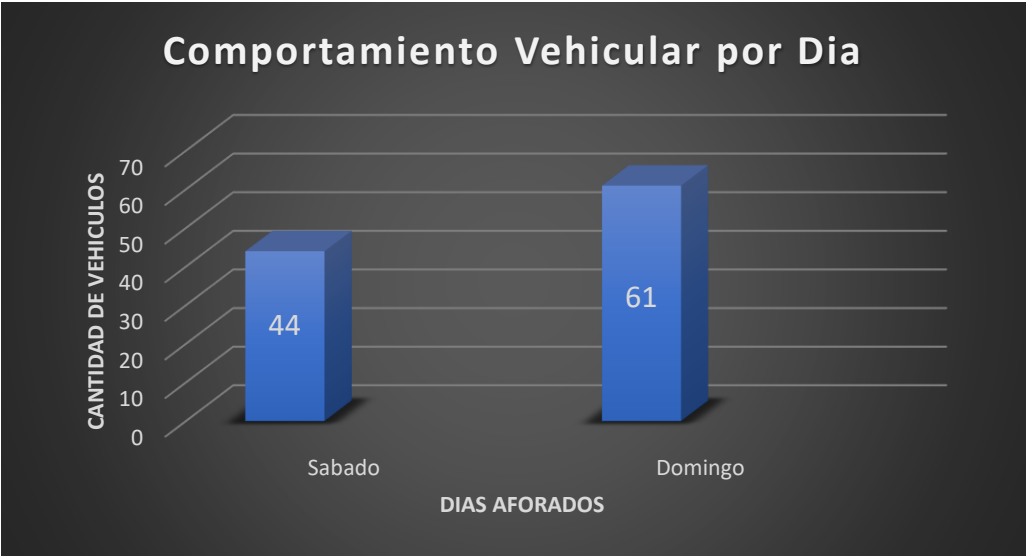
Comportamiento vehicular por día (Estación 2+000).



Fuente: Sustentante

**Gráfica 2**

Comportamiento vehicular por día (Estación 3+240)



Fuente: Sustentante

### 3.2.3 Tránsito Promedio Diario Diurno (TPDI)

Consiste en el promedio de cada clase de vehículos que transitan en los días de aforación, en las siguientes tablas están representados los promedios de cada estación utilizando la siguiente ecuación:

$$TPDI = \frac{TvD1 + TvD2}{TDA} \quad ec 5.$$

Donde:

**TPDI** = Transito Promedio Diario Diurno

**TvD1** = Total de vehículo día uno

**TvD2** = Total de vehículos día 2

**TDA** = Total de días aforados

**Tabla 8**






Tránsito Promedio Diario Diurno (TPDI) estación 2+000

	Vehículos Livianos									Vehículos Pesados							Total
	C1	C2				C3				C4			C5	C6	C9		
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camion eta 1C	Camión Liv.	Liv. Carga	Camion eta 2C	Jeep 2C	Micr o bus	Camión Pequeño	Mini Bus	Bus	Liv. Carga	Camión C2	Camión C3	T3-S3	
TPDI	564	123	4	55	14	1	251	2	12	1	3	2	1	1	48	4	1086
Total	1026									60							1086
%	51.93	11.33	0.37	5.06	1.29	0.09	23.11	0.18	1.1	0.09	0.28	0.18	0.09	0.09	4.42	0.37	100
% Vehículos livianos									94.48 %		% Vehículos livianos						5.52 %

**Fuente:** Sustentante

**Tabla 9**

**Tránsito Promedio Diario Diurno (TPDI) estación 3+240.**

	Vehículos Livianos					Total	
	C1	C2		C3			
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C			Camioneta 2C
							
TPDS	33	1	1	12	7	54	
Total	54					54	
%	61.11	1.85	1.85	22.22	12.96	100 %	
% Vehículos Livianos					100%		

**Fuente:** Sustentante

### 3.2.4 Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

En base a la metodología que plantea el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para calcular el transito promedio diario anual (TPDA), se basa en identificar los vectores de correspondencia como lo son el vector geográfico y el vector de tráfico además la aplicación de factores de ajuste.

#### 3.2.4.1. Identificación de factores de correspondencia

Para las estaciones de conteo, se identifican los siguientes vectores que influyen en las características del tráfico:

- Vector Geográfico.
- Volumen Total de Trafico.

En la tabla 8, se especifica la clasificación del vector geográfico para el área de estudio Quinta La Luz – La Cascadita el Tisey, la cual corresponde al vector 3 debido a que se encuentra en la región central norte, ya que corresponde al departamento de Estelí.

**Tabla 10****Vector Geográfico.**

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

**Fuente:** Anuario de Aforos de Trafico MTI (2020, pág. 7)

Para la selección del vector volumen estará basado en la categorización plantea el Anuario de Aforo de Tráfico del MTI (2020, pág. 7) donde especifica que en base al Transito Promedio Diario Anual (TPDA) se selecciona una de las tres intervalos dependiendo de la cantidad de vehículo siendo los intervalos V1: TPDA mayor de 5000, V2: TPDA de 300 a 5000 y V3:TPDA menores de 300, donde el vector seleccionado en este estudio es el V2 debido a que el TPDA calculado se encuentra en el intervalo de 300 a 5000 vehículos 3.

#### **3.2.4.2. Estaciones de conteo**

Para la selección de la estación de conteo utilizada para el cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) se basó en la ubicación geográfica tomando como referencia la más cercana la cual es la estación Emp. Santa Cruz – San Nicolas además de poseer características económicas y sociales similares al tramo de estudio Quinta La Luz – La Cascadita el Tisey. La estación 3501 se clasifica como estación sumaria la cual pertenece a la estación de mayor cobertura 1802 San Marcos – Masatepe (Ver Tabla 11, pág. 40).

**Tabla 11**

**Estación de mayor cobertura San Marcos – Masatepe.**

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	N° ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
<b>1802 San Marcos- Masatepe</b>	NN-38	3207	ECS	El Regadío - Los Encuentros (Sn Juan Limay)
	NN-39	121	ECS	Estelí - Rodeo Grande
	NN-40	4902 B	ECS	La Aceituna - Achuapa
	NN-41	4903	ECS	Petaquia - Saslale
	NN-43	3506	ECS	Emp. Chilamatillo - La Concordia
	NN-44	309	ECS	San Rafael del Norte - Los Chaguitones
	NN-45	3501	ECD	Emp. Santa Cruz - San Nicolas
	NN-46	119	ECS	La Trinidad - Sacaclí
	NN-46	313	ECS	Sacaclí - San Gabriel
	NN-48	310	ECS	Sisle - Santa Fé
	NN-49	4107	ECS	La Porrita - Sacramento
	NN-51	5704	ECS	Emp. Peñas Blancas - Abisinia

**Fuente:** Anuario de Aforos de Trafico MTI (2020, pág. 70)

En la siguiente tabla se representa los datos históricos del tránsito promedio diario anual (TPDA) de la estación anteriormente seleccionada (Emp. Santa Cruz – San Nicolas) debido a que es la más cercana que contiene registros de estos datos históricos los cuales datan desde el año 1999 hasta el año 2017.

**Tabla 12**

**Transito Promedio Diario Anual por tipo de vehículo estación 3051 Emp. Santa Cruz – San Nicolas.**

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ton	C3	Tx-Sx <=4e	Tx-Sx >=5e	Cx-Rx <=4e	Cx-Rx >=5e	V.A.	V.C.	Otros	TPDA					
363	NN-45	3501	ECD	Emp. San Nicolás - San Nicolas	2017	269	84	16	253	7		19	18	25	14		3							708				
					2010	86	15	18	114	2	1	12	18	10													276	
					2009	122	22	21	78		1	11	12	10														277
					2007	80	18	19	148	1		13	15	16									1			2	313	
					2005	44	9	31	98	2		14	14	9	6		2									1	230	
					2003	27	8	13	99	1		11	8	25	5		4								4			205
					2001	36	2	16	84	1		11	8	6														164
					1999	16	1	16	63			4	4	14	3		1											122
<b>EMC:1802</b>																												
Tasa de crecimiento					2020	327	102	19	308	9		23	22	30	17		4							861				
						Liv. 756			Pasaj. 32			Pesado 73																
						88.00%			4.00%			8.00%																

**Fuente:** Anuario de Aforos de Trafico MTI (2020, pág. 240)

### 3.2.4.3. Cálculo del Transito Promedio Diario Anual

Para el cálculo del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) utilizado la ecuación:

$$TPDA = TPDI * FD * FFS * FE \quad ec. 6$$

Donde:

- TPDA = Transito Promedio Diario Anual.
- FD = Factor Dia.
- FFS = Factor Fin de semana.
- FE = Factor de expansión.

La cual considera los diferentes factores que influyen en el cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA), excluyendo el factor semana (FS) ya que el aforo vehicular fue realizado en fin de semana debido a que es una zona turística y es donde existen un mayor volumen de tránsito.

En la siguiente tabla se muestran los factores por cada tipo de vehículo utilizados para calcular el Transito Promedio Diario Anual (TPDA) en base al Transito Promedio Diario Diurno (TPDI) anteriormente calculado. El aforo fue realizado en la tercera semana del mes de julio, los valores de los factores corresponden al segundo cuatrimestre del año Mayo – Agosto.

**Tabla 13**

Factores de expansión a TPDA segundo cuatrimestre del año mayo – agosto de la estación de mayor cobertura 1802 San Marcos – Masatepe

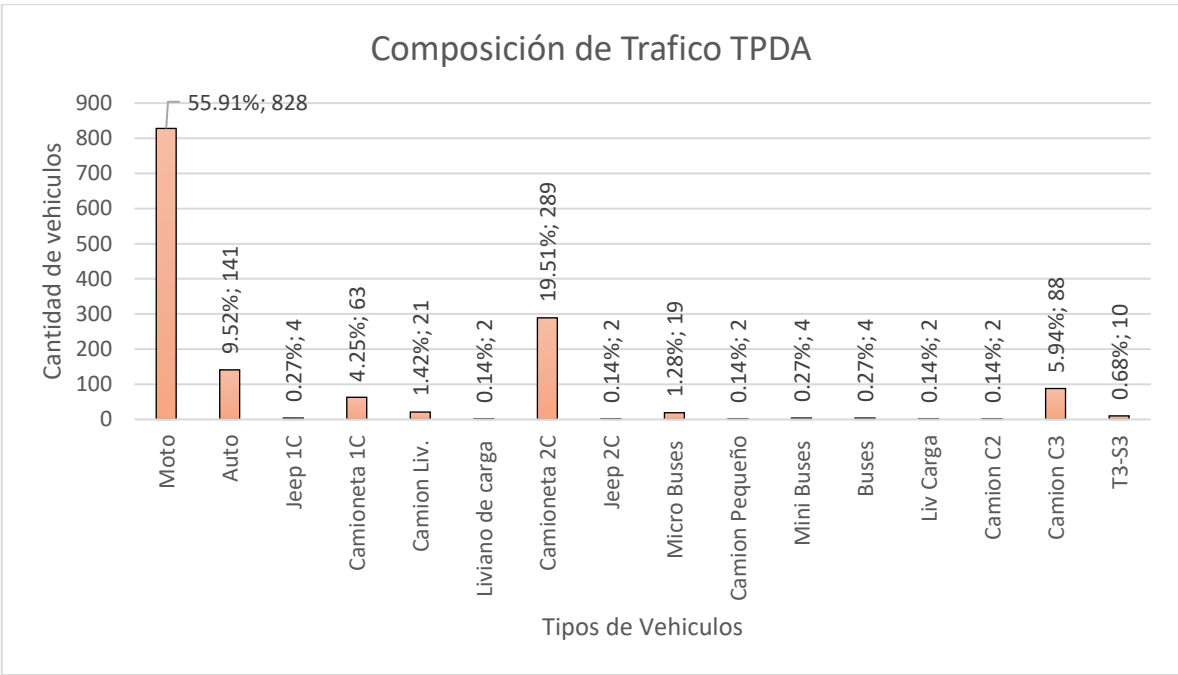
Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto																
Descripción	Moto	Auto	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv 2-5t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	V.A	V.C	Otros
Factor Dia	1.37	1.33	1.19	1.24	1.28	1.25	1.36	1.2	1.26	1.2	1	1.38	1	1	1	1.09
Factor Semana	0.98	1.06	1.1	1.03	0.94	0.91	0.89	0.92	0.85	0.88	1	0.84	1	1	1	0.85
Factor Fin de Semana	1.05	0.87	0.81	0.93	1.19	1.33	1.43	1.3	1.78	1.51	1	1.9	1	1	1	1.82
Factor Expansión	1.02	0.99	0.95	1	1.02	0.89	1.01	0.97	1.01	1.01	1	0.97	1	1	1	0.66

**Fuente:** Anuario de Aforos de Tráfico MTI (2020, pág. 385)

Los resultados de los cálculos obtenidos del cálculo del TPDA por cada tipo de vehículo esta representados en la (Tabla 14, pág. 46), donde se determinó un valor general de la estación 2+000 de 1481 vehículos con la siguiente composición: 92.64% de vehículos livianos (moto, auto, jeep 1 y 2 cabinas, camioneta 1 y 2 cabinas, liviano de carga y microbús) y un 7.36% de vehículos pesados (camión pequeño, mini buses, bus, liviano carga, C2, C3, T3-S3) mientras en la estación 3+240 hubo un total de 141 vehículos con un 100% de vehículos livianos (moto, auto, jeep de 1 cabina, camioneta de 1 y 2 cabinas). En las siguientes figuras estarán representada las composiciones vehiculares de cada estación:

**Gráfica 3**

**Composición Vehicular del tramo 2+000 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey**

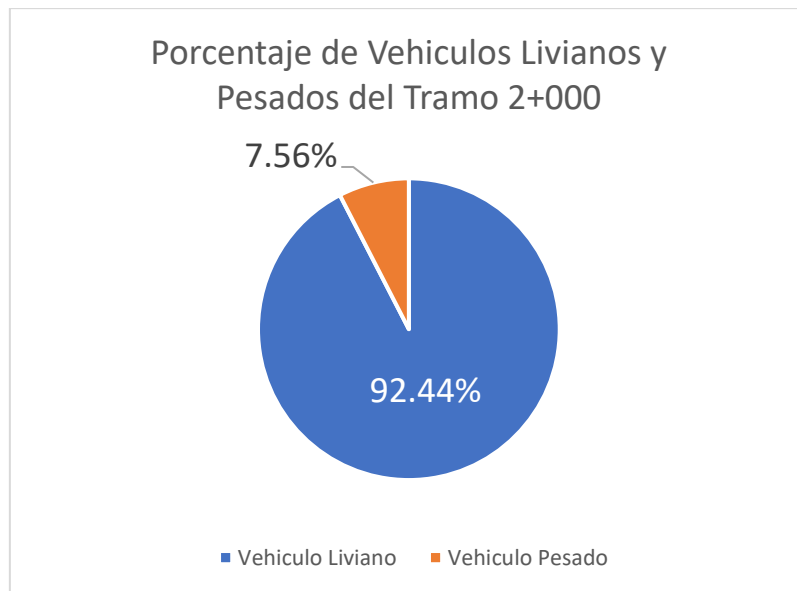


**Fuente:** Sustentante

Como se observa en la anterior grafica gran parte del tráfico que transita en el tramo 2+000 es categorizado como vehículos livianos alcanzado el 92.64% del total mientras que el 7.36% es de vehículos pesados en la siguiente figura se aprecia de una mejor manera:

#### Gráfica 4

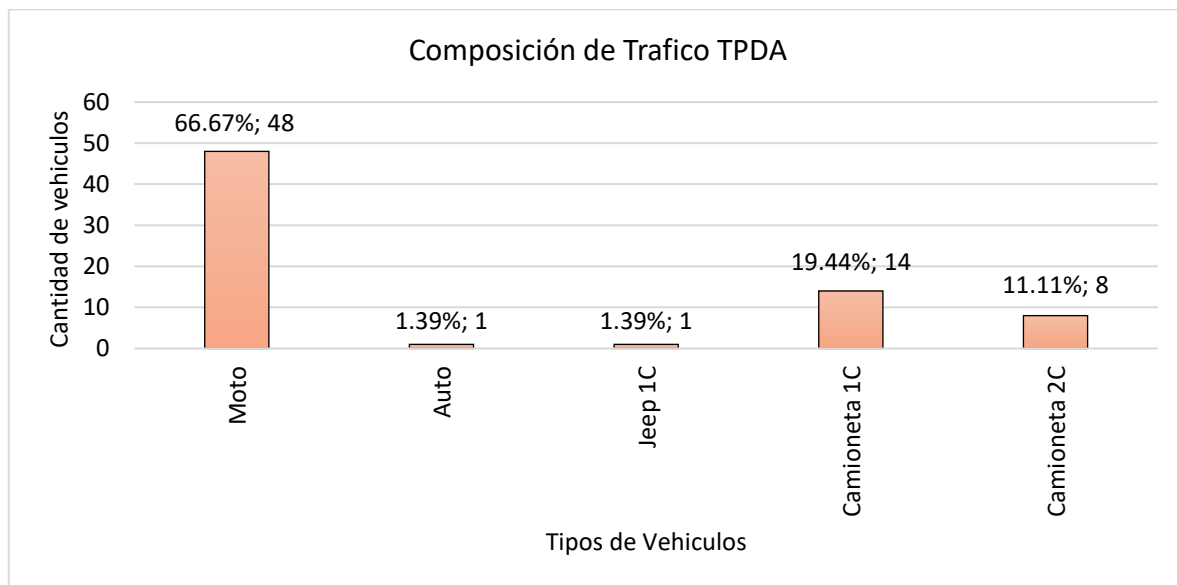
#### Porcentaje de vehículos livianos y pesados el tramo 2+000.



Fuente: Sustentante

#### Gráfica 5

#### Composición vehicular del tramo 3+240 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey.

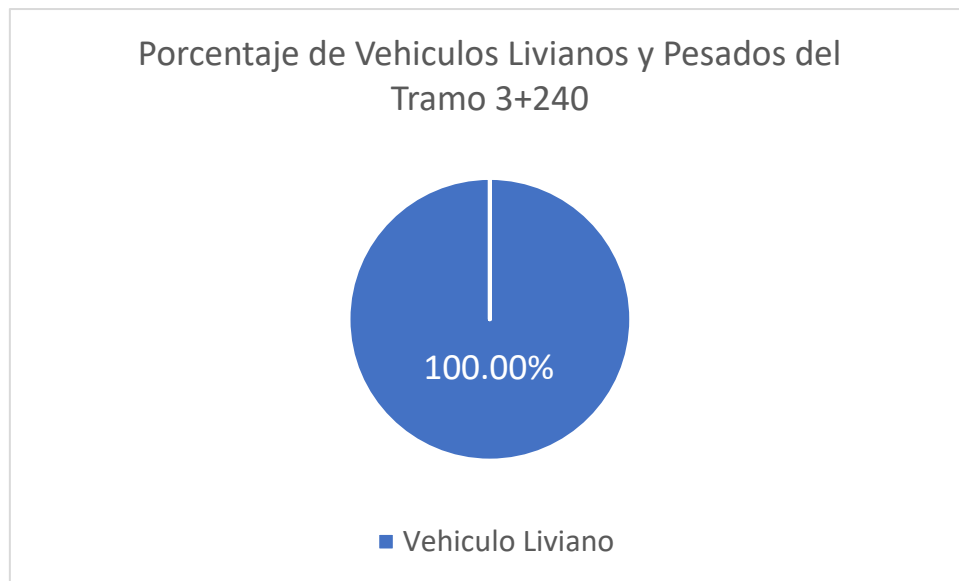


Fuente: Sustentante

En la estación 3+240 al ser una bifurcación del tramo principal de estudio posee un tránsito de menor volumen y el 100% de este tráfico está compuesto por vehículos livianos tal como representa la siguiente gráfica:

**Gráfica 6**

















**Porcentaje vehicular del tramo 3+240 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey.**



**Fuente:** Sustentante

**Tabla 14**






**Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo 2+000 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey.**

	C1	C2					C3			C4			C5		C6	C9	Total
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C	Camión Liv.	Liviano de carga	Camioneta 2C	Jeep 2C	Micro Buses	Camión Pequeño	Mini Buses	Buses	Liv Carga	Camión C2	Camión C3	T3-S3	
																	
TPDI	564	123	4	55	14	1	251	2	12	1	3	2	1	1	48	4	1086
Factor Dia	1.37	1.33	1.19	1.24	1.2	1.2	1.24	1.19	1.28	1.2	1.25	1.36	1.2	1.26	1.2	1.38	
Factor Fin de Semana	1.05	0.87	0.81	0.93	1.3	1.3	0.93	0.81	1.19	1.3	1.33	1.43	1.3	1.78	1.51	1.9	
Factor Expansión	1.02	0.99	0.95	1	0.97	0.97	1	0.95	1.02	0.97	0.89	1.01	0.97	1.01	1.01	0.97	
TPDA	828	141	4	63	21	2	289	2	19	2	4	4	2	2	88	10	1481
% de composición	55.91%	9.52%	0.27%	4.25%	1.42%	0.14%	19.51%	0.14%	1.28%	0.14%	0.27%	0.27%	0.14%	0.14%	5.94%	0.68%	100.00%

Fuente: Sustentante

**Tabla 15**

**Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo 2+000 Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey.**

	C1	C2			C3	Total
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C	Camioneta 2C	
						
TPDI	33	1	1	12	7	54
Factor Dia	1.37	1.33	1.19	1.24	1.24	
Factor Fin de Semana	1.05	0.87	0.81	0.93	0.93	
Factor Expansión	1.02	0.99	0.95	1	1	
TPDA	48	1	1	14	8	72
% de composición	66.67%	1.39%	1.39%	19.44%	11.11%	100.00%

Fuente: Sustentante

### 3.2.5 Tasa de Crecimiento

La tasa de crecimiento está basada principalmente en los conteos vehiculares además de esto influyen factores en gran manera como lo es el crecimiento poblacional de la zona de estudio (POB) y del mismo modo condiciones socioeconómicas como el producto interno bruto (PIB).

Para la realización de las proyecciones del crecimiento del tránsito se utilizaron y analizaron los datos de distintas tasas de crecimiento, empleadas en ecuaciones para el TPDA, POB y PIB.

#### 3.2.5.1. Tasa de Crecimiento vehicular

Se tomó como referencia los datos y registros históricos de los conteos vehiculares de la estación con más similitud en porcentaje de composición vehicular y más cercana geográficamente para exista similitud en las características socioeconómicas con el tramo de estudio (Quinta La Luz – La Cascadita el Tisey), la estación seleccionada es la Estación de Corta Duración 3051 Emp. Santa Cruz – San Nicolas, estos datos fueron tomados del Anuario de Aforos de Trafico MTI (2020) ubicados en (Tabla 12, pág. 41).

Vinculando los datos históricos entre las tres variables que interfieren (TPDA, POB, PIB), se tomó como referencia el año 2009 con el propósito de nivelar los datos históricos entre las variables para obtener resultados correctos y mayor precisión.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento vehicular se empleará la siguiente formula:

$$TC = \left[ \left( \frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad ec.7$$

**Donde:**

**TC** = Tasa de crecimiento.

**TPDA<sub>i</sub>** = Tráfico Promedio Diario Anual del año actual

**TPDA<sub>0</sub>** = Tráfico Promedio Diario Anual del año anterior

**n** = Diferencia de años

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los cálculos de la tasa de crecimiento vehicular entre cada uno de los años que se tienen datos históricos de TPDA

**Tabla 16**

**Tasas de crecimiento Vehicular.**

Año	TPDA	Tasa de crecimiento
2009	277	
2010	276	-0.36
2017	708	14.41
2020	861	6.74
<b>TF =</b>		<b>6.74</b>

**Fuente:** Anuario de Aforo de Tráfico MTI (2020, pág. 240)

**3.2.5.2. Tasa de crecimiento poblacional (POB)**

Para el cálculo de las tasas de crecimiento se basó en los datos históricos de los anuarios estadísticos publicados por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). Para este estudio se tomaron los datos históricos de la población desde el año 2009 hasta el año 2023.

Para calcular la tasa de crecimiento poblacional se empleó la siguiente formula en base a datos de años continuos:

$$TC = \left[ \left( \frac{POB_n}{POB_{n-1}} \right)^{1/n} \right] \quad ec. 8$$

**Donde:**

TC = Tasa de Crecimiento Poblacional

POB<sub>n</sub> = Población actual

POB<sub>n-1</sub> = Población de año anterior

n = Diferencia de años

Con las tasas de crecimiento obtenidas entre cada uno de los años desde el 2009 hasta el 2023 se calcula en base a estas la tasa de crecimiento final para lo cual se empleó la siguiente formula:

$$Tf = \left[ (TC_1 * TC_2 * \dots * TC_n)^{1/n} - 1 \right] \quad ec. 9$$

**Donde:**

TF = Tasa final de crecimiento

TC 1,2,3.... = Tasas de crecimiento de cada año

n = Cantidad de tasas crecimiento

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los cálculos de las tasas de crecimiento y la tasa de crecimiento final:

**Tabla 17**

**Tasas de crecimiento poblacional.**

Año	POB	Tasa de crecimiento
2009	5,742.3	
2010	5,815.5	1.01
2011	5,996.6	1.03
2012	6,071.0	1.01
2013	6,134.3	1.01
2014	6,198.2	1.01
2015	6,262.7	1.01
2016	6,327.9	1.01
2017	6,393.8	1.01
2018	6,460.4	1.01
2019	6,527.7	1.01
2020	6,595.7	1.01
2021	6,664.4	1.01
2022	6,733.8	1.01
2023	6,803.9	1.01
TF		1.22

**Fuente:** Anuario Estadístico INIDE (2022, pág. 34)

### 3.2.5.3. Tasa de crecimiento producto interno bruto (PIB)

Las tasas de crecimiento se calcularon utilizando los datos históricos del producto interno bruto (PIB) orientado en la producción de los anuarios de estadística microeconómicas establecidas por el banco central de Nicaragua, para el estudio se seleccionaron los datos desde el año 2009 hasta el año 2023.

Estas tasas fueron calculadas en base a la siguiente ecuación en función de datos de años continuos:

$$TC = \left[ \left( \frac{PIB_n}{PIB_{n-1}} \right)^{1/n} \right] \quad ec. 10$$

**Donde:**

TC = Tasa de crecimiento de producto interno bruto

PIB<sub>n</sub> = Producto interno bruto actual

PIB<sub>n-1</sub> = Producto interno bruto actual

n = Diferencia de años

Con los datos obtenidos de los cálculos de las tasas de crecimiento de cada año, se calcula la tasa de crecimiento final con la siguiente ecuación:

$$Tf = \left[ (TC_1 * TC_2 * \dots * TC_n)^{1/n} - 1 \right] \quad ec. 9$$

**Datos**

TF = Tasa final de crecimiento

TC 1,2,3.... = Tasas de crecimiento de cada año

n = Cantidad de tasas crecimiento

En la siguiente tabla se mostrarán los datos obtenidos de los cálculos de las tasas de crecimiento y la tasa de crecimiento final del producto interno bruto:

**Tabla 18****Tasa de crecimiento Producto Interno Bruto (PIB).**

<b>Año</b>	<b>PIB</b>	<b>Tasa de crecimiento</b>
2009	124,907.7	
2010	130,416.3	1.04
2011	138654.24	1.06
2012	147661.40	1.06
2013	154936.82	1.05
2014	162351.26	1.05
2015	170131.57	1.05
2016	177894.92	1.05
2017	186133.60	1.05
2018	179873.27	0.97
2019	174662.57	0.97
2020	171596.34	0.98
2021	189297.91	1.10
2022	196401.25	1.04
2023	205375.80	1.05
<b>TF =</b>	<b>3.62</b>	

**Fuente:** Anuario de Estadística Macroeconómicas Banco Central de Nicaragua (2022, pág. 1011)

**3.2.5.4. Cálculo de tasa de crecimiento seleccionada**

Para el cálculo de la tasa de crecimiento seleccionada, se utilizan las tres tasas de crecimiento anteriormente calculadas (TPDA, PIB, POB) de las cuales se calculará el promedio con la siguiente:

$$TC = \frac{TPDA + POB + PIB}{n} \quad ec. 11$$

**Donde:**

TPDA = Tasas de crecimiento de (TPDA)

PIB = Tasas de crecimiento de (PIB)

POB = Tasa de crecimiento de (POB)

n = Cantidad de tasas de crecimiento

Efectuando la formula se obtuvo que:

$$TC = \frac{6.74 \% + 1.22\% + 3.62\%}{3}$$

$$TC = 3.86 \%$$

En conclusión, basándonos en los factores que influyen en la tasa de crecimiento vehicular se obtuvo una tasa 3.86% la cual será efectuada a los datos obtenidos del tramo estudio.

















### **3.2.6 Proyección de Trafico**

#### **3.2.6.1. Periodo de Diseño**

De acuerdo a las características del tramo de estudio y en base al TPDA obtenido en las proyecciones realizadas por cada tipo de vehículo en la (Tabla 19, pág. 53) en el cual se determinó el TPDA final con un valor de 1502 vehículos.

**Tabla 19**

**Proyecciones de TPDA de tramo Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey.**

PROYECCIONES DE TPDA																		
1	Tipo de vehículo	Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C	Camión Liv.	Liviano de carga	Camioneta 2C	Jeep 2C	Micro Buses	Camión Pequeño	Mini Buses	Buses	Liv Carga	Camión C2	Camión C3	T3-S3	Total
																		
2	TPDA 2026	829	142	5	64	22	3	290	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1497
3	TPDA 2027	829	142	5	64	22	3	290	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1497
4	TPDA 2028	829	142	5	64	22	3	290	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1497
5	TPDA 2029	830	142	5	64	22	3	290	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1498
6	TPDA 2030	830	142	5	64	22	3	290	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1498
7	TPDA 2031	830	142	5	64	22	3	290	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1498
8	TPDA 2032	831	142	5	64	22	3	290	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1499
9	TPDA 2033	831	142	5	64	22	3	290	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1499
10	TPDA 2034	831	142	5	64	22	3	291	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1500
11	TPDA 2035	832	142	5	64	22	3	291	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1501
12	TPDA 2036	832	142	5	64	22	3	291	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1501
13	TPDA 2037	832	142	5	64	22	3	291	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1501
14	TPDA 2038	833	142	5	64	22	3	291	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1502
15	TPDA 2039	833	142	5	64	22	3	291	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1502
16	TPDA 2040	833	142	5	64	22	3	291	3	20	3	5	5	3	3	89	11	1502

**Fuente:** Sustentante

Con el resultado obtenido se establece que es una carretera Colectora Menor Rural debido a que el rango del TPDA es de 500 – 3000 está pertenece a la función Colector Menor como se observa en (Tabla 20, pág. 54)

**Tabla 20**

**Clasificación funcional de las carreteras.**

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CLASE DE CARRETERA</b>	<b>NOMENCLATURA</b>	<b>TPDA (AÑO FINAL DE DISEÑO)</b>	<b>Número de carriles</b>
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6.00
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20000	4.00
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20000	4.00
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20000	4.00
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20000	4.00
<b>COLECTOR MENOR</b>	<b>COLECTOR MENOR RURAL</b>	<b>CR</b>	<b>500 - 3000</b>	<b>2</b>
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500 - 3000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100 - 500	2
	LOCAL URBANO	LU	100 - 500	2
	RURAL	R	<100	1

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA (2011, pág. 33)

### 3.3. Diseño geométrico

#### 3.3.1 Generalidades

En el presente capítulo tratará sobre el diseño geométrico del tramo de carretera Finca La Luz – La Cascadita el Tisey de 2.24 km del municipio de Estelí, el cual se realizó en base al Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras (SIECA 2011).

#### 3.3.2 Clasificación de la carretera

Según los resultados obtenidos en el estudio de tránsito, se calculó un valor de TPDA de 1481 véase en la (Tabla 14, pág. 46) el cual se encuentra en el rango de valores de carretera colector menor rural como se aprecia en la (Tabla 20, pág. 54)

#### 3.3.3 Vehículo de diseño

En dependencia a los vehículos que transitaron en el tramo de estudio y al ser una carretera colectora menor rural se tomó como vehículo de diseño el vehículo de mayor capacidad que haya transitado en el tramo, el cual corresponde a un camión de carga de tres ejes C3 o también llamado SU.

Para el diseño de los diferentes componentes y parámetros del diseño geométrico será calculado utilizando como referencia el camión SU como vehículo de diseño, el cual posee las dimensiones típicas estipuladas en la siguiente tabla:

**Tabla 21**

**Tipo de vehículo SIECA (2011).**

Vehículo de diseño	Símbolo	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo Delantero	Voladizo Trasero	WB1	WB2
Vehículo liviano	P	1.30	2.10	5.80	0.90	1.50	3.40	
Camión	SU	4.10	2.40	9.20	1.20	1.80	6.10	
Bus	BUS-14	3.70	2.60	12.20	1.80	2.60	7.30	
Bus Articulado	A-BUS	3.40	2.60	18.30	3.10	6.70	5.90	
Cabezal con Semirremolque	WB-15	4.10	2.60	16.80	0.60	4.50	10.80	
Cabezal con Semirremolque	WB-19	4.10	2.60	20.90	0.90	0.60	4.50	10.80
Cabezal con Semirremolque	WB-20	4.10	2.60	22.40	1.20	1.40-0.80	6.6	13.20-13.80

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA (2011, pág. 38)

Figura 15

Dimensiones de vehículo de diseño (SU) y trayectoria de giro.

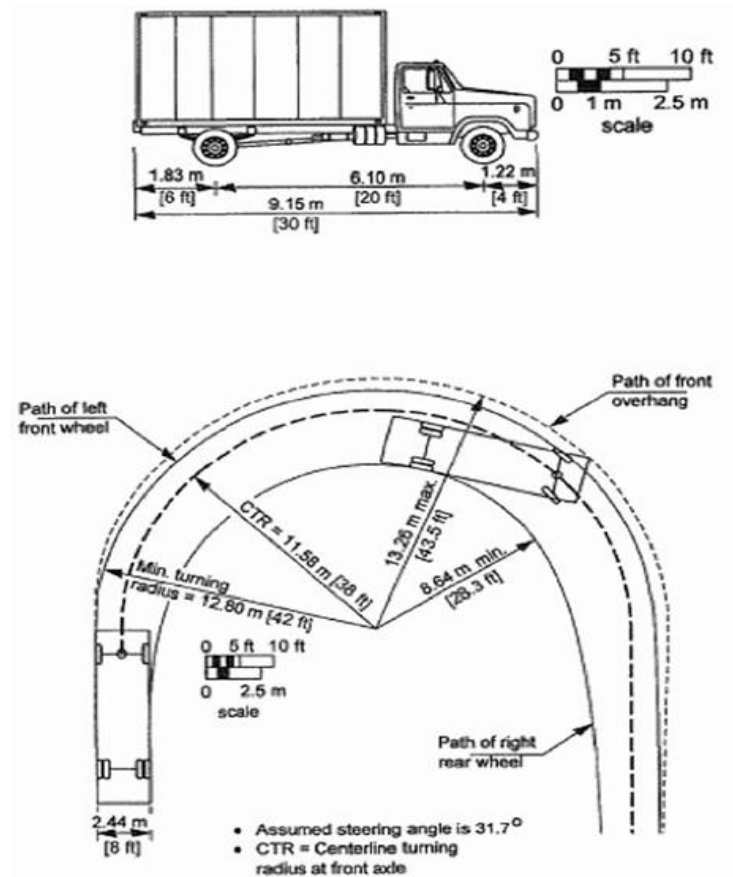


Figura A1.4. Mínima Trayectoria de Giro para Vehículo de Diseño SU

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA (2011, pág. 398)

### 3.3.4 Velocidad de Diseño

Para determinar la velocidad de diseño se relacionó la clasificación de la carretera y el tipo de terreno, al ser una carretera colectora menor rural como se determina en la (Tabla 20 pág. 54) y el tipo de terreno ondulado como se muestra en la (Tabla 5, pág. 30) debido a lo que plantea la Manual Centroamericano Para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA (2011, pág. 56) la velocidad de diseño debe ser entre 30 KPH a 80 KPH para lo cual se seleccionó que el valor de la velocidad de diseño es de 40 KPH.

**Tabla 22**

**Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales.**

No	Descripción	Autopistas Regionales	Troncales		Colectoras	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
1	TPDA	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	10,000-3,000	3,000-500
2	VHD	>2,000	2,000-1.000	1.500-450	300-50	450-75
3	FPH	0.92	0.92	0.95 – 0.91	0.92	0.85
4	Vehículo de diseño	WB – 20	WB – 20	WB – 20	WB – 15	WB – 15
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M
6	Velocidad de Diseño (Kph)	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50
7	No de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2
8	Ancho de Carriles	3.6	3.6	3.3 – 3.6	3.3 – 3.6	3.3
9	Ancho de Hombros/espaldones (m)	Int 1 – 1-5 Ext. 1.8-2.5	Int 1 – 1-5 Ext. 1.8-2.5	Int. 0.5-1.0 Ext. 1.2-1.8	Ext. 1.2– 1.5	Ext. 1.2– 1.5
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	pav	pav	pav	pav	pav
11	Dist. De Visibilidad de Parada (m)	110- 245	110-170	85- 140	65- 110	65- 110
12	Dist. De Visibilidad adelantamiento (m)	480- 670	480 - 600	410-540	350 - 480	350 - 480
13	Radio min. Curva, Peralte 6%	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195
14	Máximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53' - 3°25'	8°29' - 4°35'	12°44' -5°53'	12°44' -5°53'
15	Pendiente Longitudinal Max, Porcentaje	6	8	8	10	10
16	Sobreelevación, Porcentaje	10	10	10	10	10
17	Pendiente Transversal de Calzada %	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3
18	Pendiente de Hombros %	2-5	2-5	2-5	2-5	2-5
19	Anchos de Puentes entre bordillos (m)	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS 20-44+25%	HS 20-44+25%	HS20-44	HS20-44
21	Ancho de Derecho de Vía (m)	80-90	40-50	40-50	30-30	20-30
22	Ancho de Mediana (m)	4-12	4-10	2-6	-	-
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA (2004, pág. 13)

### 3.3.5 Número de Carriles

Según la normativa SIECA 2011 el número de carriles se determina en base a la clasificación de la carretera, al ser una carretera colectora menor rural se establece una cantidad de dos carriles para un tráfico de diseño de 500-3000 vehículos por día como muestra la siguiente tabla:

**Tabla 23**

#### Número de carriles en función a la clasificación funcional de la carretera

Función	CLASE DE CARRETERA	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	6 – 8
	ARTERIAL RURAL	4 – 6
	ARTERIAL URBANA	4 – 6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	4 – 6
	COLECTOR MENOR RURAL	4 – 6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	2
	COLECTOR MENOR URBANA	2
LOCAL	LOCAL RURAL	2
	LOCAL URBANO	2
	RURAL	1 – 2

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 33)

### 3.3.6 Ancho de Carril de Rodamiento

En base al manual de la SIECA 2011 las dimensiones generales de carriles son de 2.75 m a 3.60 m, para este diseño geométrico se seleccionó un valor de ancho de carril de 3.30 m el cual es considerado recomendable, además que en la (Tabla 22, pág. 57) plantea este valor adecuado para una carretera colectora menor rural.

### 3.3.7 Ancho de Hombros

Las dimensiones recomendadas para el ancho de hombros plateadas por la SIECA son de 1.2 m – 1.6 m como se aprecia en la (Tabla 24, pág. 59) para lo cual el valor seleccionado de ancho mínimo de hombros es de 1.2 m.

**Tabla 24****Anchos mínimos de hombros y aceras.**

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

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 142)

**3.3.8 Ancho de Corona**

El ancho de corona está compuesto por el ancho de rodamiento y el ancho de los hombros los cuales fueron seleccionados anteriormente, donde el ancho de rodamiento es de 6.6 m con dos carriles de 3.3m y el ancho de hombros de 2.4 m en los dos hombros de 1.2 m, dando como resultado un ancho de corona de 9 m.

**3.3.9 Distancia de Visibilidad de Parada**

Esta es la distancia que le toma al conductor detener el vehículo, cuando acontece una situación de riesgo delante de su trayectoria. Esta se establece en base a la velocidad, tiempo de percepción y reacción del conductor, tomando como referencia la (Tabla 25, pág. 60) se seleccionó un valor de 50 m de diseño con respecto a una velocidad de 40 Km/h.

**Tabla 25****Distancia de Visibilidad de Parada en función de la velocidad.**

VD (km/h)	Distancia Calculada Horizontal (m)	Distancia Redondeada Horizontal (m)
20	18.5	20
30	31.2	35
40	46.2	50
50	63.4	65
60	83.0	85
70	104.9	105
80	129.0	130
90	155.5	160
100	184.2	185

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 77)

### 3.3.10 Coeficiente de fricción máxima

En relación a la velocidad de diseño seleccionada de 40 Km/h se toma el valor del coeficiente de fricción de la (Tabla 26, pág. 60) establecida en el manual se la SIECA, siendo este valor de 0.23.

**Tabla 26****Coeficientes de Fricción en función a la velocidad.**

Velocidad de Diseño (KPH)	Factor de Fricción máxima
20	0.35
30	0.28
40	0.23
50	0.19
60	0.17
70	0.15
80	0.14
90	0.13
100	0.12

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 89)

### 3.3.11 Alineamiento Horizontal

Para diseñar el alineamiento horizontal se debe tener en cuenta diferentes aspectos tales como: radio mínimo, peralte y pendientes transversales entre otros parámetros presentes en esta sección.

#### 3.3.11.1. Sobreelevación o Peralte máxima

Las tasas máximas de peralte según la SIECA están dadas por condiciones de terreno, zona y flujo vehicular. Al ser una carretera colectora rural y poseer un tipo de terreno ondulado se selecciona el valor de 8% como se plantea en la (Tabla 27, pág. 61).

**Tabla 27**

#### Tasas máximas de peralte.

Tipo de Área	Tasa de Sobreelevación (%)
Área Rural Montañosa	10
Valor máximo razonable (Área Rurales planas y onduladas)	8
Área Suburbana	6
Área Urbana	4

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 83)

#### 3.3.11.2. Radio Mínimo

Para determinar el valor del radio mínimo, se utilizan los parámetros anteriormente obtenidos como lo son: velocidad de diseño dada, porcentaje de sobrelevación o peralte y el valor de la máxima fricción lateral tomada para el diseño los cuales interviene en la siguiente formula:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + f_{max})} \quad ec. 12$$

Ec. Tomada de Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 87)

**En donde:**

Rmin = Radio mínimo

V = Velocidad de diseño

Emáx = Tasa de Sobreelevación o peralte (Tabla 27, pág. 61)

Fmáx = Tasa de Fricción Lateral (Tabla 26, pág. 60)

$$Rmin = \frac{40 \text{ km/h}^2}{127(0.08 + 0.23)}$$

$$Rmin = 40.640 \text{ m}$$

Como resultado de la operación de la formula se obtuvo un valor de radio mínimo de 113.385 m en base a los parámetros de diseño del mismo modo se comparó el resultado con la siguiente tabla de radios mínimos establecida por la SIECA 2011:

**Tabla 28**

Radios mínimos en función de la velocidad de diseño con un peralte de 8%

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción máxima	Peralte o Emáx 8%		
		Radio (m)		Grado de curvatura
		Calculado	Recomendado	
20	0.35	7.3	7	163° 42'
30	0.28	19.7	20	57° 18'
40	0.23	40.6	41	27° 57'
50	0.19	72.9	73	15° 42'
60	0.17	113.4	113	10° 08'
70	0.15	167.8	168	06° 49'
80	0.14	229.1	229	05° 00'
90	0.13	303.7	304	03° 46'
100	0.12	393.7	394	01° 43'

**Fuente:** Tomada de Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 89)

### 3.3.12 Grado de Curvatura

En el cálculo del grado de curvatura interviene el valor del radio mínimo, expresado en la siguiente formula:

$$GC = \frac{1145.92}{R} \quad Ec. 13$$

Ec. Tomada de Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 88)

**Donde:**

Gc = Grado de curvatura.

R = Radio mínimo.

$$GC = \frac{1145.92}{41}$$

$$GC = 27^{\circ} 56' 57.37''$$

Habiendo obtenido el valor de grado de curvatura se comparó con los valores establecidos por la SIECA 2011 en la (Tabla 28, pág. 62) donde se selecciona el valor recomendado de 27° 57'.

### 3.3.13 Pendiente Transversal

La pendiente transversal depende del tipo de superficie, al ser una superficie de tipo bajo se selecciona un valor entre 2.0 y 6.0 % como se establece en la (Tabla 29, pág. 63) debido a que el sitio posee climas templados se elige un valor de 3.0% ya que este permite que las aguas no produzcan efectos de erosión en los suelos naturales.

**Tabla 29**

**Pendiente Transversal dependiendo del tipo superficie.**

Tipo de Superficie	Rango de Pendiente Transversal
Alto	1.5 – 2.0
Bajo	2.0 – 6.0

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 142)

### 3.3.14 Pendiente Relativa

Tomando como referencia la SIECA (2011) establece que la pendiente relativa está relacionada con la velocidad de diseño, para una velocidad de diseño de 40 km/h le corresponde una pendiente relativa de 0.70 lo cual equivale a 1:143 como se aprecia en la (Tabla 31, pág. 65)

**Tabla 30**

**Máximas pendientes relativas.**

Velocidad de diseño KPH	Máxima Pendiente Relativa	Talud Máximo Relativo Equivalente
20	0.80	1:125
30	0.75	1:133
40	0.70	1:143
50	0.65	1:154
60	0.60	1:167
70	0.55	1:182
80	0.47	1:200
90	0.44	1:213
100	0.41	1:227

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 94)

### 3.3.15 Cálculo de sobreechancho

Para el cálculo de los sobre anchos en las curvas horizontales se utiliza la normativa SIECA 2011, debido a que los conductores tienen dificultades en mantener los vehículos dentro del carril correspondiente, ya que estos abarcan en espacio mayor al carril cuando atraviesan una curva. Este se obtiene empleando la siguiente fórmula:

$$Sa = n \left[ R - \left( \sqrt{R^2 - L^2} \right) \right] + \frac{0.10V}{\sqrt{R}} \quad Ec. 14$$

**Donde:**

**Sa** = Valor de Sobreechancho

**V** = Velocidad de diseño

**R** = Radio de Curvatura

L = Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño

n = Número de carriles

### Resultados de Sobreancho

#### Datos de curva 1

n = 2

V = 40 km/h

R = 220

L = 6.10

$$Sa = 2 \left[ 220 - \left( \sqrt{220^2 - 6.10^2} \right) \right] + \frac{0.10(40)}{\sqrt{220}}$$

$$Sa = 0.4388$$

En la tabla siguiente se mostrarán los sobreanchos calculados de cada una de las 12 curvas determinadas en el alineamiento horizontal:

Tabla 31

#### Resultado de Sobreanchos.

N° de curva	PC	PI	PT	R	Sa	Sa a utilizar
C1	2+037.495	2+065.203	2+092.621	220	0.4388	0.45
C2	2+203.826	2+232.191	2+260.381	300	0.3550	0.35
C3	2+857.855	2+884.642	2+911.166	220	0.4388	0.45
C4	2+926.696	2+950.621	2+974.356	220	0.4388	0.45
C5	3+066.901	3+102.480	3+137.154	180	0.5049	0.50
C6	3+162.189	3+189.730	3+217.137	220	0.4388	0.45
C7	3+367.648	3+416.901	3+465.001	260	0.3912	0.40
C8	3+519.801	3+559.836	3+595.963	100	0.7724	0.80
C9	3+630.140	3+664.244	3+696.596	120	0.6754	0.70
C10	3+834.396	3+841.636	3+848.850	100	0.7724	0.80
C11	3+912.299	3+993.053	4+064.116	180	0.5049	0.50
C12	4+175.894	4+212.325	4+245.766	100	0.7724	0.80

Fuente: Sustentante

### 3.3.16 Curvas Horizontales Simples

Para el cálculo de los elementos se utilizaron las siguientes ecuaciones tomando como ejemplo la curva 1:

➤ **Longitud de curva (Lc):**

$$Lc = \frac{\Delta R \pi}{180} \quad Ec. 15$$

Ec. Tomada de (Cárdenas Grisales, 2013)

**Donde:**

**Lc** = Longitud de curva

**Δ** = Grado de curvatura

**R** = Radio de curva

$$Lc = \frac{(14.3569)(220)(\pi)}{180}$$

$$Lc = 55.1265$$

• **Tangente (T)**

$$T = R * \tan \frac{\Delta}{2} \quad Ec. 16$$

Ec. Tomada de (Cárdenas Grisales, 2013)

**Donde:**

**T** = Tangente

**R** = Radio de curvatura

**Δ** = Grado de curvatura

$$T = (220) \left( \tan \frac{14.3569}{2} \right)$$

$$T = 27.7084 \text{ m}$$

➤ **Externa (E):**

$$E = R * \left( \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) \quad Ec. 17$$

Ec. Tomada de (Cárdenas Grisales, 2013)

**Donde:**

**E** = Externa

**R** = Radio de curvatura

**Δ** = Grado de curvatura

$$E = 220 * \left( \frac{1}{\cos \frac{14.3569}{2}} - 1 \right) \quad Ec. 18$$

$$E = 1.7380 \text{ m}$$

• **Media Ordenada (Mo):**

$$M = R * \left( 1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad Ec. 19$$

Ec. Tomada de (Cárdenas Grisales, 2013)

**Donde:**

**M** = Media Ordenada

**R** = Radio de curvatura

**Δ** = Grado de curvatura

$$M = 220 * \left( 1 - \cos \frac{14.3569}{2} \right)$$

$$M = 1.7244 \text{ m}$$

### 3.3.17 Estacionamientos de curvas

- **Principio de curva (PC):**

$$PC = EST PI - T \quad Ec. 20$$

Ec. Tomada de (Cárdenas Grisales, 2013)

**Donde:**

**PC** = Principio de curva

**EST PI** = Estación de punto de intersección

**T** = Tangente

$$PC = (2 + 065.203) - 27.7084$$

$$PC = 2 + 037.4946$$

- **Principio de Tangente (PT):**

$$PT = EST PC + LC \quad Ec. 21$$

Ec. Tomada de (Cárdenas Grisales, 2013)

**Donde:**

**EST PC** = Estación de principio de curva

**LC** = Longitud de curva

$$PT = (2 + 037.4946) + 55.1265$$

$$PT = 2 + 092.621$$

Los resultados de los elementos de las demás curvas horizontales simples están representados en la (Tabla 32, pág.69) donde representa cada uno de los elementos y las estaciones de estas.

**Tabla 32****Elementos de curvas horizontales simples.**

N° de curva	Sentido	PC	PI	PT	LC	$\Delta$	R	Gc	T	E	M
C1	Izq.	2+037.495	2+065.203	2+092.621	55.1265	14.3569	220	5.2086	27.7084	1.7380	1.7244
C2	Izq.	2+203.826	2+232.191	2+260.381	56.5607	10.8023	300	3.8197	28.3644	1.3379	1.3320
C3	Izq.	2+857.855	2+884.642	2+911.166	53.3115	13.8842	220	5.2086	26.7870	1.6248	1.6129
C4	Der.	2+926.696	2+950.621	2+974.356	47.6629	12.4131	220	5.2086	23.9251	1.2971	1.2895
C5	Izq.	3+066.901	3+102.480	3+137.154	70.2532	22.3623	180	6.3661	35.5794	3.4827	3.4166
C6	Der.	3+162.189	3+189.730	3+217.137	55.1031	14.3508	220	5.2086	27.6965	1.7365	1.7229
C7	Izq.	3+367.648	3+416.901	3+465.001	97.3529	21.4535	260	4.4103	49.2532	4.6240	4.5432
C8	Izq.	3+519.801	3+559.836	3+595.963	76.1616	43.6374	100	11.4092	40.0350	7.7163	7.1635
C9	Izq.	3+630.140	3+664.244	3+696.596	66.4566	31.7307	120	9.5492	34.1045	4.7522	4.5712
C10	Izq.	3+834.396	3+841.636	3+848.850	14.4545	8.2818	100	11.4092	7.398	0.2617	0.2611
C11	Der.	3+912.299	3+993.053	4+064.116	151.8168	48.3248	180	6.3661	80.7533	17.2843	15.770
C12	Izq.	4+175.894	4+212.325	4+245.766	69.8723	40.0339	100	11.4092	36.4305	6.4292	6.0409

**Fuente:** Sustentante

Además de las curvas horizontales simples se trazaron un total de 13 rectas a lo largo de la estación 2+000 hasta la estación 2+240 estas están representadas en la (Tabla 33, pág. 70)

**Tabla 33**

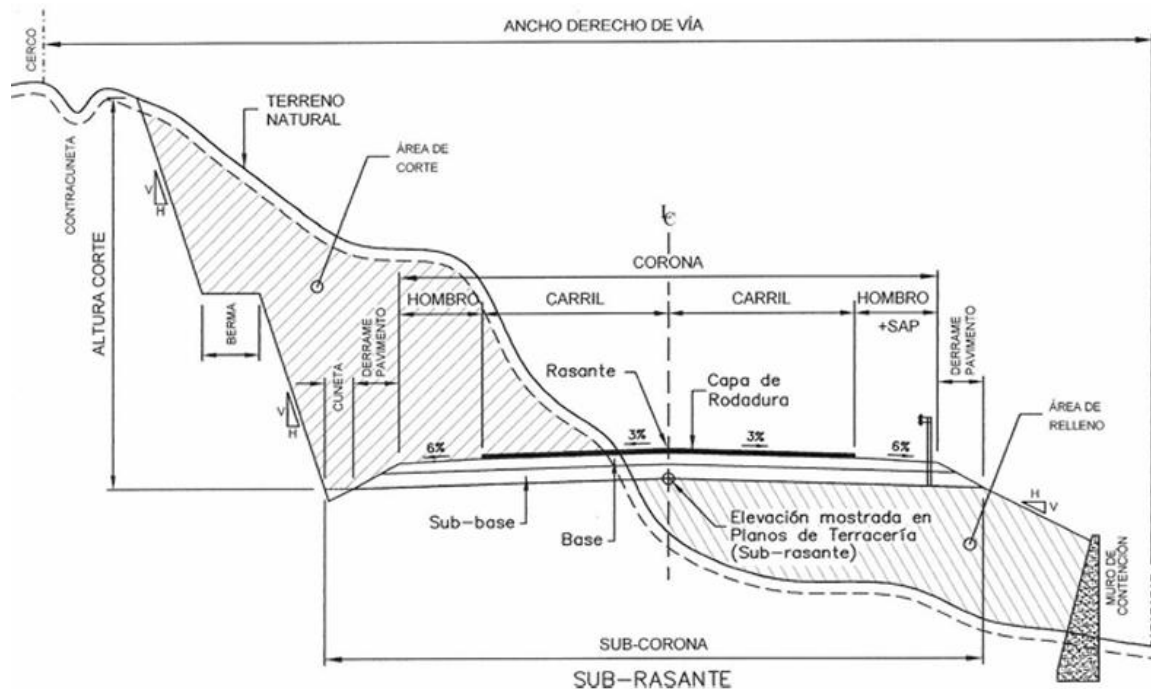
**Elementos de rectas o tangentes.**

Numero de recta	Longitud (m)	Dirección	Punto de inicio	Punto Final
L1	37.49	S80° 55' 18.80" W	E= 569711.51 N= 1437780.23	E= 569674.49 N= 1437774.31
L2	111.20	S66° 33' 53.43" W	E= 569621.71 N= 1437758.92	E= 569519.67 N= 1437714.69
L3	597.47	S55° 45' 45.08" W	E= 569470.20 N= 1437687.45	E= 568976.27 N= 1437351.30
L4	15.53	S41° 52' 41.89" W	E= 568936.24 N= 1437316.29	E= 568925.87 N= 1437304.72
L5	92.54	S54° 17' 29.16" W	E= 568890.47 N= 1437272.95	E= 568815.33 N= 1437218.93
L6	24.88	S31° 55'44 .94" W	E= 568767.62 N= 1437167.97	E= 568754.46 N= 1437146.85
L7	150.51	S46° 16' 47.83" W	E= 568719.80 N= 1437104.21	E= 568611.02 N= 1437000.18
L8	54.80	S24 °49' 35.36" W	E= 568554.74 N= 1436921.44	E= 568531.74 N= 1436871.70
L9	34.18	S18° 48' 39.44" E	E= 568527.84 N= 1436797.47	E= 568538.86 N= 1436765.12
L10	137.80	S50° 32' 29.83" E	E= 568576.18 N= 1436711.16	E= 568682 58 N= 1436623.59
L11	63.45	S58° 49' 24.19" E	E= 568694.36 N= 1436615.24	E= 568748.65 N= 1436582.39
L12	111.78	S10° 29' 54.96" E	E= 568832.45 N= 1436461 19	E= 568852.82 N= 1436351.28
L13	41.79	S50° 31' 57.03" E	E= 568887.58 N= 1436292.31	E= 568919.84 N= 1436265.74

**Fuente:** Sustentante

**Figura 16**

**Sección transversal típica en tangente.**



**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 138)

**3.3.18 Resultados de alineamiento vertical**

El trazado y realización del alineamiento vertical está en dependencia a la topografía del terreno de donde este situado el tramo de estudio. Este este compuesto por diversos componentes tales como: líneas rectas y curvas todo esto en el eje vertical. Existen diversos factores que influyen el diseño de este como al pendiente, visibilidad y accidentalidad, composición de tránsito, relación entre distancia y pendiente.

**3.3.18.1. Pendiente mínima**

La pendiente mínima en las diferentes secciones está dada por parámetros hidráulicos adoptando así una pendiente de (0.5%) el cual no se podrán tener pendientes menores a esta.

### 3.3.18.2. Pendiente máxima

En base a la SIECA 2011 la pendiente máxima para un alineamiento vertical está en dependencia de la clasificación de la carretera, tipo de terreno y la velocidad de diseño seleccionada para el tramo de estudio, debido a que es una colectora menor rural, tipo de terreno ondulado y con una velocidad de diseño de 40km/h se seleccionó el valor de 10% como pendiente máxima el cual está contemplado en la (Tabla 34, pág. 72).

**Tabla 34**

#### **Pendiente máxima para una velocidad de diseño especificada**

Tipo de Terreno	Máxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificada, KPH							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	7	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	10	10	9	8	8	7	7	6
Montañoso	12	11	10	10	10	9	9	8

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 119)

### 3.3.18.3. Curvas verticales en columpio

Las curvas en columpio se caracterizan por su geometría cóncava las cuales se encuentran sobre el punto intermedio de la pendiente de salida y entrada, se les da este nombre debido a que su forma se asimilan a un columpio.

### 3.3.18.4. Curvas verticales en cresta

En cambio, las curvas verticales en cresta su punto de intersección entre la pendiente de salida y entrada está por debajo de estas, la cual genera una cresta en una de las pendientes en la parte superior.

### 3.3.18.5. Resultados de alineamiento vertical

Para el cálculo de las pendientes de las intersecciones y determinar si estas requieren el diseño de curvas la diferencia de pendientes debe ser mayor a 0.5 como se especifica en la siguiente ecuación:

$$A = |P2 - P1| \geq 0.5 \quad Ec. 22$$

**Donde:**

**$\Delta$**  = Gradiente de curva

**P1** = Pendiente de entrada

**P2** = Pendiente de salida

**Datos:**

**EST PVI** = 2+450.00 m

**ELEV PVI** = 1269.595 m

**P1** = 5.02%

**P2** = 4.06%

$$\Delta = |4.06 - 5.02|$$

$$\Delta = 0.96 \%$$

Debido a que en el tramo de estudio se diseñaran curvas verticales es necesario determinar la distancia de visibilidad de parada y valores de tasa de curva vertical (K) la cual está establecida en relación a la velocidad de diseño. Los valores seleccionados fueron una distancia de visibilidad de parada de 50 m y un valor mínimo de K de 4 como se muestra en la (Tabla 35, pág. 74).

**Tabla 35**

**Valores de visibilidad de parada y tasa de curvatura vertical**

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de parada (m)	Tasa de Curvatura Vertical K	
		Calculada	Para Diseño
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11.0	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52.0	52

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 125)

Para determinar los elementos de las curvas verticales se aplicaron las siguientes ecuaciones:

- **Longitud de curva mínima:**

$$LC_{min} = (K_{min}) * (A) \quad Ec. 23$$

Ec. Tomada de la SIECA (2011)

**Donde:**

**K<sub>min</sub>** = Valor mínimo de tasa de curvatura vertical.

**A** = Gradiente o diferencia de pendientes.

$$LC_{min} = (4) * (0.96)$$

$$LC_{min} = 3.84 \text{ m}$$

- **Longitud de curva:**

$$LC = K * (A) \quad \text{Ec. 24}$$

Ec. Tomada de la SIECA (2011)

**Donde:**

**K** = Valor de tasa de curvatura vertical.

**A** = Gradiente o diferencia de pendientes.

$$LC = 62.373 * (0.96)$$

$$LC = 59.8781 \text{ m}$$

- **Longitud vertical:**

$$Lv = \frac{A (dvp)^2}{404}$$

**Donde:**

**A** = Gradiente o diferencia de pendientes.

**dvp** = Distancia de velocidad de parada.

$$Lv = \frac{0.96 * (50)^2}{404}$$

$$Lv = 5.9406 \text{ m}$$

En el tramo de estudio se determinaron 7 curvas verticales están compuestas por 3 crestas y 4 columpios los elementos geométricos de todas las curvas están contemplados en la (Tabla 36, pág. 76)

**Tabla 36**

**Elementos de curvas verticales.**

<b>N° de curva</b>	<b>EST PVI (m)</b>	<b>ELEV PVI (m)</b>	<b>P1 (%)</b>	<b>P2 (%)</b>	<b>A (%)</b>	<b>Tipo de Curva</b>	<b>LC (m)</b>	<b>K</b>	<b>Radio de curva (m)</b>	<b>Velocidad de diseño</b>
1	2+000.00	1247.000		5.02						
2	2+450.00	1269.595	5.02	4.06	0.96	Cresta	59.8781	62.373	6237.316	40 km/h
3	3+000.00	1291.920	4.06	7.03	2.97	Columpio	40.0386	13.481	1348.059	40 km/h
4	3+270.00	1310.891	7.03	8.00	0.98	Columpio	20.1027	20.513	2051.281	40 km/h
5	3+450.00	1325.294	8.00	9.09	1.08	Columpio	19.9120	18.437	1843.716	40 km/h
6	3+670.00	1345.283	9.09	7.02	2.06	Cresta	59.9378	29.096	2909.564	40 km/h
7	3+930.00	1363.546	7.02	9.09	2.06	Columpio	19.9573	9.688	968.776	40 km/h
8	4+110.00	1379.905	9.09	6.89	2.20	Cresta	60.1128	27.324	2732.448	40 km/h
9	4+287	1392.143	6.89							

**Fuente:** Sustentantes.

### 3.3.19 Diseño Geométrico en Civil 3D

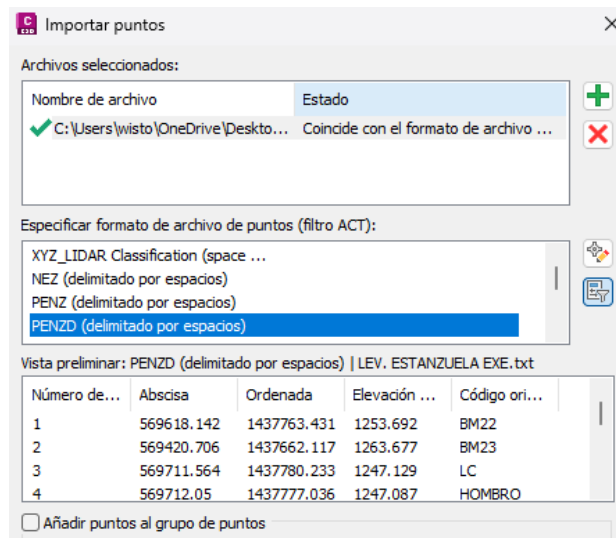
El diseño geométrico fue realizado en el software Civil 3D el cual requiere diferentes parámetros y datos de diseño los cuales fueron calculados en las características del terreno obtenidos en el levantamiento topográfico además de esto utiliza los datos de diseño del estudio de tránsito que fueron previamente calculados

#### 3.3.19.1. Importación de puntos topográficos

Con el levantamiento topográfico que fue realizado por EMCOSE se obtuvieron los puntos topográficos del sitio los cuales están en archivo “txt” y en formato PNEZ, los cuales fueron exportados al software Civil 3D.

Figura 17

#### Importación de puntos topográficos.



**Fuente:** Sustentante.

Los cuales se le asignaron etiquetas en dependencia de lo que indicaba en punto, estos fueron configurados para que mostrasen la descripción del punto y la elevación.



**Figura 19**

**Curvas de nivel de superficie.**



**Fuente:** Sustentante

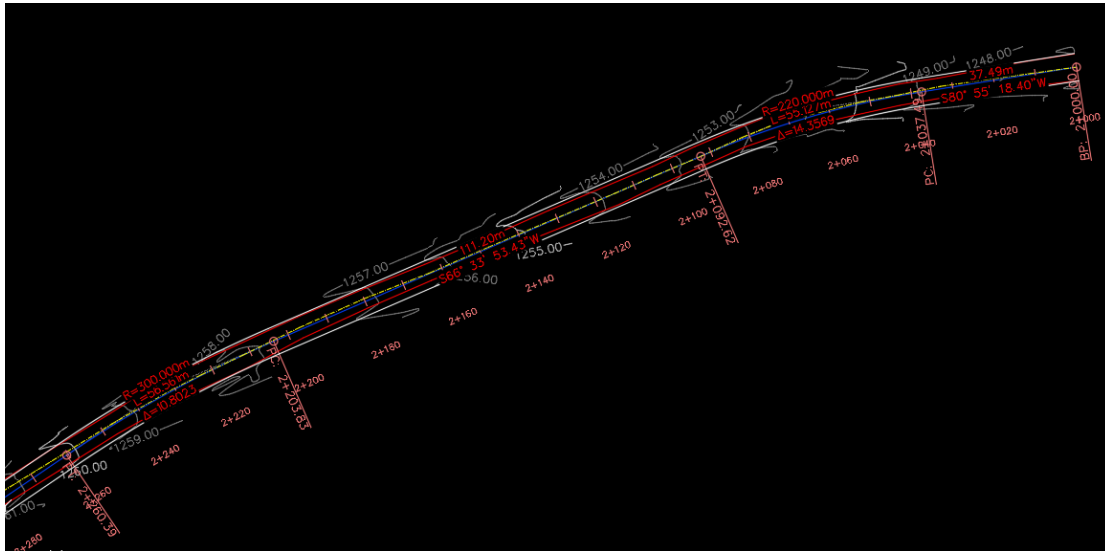
### **3.3.19.3. Alineamiento Horizontal**

Para la creación del alineamiento horizontal se utilizó la herramienta de alineamiento del programa aplicándole condiciones de diseño como la velocidad de diseño de 40 km/h, la tasa de sobreelevación de 8% y la normativa, con esto aplicado se trazaron las tangentes sobre el la línea central proporcionada por el levantamiento topográfico, donde se obtuvieron un total de 13 tangentes como se observa en la (Tabla 33, pág. 70), debido a las intersecciones entre las tangentes se generaron puntos de intersección (PI) para los cuales se crearon curvas horizontales.

En base a la normativa SIECA (2011) existe un radio mínimo de curva como se observa en la (Tabla 28, pág. 62) que es de 41 m, debido a que el radio de las curvas horizontales es extremadamente mayor al radio mínimo no fue necesario diseñar curvas con espirales, concluyendo con un diseño de 12 curvas horizontales simples donde sus propiedades están plasmadas en la (Tabla 32, pág. 69)

**Figura 20**

**Alineamiento horizontal.**



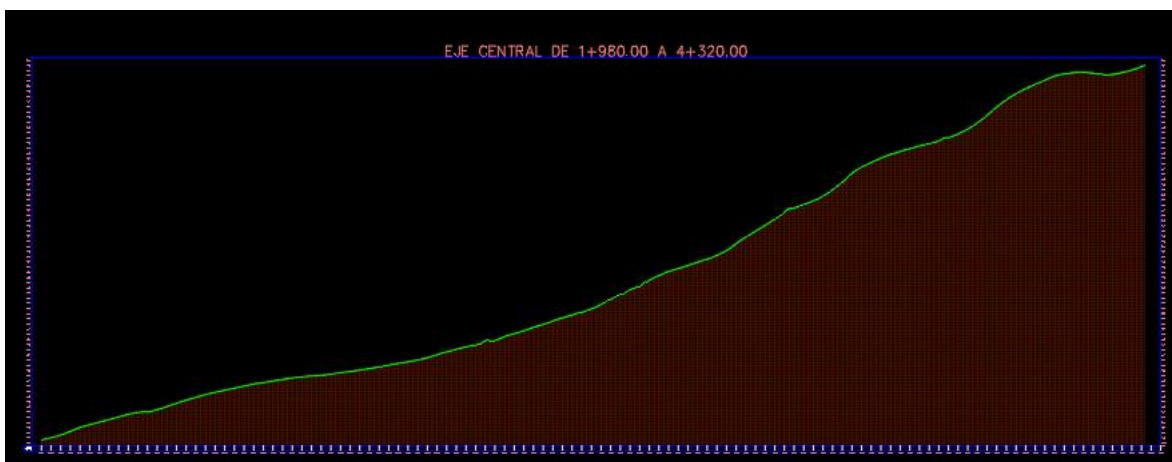
**Fuente:** Sustentantes

### 3.3.19.4. Alineamiento vertical

Con la superficie creada en base a los puntos topográficos y el alineamiento ya definido se creó el perfil longitudinal del tramo de estudio con la herramienta visualización de perfil de Civil 3D como se observa en la siguiente figura:

**Figura 21**

**Perfil longitudinal de alineamiento.**



**Fuente:** Sustentante

Con el perfil longitudinal creado se procede a crear el alineamiento vertical donde se trazaron las tangentes verticales tomando en cuenta las condiciones que estipula la normativa SIECA 2011 donde determina la pendiente máxima especificada en la (Tabla 34, pág. 72) que es de 10% además de la longitud de recta especificada en la siguiente tabla:

**Tabla 37**

**Longitud critica de pendiente.**

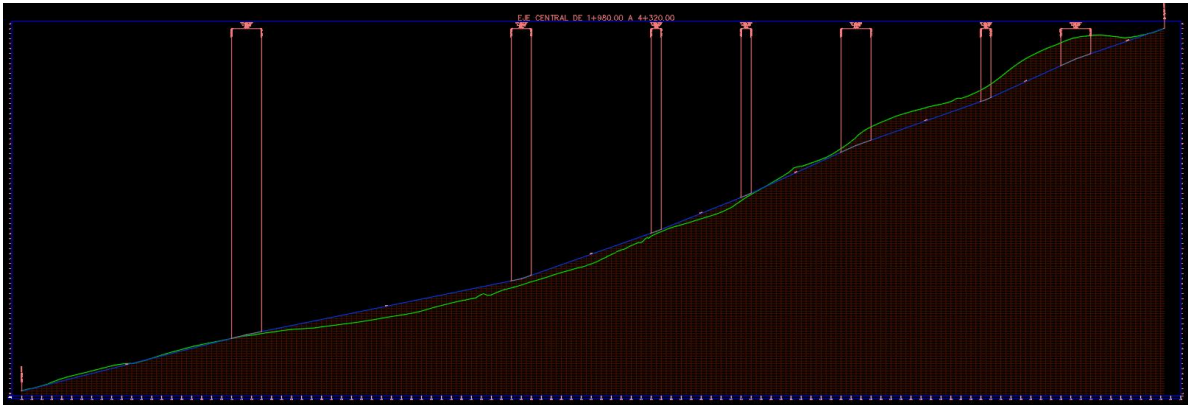
PENDIENTE (P%)	LONGITUD CRITICA (m)	
	$\Delta V < 25$ KPH	$\Delta V < 40$ KPH
3	900	--
4	600	--
5	460	740
6	360	670
7	300	475
8	260	400
9	230	350

**Fuente:** Manual Centroamericano Para el Diseño de Carreteras SIECA (2011, pág. 121)

Con las tangentes verticales diseñadas se crearon intersecciones en los diferentes cambios de pendientes, debido a esto se diseñaron 7 curvas verticales a lo largo del tramo de estudio, estas están compuestas por 4 curvas en columpio y 3 curvas en cresta, estas fueron creadas en el alineamiento vertical como se observa en la siguiente figura:

**Figura 22**

**Diseño de curvas verticales.**



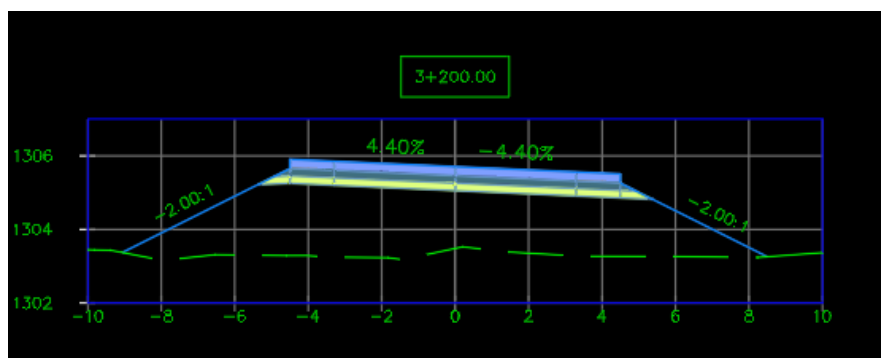
**Fuente:** Sustentante

### 3.3.19.5. Creación de secciones

Para una representación de las diferentes secciones transversales del tramo de estudio se creó un formato para ser representados a cada 20 metros, donde se represente la sección típica generada según las condiciones y la superficie del terreno como se observa en la siguiente figura:

**Figura 23**

**Secciones transversales del tramo de estudio.**



**Fuente:** Sustentante

### 3.3.19.6. Creación de Planos

Con lo antes determinado se procedió a la creación de los planos planta perfil con su plantilla previamente creada así mismo con los planos de las secciones.

### **3.4. Conclusiones**

Al principio del presente estudio se plantearon objetivos los cuales se ha concluido en lo siguiente:

- Mediante el levantamiento topográfico realizado en el tramo de estudio en conjunto con EMCOSE se determinó que el tipo de terreno es ondulado, el cual presenta segmentos planos, pero en su mayoría de segmentos son ondulados estando entre los siguientes intervalos de valores 5% y el 12%.
- En lo que con respecta al estudio de tránsito se realizó un aforo vehicular con una duración de 12 horas por dos días durante un fin de semana con lo cual se determinó el valor del TPDA el cual tiene un valor de 1481 vehículos/día de esta manera determinando el tipo de carretera el cual corresponde a una carretera colectora menor rural debido a que está dentro del rango del TPDA el cual es entre 500 – 3000 vehículos por día. Del mismo modo analizando la composición vehicular del tramo se seleccionó el vehículo de diseño el cual es el C3 o también categorizado como SU.
- Con los datos obtenidos del levantamiento topográfico y del estudio de tránsito se procedió a realizar el diseño geométrico del tramo, donde se determinó una velocidad de diseño de 40 km/h, además se realizó el alineamiento horizontal que está compuesto por 13 alineaciones rectas o tangentes y 12 curvas horizontales simples. Con esto realizado se prosiguió a realizar el alineamiento vertical donde se diseñaron un total de 7 curvas verticales donde 4 de están categorizadas como columpios y 3 como crestas.

### **3.5. Recomendaciones**

En la realización del presente trabajo monográfico se identificaron diferentes recomendaciones durante su desarrollo, con el fin de lograr un diseño que brinde las condiciones adecuadas, las cuales son las siguientes:

- El Ministerio de Transporte e infraestructura (MTI) deberá de llevar a cabo aforos vehiculares en el tramo Quinta la Luz – La Cascadita el Tisey, con el propósito de mantener un control del flujo vehicular, tal como se analizó en este estudio monográfico.
- Se recomienda el cumplimiento de los diferentes parámetros y dimensiones calculadas en las tangentes, curvas horizontales y verticales establecidas en el diseño geométrico.
- Debido a que la zona posee una topografía de terreno ondulada y climas templados se debe realizar una compactación de la alta calidad para evitar deformaciones y hundimientos en la superficie de rodamiento, asegurando una base sólida y estable para conservar la integridad y durabilidad de la estructura.
- Se recomienda realizar y diseñar adecuadamente las obras de drenaje mayor y drenaje menor para garantizar el flujo adecuando de las corrientes de aguas pluviales y así evitar alteraciones en la estructura de pavimento.
- Para garantizar la estabilización de los taludes en las zonas de corte y relleno es correspondiente realizar los estudios geotécnicos adecuados.

#### IV. Bibliografía

- Banco Central de Nicaragua. (2022). *Anuario de Estadísticas Macroeconómicas*. Managua: Banco Central de Nicaragua.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas R., J. (2018). Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones. En R. C. R., & J. C. G., *Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones* (pág. 96). Bogotá: Alfaomega Editor S.A.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Casanova Matera, L. (2002). Topografía Plana. En L. C. Matera, *Topografía Plana* (pág. 242). Merida: Universidad de los Andes, Taller de Pblicciones de Ingenieria.
- García Márquez, F. (1994). Curso Básico de Topografía. En F. G. Márquez, *Curso Básico de Topografía* (pág. 4). Mexico: Árbol Editorial, S.A. de C.V.
- INIDE. (2022). *Anuario Estadístico*. Managua: INIDE.
- Jimenez Cleves, G. (2007). Topografía para Ingenieros Civiles. En G. J. Cleves, *Topografía para Ingenieros Civiles* (págs. 16-17). Armenia: Universidad del Quindio.
- McCormac, J. (2015). Topografía. En J. McCormac, *Topografía* (pág. 4). Mexico: Limusa Wiley.
- Moreno, B. (25 de Mayo de 2016). *eadic*. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/estudio-de-transito-impactos-resultados-y-herramientas/>
- MTI. (2008). Manual para la Revisión de Estudios Topograficos. En MTI, *Manual para la Revisión de Estudios Topograficos* (pág. 38). Managua: Corea y Asociados S.A.
- MTI. (2020). *Anuario de Aforos de Tráfico*. Managua: MTI.

- MTI. (2023). *Anuario de Aforo de Tráfico* . Managua: MTI.
- Navarro Hudiel, S. J., & Acuña Mendoza, J. (Diciembre de 2021). *El Higo*. Obtenido de <https://www.camjol.info/index.php/elhigo/article/view/13033>
- Secretaria de Comunicación y Transporte . (2018). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. Mexico: Secretaría de Comunicación y Transporte .
- SIECA. (2004). *Manual Centroamericano Para el Diseño Geométrico de Carreteras* .
- SIECA. (2011). *Manual Centro Americano De Normas para el diseño Geométrico de Carreteras*.
- TELENORTE NIC. (7 de Junio de 2016). Ejecutarán proyecto de adoquinado de la carretera hacia la Estanzuela-Estelí. Youtube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=rF-zUIZHGeI&t=28s>
- TELENORTE NIC. (18 de Febrero de 2020). Avanza proyecto de adoquinado Tisey-La Estanzuela en Estelí [video]. Youtube. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=SFNstp\\_80Ao&t=79s](https://www.youtube.com/watch?v=SFNstp_80Ao&t=79s)
- TELENORTE NIC. (2 de Septiembre de 2022). MTI inaugura adoquinado La Estanzuela, El Tisey en Estelí. Youtube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=F9MZN7BW8dU&t=102s>
- Torrez Nieto, A., & Villate Bonilla, E. (1968). Topografía. En A. T. Nieto, & E. V. Bonilla, *Topografía* (pág. 9). Bogota: Editorial Norma.
- Vecteezy. (12 de Febrero de 2024). *Esteli Department map, administrative division of Nicaragua [imagen]*. Obtenido de Vecteezy: <https://www.vecteezy.com/vector-art/37457597-esteli-department-map-administrative-division-of-nicaragua-vector-illustration>
- Wirshing, J., & Wirshing, R. (1987). Introducción a la Topografía. En J. R. Wirshing, & R. H. Wirshing, *Introducción a la Topografía* (pág. 239). Mexico: Impresora Roma.



# **ANEXOS**

---

## Macro Localización

Figura 24

### Localización del departamento de Estelí



**Fuente:** Representación gráfica de ubicación del departamento de Estelí. Tomado de (Vecteezy, 2024)

## Micro Localización

Figura 25









### Ubicación de tramo de carretera



**Fuente:** Representación gráfica de tramo de carretera creada utilizando Google Earth

**Figura 26**

**Imágenes de estado actual de tramo de carretera.**

<p>(Inicio de tramo)</p>  <p><b>Fuente:</b> Sustentante</p>	<p>(Baches y surcos)</p>  <p><b>Fuente:</b> Sustentante</p>
<p>(Baches y Surcos)</p>  <p><b>Fuente:</b> Sustentante</p>	<p>(Segmento de carretera)</p>  <p><b>Fuente:</b> Sustentante</p>
<p>(Baches y Surcos)</p>  <p><b>Fuente:</b> Sustentante</p>	<p>(Segmento de carretera)</p>  <p><b>Fuente:</b> Sustentante</p>
<p>(Segmento de carretera)</p>  <p><b>Fuente:</b> Sustentante</p>	<p>(Fin de tramo de carretera)</p>  <p><b>Fuente:</b> Sustentante</p>

**Figura 27**

**Aforo o conteo vehicular.**



**Fuente:** Sustentantes

**Tabla 38**


















**Formato de aforo vehicular para 12 horas diurnas.**

ESTUDIO DE TRANSITO AFORO VEHICULAR																		
Nombre del lugar:		Almaciguera					Aforadores:		Wiston Josué Espinoza Dávila				Eva Lisseth Guillen Rivera					
Tramo:		Finca la Luz - La Cascadita el Tisey					Hora de Inicio:		6:00 a. m.		Ambos Sentidos		Dia:					
Estación:		2 + 000					Hora Final:		6:00 p. m.				Fecha:					
Hora	C1	C2					C3			C4				C5		C6	C9	Total
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C	Camión Liv.	Liviano de carga	Camioneta 2C	Jeep 2C	Micro Buses	Camión Pequeño	Remolque 4 Ejes	Mini Buses	Buses	Liv Carga	Camión C2	Camión C3	T3-S3	
																		
6:00 - 7:00																		
7:00 - 8:00																		
8:00 - 9:00																		
9:00 - 10:00																		
10:00 - 11:00																		
11:00 - 12:00																		
12:00 - 13:00																		
13:00 - 14:00																		
14:00 - 15:00																		
15:00 - 16:00																		
16:00 - 17:00																		
17:00 - 18:00																		
Total																		

**Fuente:** Sustentante

**Tabla 39**


















**Resultados de aforo vehicular diurno fin de semana estación 2 + 000 (sábado 19/07/2025).**

ESTUDIO DE TRANSITO AFORO VEHICULAR																		
Nombre del lugar:		Almaciguera					Aforadores:		Wiston Josué Espinoza Dávila				Eva Lisseth Guillen Rivera					
Tramo:		Finca la Luz - La Cascadita el Tisey					Hora de Inicio:		6:00 a. m.		Ambos Sentidos		Dia:	Sábado				
Estación:		2 + 000					Hora Final:		6:00 p. m.		Fecha:	19/7/2025						
Hora	C1	C2					C3			C4				C5		C6	C9	Total
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camionet a 1C	Camión Liv.	Liviano de carga	Camionet a 2C	Jeep 2C	Micro Buses	Camión Pequeño	Remolque 4 Ejes	Mini Buses	Buses	Liv Carga	Camión C2	Camión C3	T3-S3	
																		
6:00 - 7:00	11	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
7:00 - 8:00	20	1	0	3	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	35
8:00 - 9:00	11	1	0	2	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	1	5	0	27
9:00 - 10:00	11	6	0	2	0	0	9	0	2	0	0	0	0	0	0	7	0	37
10:00 - 11:00	21	8	0	4	1	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	53
11:00 - 12:00	23	7	0	3	4	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	56
12:00 - 13:00	27	9	1	4	1	0	16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	59
13:00 - 14:00	35	8	1	4	5	1	26	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	82
14:00 - 15:00	48	16	1	5	3	0	24	0	1	0	0	1	0	2	0	2	0	103
15:00 - 16:00	50	6	0	5	2	0	28	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	95
16:00 - 17:00	61	8	1	8	2	0	16	0	2	0	0	0	0	0	0	4	3	105
17:00 - 18:00	72	6	0	3	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	109
Total	390	76	4	44	19	1	190	0	8	1	0	1	0	2	1	33	7	777

**Fuente:** Sustentante

**Tabla 40**


















**Resultados de aforo vehicular diurno fin de semana, estación 3 + 240 (sábado 19/07/2025).**

ESTUDIO DE TRANSITO AFORO VEHICULAR																		
Nombre del lugar:		Almaciguera					Aforadores:		Wiston Josué Espinoza Dávila					Eva Lisseth Guillen Rivera				
Tramo:		Finca la Luz - La Cascadita el Tisey					Hora de Inicio:		6:00 a. m.		Ambos Sentidos			Dia:		Sábado		
Estación:		3 + 240					Hora Final:		6:00 p. m.					Fecha:		18/7/2025		
Hora	C1	C2					C3			C4				C5		C6	C9	Total
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C	Camión Liv.	Liviano de carga	Camioneta 2C	Jeep 2C	Micro Buses	Camión Pequeño	Remolque 4 Ejes	Mini Buses	Buses	Liv Carga	Camión C2	Camión C3	T3-S3	
																		
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
8:00 - 9:00	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
9:00 - 10:00	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
10:00 - 11:00	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
11:00 - 12:00	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12:00 - 13:00	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
15:00 - 16:00	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
16:00 - 17:00	2	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
17:00 - 18:00	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Total	21	1	1	16	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44

**Fuente:** Sustentante

**Tabla 41**



















**Resultados de aforo vehicular diurno fin de semana, estación 2 + 000 (domingo 19/07/2025).**

ESTUDIO DE TRANSITO AFORO VEHICULAR																		
Nombre del lugar:		Almaciguera					Aforadores:		Wiston Josué Espinoza Dávila					Eva Lisseth Guillen Rivera				
Tramo:		Finca la Luz - La Cascadita el Tisey					Hora de Inicio:		6:00 a. m.		Ambos Sentidos			Dia:		Domingo		
Estación:		2 + 000					Hora Final:		6:00 p. m.					Fecha:		18/7/2025		
Hora	C1	C2					C3			C4				C5		C6	C9	Total
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C	Camión Liv.	Liviano de carga	Camioneta 2C	Jeep 2C	Micro Buses	Camión Pequeño	Remolque 4 Ejes	Mini Buses	Buses	Liv Carga	Camión C2	Camión C3	T3-S3	
																		
6:00 - 7:00	7	1	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
7:00 - 8:00	16	1	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	28
8:00 - 9:00	12	5	0	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	30
9:00 - 10:00	46	5	0	3	1	0	11	0	0	0	0	0	1	0	0	9	0	76
10:00 - 11:00	30	6	0	3	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	59
11:00 - 12:00	43	17	0	1	0	0	24	0	1	0	0	4	0	0	0	8	0	98
12:00 - 13:00	52	9	0	6	2	0	30	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	104
13:00 - 14:00	73	23	1	6	1	0	35	2	1	0	0	0	0	0	0	8	0	150
14:00 - 15:00	100	25	1	16	1	0	47	0	0	0	0	0	1	0	0	7	0	198
15:00 -16:00	122	26	1	7	1	0	40	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	210
16:00 -17:00	132	29	0	9	2	0	52	1	2	0	0	0	1	0	0	6	0	234
17:00 -18:00	104	22	1	8	0	0	45	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	185
Total	737	169	4	65	9	0	312	4	15	0	0	4	4	0	1	62	0	1386

**Fuente:** Sustentante

**Tabla 42**

**Resultados de aforo vehicular diurno fin de semana, estación 3 + 240 (domingo 20/07/2025)**























ESTUDIO DE TRANSITO AFORO VEHICULAR																			
Nombre del lugar:		Almaciguera					Aforadores:		Wiston Josué Espinoza Dávila					Eva Lisseth Guillen Rivera					
Tramo:		Finca la Luz - La Cascadita el Tisey					Hora de Inicio:		6:00 a. m.		Ambos Sentidos		Dia:		Domingo				
Estación:		3 + 240					Hora Final:		6:00 p. m.				Fecha:		20/7/2025				
Hora	C1		C2				C3			C4				C5		C6	C9	Total	
	Moto	Auto	Jeep 1C	Camioneta 1C	Camión Liv.	Liviano de carga	Camioneta 2C	Jeep 2C	Micro Buses	Camión Pequeño	Remolque 4 Ejes	Mini Buses	Buses	Liv Carga	Camión C2	Camión C3	T3-S3		
																			
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7:00 - 8:00	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
8:00 - 9:00	4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
9:00 - 10:00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
10:00 - 11:00	3	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
11:00 - 12:00	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
12:00 - 13:00	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	4	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
15:00 - 16:00	7	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
16:00 - 17:00	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
17:00 - 18:00	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Total	44	1	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61




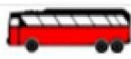














**Fuente:** Sustentante


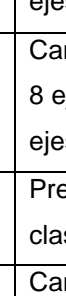
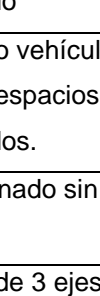




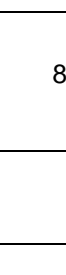
## Categorización de vehículos

Tabla 43

### Formato de categorización de vehículos.

NO	CLASE / TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACION DE EJES
1	Motos		2	Eje 1-2: 0.00 a 1.83
2	Automóviles y Vehículos con separación de ejes similares a:  <ul style="list-style-type: none"> <li> Jeeps cabina</li> <li> Sencilla</li> <li> Camionetas</li> <li> Liviano de carga</li> </ul>	     	2	Eje 1-2 1.83 a 2.71
			3	Eje 1-2: 1.83 a 2.71 Eje 2-3: 1.83 a 7.00
			4	Eje 1-2: 1.83 a 2.71 Eje 2-3: 1.83 a 7.00 Eje 3-4: 0.00 a 0.98
3	Camionetas y vehículos con separación de ejes similares a:  <ul style="list-style-type: none"> <li> Jeeps cabina doble</li> <li> Microbuses</li> <li> Paneles medianos</li> </ul>	   	2	Eje 1-2: 2.71 a 3.14
			3	Eje 1-2: 2.71 a 3.14 Eje 2-3: 1.83 a 7.00
			4	Eje 1-2: 2.71 a 3.14 Eje 2-3: 1.83 a 10.7 Eje 3-4: 0.00 a 0.98

NO	CLASE / TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHÍCULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACION DE EJES
4	Mini buses Buses	 	2	Eje: 1-2: 6.10 a 12.2 Eje: 1-2: 3.14 a 3.40 Eje: 1-2: 5.00 a 5.42
		 	3	Eje: 1-2: 7.01 a 12.2 Eje: 2-3: 0.00 a 1.83
5	Camiones de 2 ejes:  Livianos De Carga  Camiones De Carga C2	 	2	Eje: 1-2: 3.40 a 5.0 Eje: 1-2: 5.42 a 6.1
6	Camiones de 3 ejes		3	Eje: 1-2: 1.83 a 7.00
	Camiones de carga C3			Eje: 2-3: 0.00 a 1.83
7	Camiones de 4 Ejes	 	4	Eje 1-2: 1.83 a 7.00 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 0.00 a 1.83 Eje 1-2: 1.83 a 7.00 Eje 2-3: 1.83 a 2.74 Eje 3-4: 0.98 a 1.83
8	Camiones de 5 ejes similares a:  Tx-Sx = 5		5	Eje 1-2: 1.83 a 7.92 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 1.83 a 15.2 Eje 4-5: 0.00 a 3.35
				Eje 1-2: 1.83 a 7.92 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 1.83 a 7.00 Eje 4-5: 3.35 a 8.23
9	Camiones de 6 ejes similares a:  Semi articulados  Tx-Sx = 6		6	Eje 1-2: 1.83 a 6.70 Eje 2-3: 0.00 a 1.83 Eje 3-4: 0.00 a 15.2 Eje 4-5: 0.00 a 3.35 Eje 5-6: 0.00 a 3.35

NO	CLASE / TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	SEPARACION DE EJES
11	Semiarticulados de 3 ejes con remolque de 2 y 3 ejes similares a:   Tx-Rx = 6		6	Eje 1-2: 1.83 a 6.70 Eje 2-3: 0.00 a 7.62 AX 3-4: 1.83 a 5.49 AX 4-5: 3.35 a 7.62 AX 5-6: 0.00 a 7.83
			6	AX 1-2: 1.83 a 6.70 AX 2-3: 0.00 a 1.83 AX 3-4: 0.00 a 7.62 AX 4-5: 1.83 a 5.49 AX 5-6: 3.35 a 7.62
12	Camiones o vehículos de 7 ejes sin espacios entre ejes definido		7	
13	Camiones o vehículos de 8 ejes, sin espacios entre ejes definidos.		8	
14	Predeterminado sin clasificar			
10	Camiones de 3 ejes con remolque de 2 ejes similares a:   Tx-Sx = 5  Cx-Rx = 5		5	Eje 1-2: 1.83 a 5.18 Eje 2-3: 3.35 a 7.62 Eje 3-4: 1.83 a 5.49 Eje 4-5: 3.35 a 7.62

**Fuente:** Anuario de Aforo de Tráfico, MTI (2023, pág. 43)

Figura 28

Estación de mayor cobertura y estación de corta duración.



ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
<b>1802 San Marcos - Masatepe</b>	NN-38	3207	ECS	El Regadio - Los Encuentros (Sn Juan Limay)
	NN-39	121	ECS	Estelí - Rodeo Grande
	NN-40	4902 B	ECS	La Aceituna - Achuapa
	NN-41	4903	ECS	Petaquia - Saslale
	NN-43	3506	ECS	Emp. Chilamatillo - La Concordia
	NN-44	309	ECS	San Rafael del Norte - Los Chaguitones
	NN-45	3501	ECD	Emp. Santa Cruz - San Nicolas
	NN-46	119	ECS	La Trinidad - Sacaclí
	NN-46	313	ECS	Sacaclí - San Gabriel
	NN-48	310	ECS	Sisle - Santa Fé
	NN-49	4107	ECS	La Porrira - Sacramento
	NN-51	5704	ECS	Emp. Peñas Blancas - Abisinia

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico MTI (2020, pág. 70)

## Factores de ajuste de la estación de mayor cobertura San Marcos - Masatepe

Figura 29

### Factores de ajuste del segundo cuatrimestre del año mayo – agosto.



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



**ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1802**  
**SAN MARCOS - MASATEPE**  
**FACTORES - 2020**

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,34	1,29	1,18	1,25	1,23	1,14	1,38	1,15	1,20	1,21	1,00	1,32	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor Semana	0,95	0,96	1,00	0,97	0,92	0,93	0,89	0,91	0,83	0,86	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89
Factor Fin de Semana	1,15	1,11	0,99	1,08	1,30	1,22	1,44	1,33	2,07	1,68	1,00	1,69	1,00	1,00	1,00	1,00	1,48
Factor Expansión a TPDA	1,15	1,15	1,35	1,13	1,20	1,23	1,16	1,15	1,04	1,27	1,00	1,54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,88

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,37	1,33	1,19	1,24	1,28	1,25	1,36	1,20	1,26	1,20	1,00	1,38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,09
Factor Semana	0,98	1,06	1,10	1,03	0,94	0,91	0,89	0,92	0,85	0,88	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85
Factor Fin de Semana	1,05	0,87	0,81	0,93	1,19	1,33	1,43	1,30	1,78	1,51	1,00	1,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,82
Factor Expansión a TPDA	1,02	0,99	0,95	1,00	1,02	0,89	1,01	0,97	1,01	1,01	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,37	1,34	1,24	1,29	1,38	1,24	1,43	1,23	1,31	1,18	1,00	1,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	0,94	1,03	1,08	1,01	0,95	0,92	0,90	0,90	0,86	0,89	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12
Factor Fin de Semana	1,19	0,93	0,84	0,97	1,17	1,27	1,37	1,36	1,74	1,46	1,00	1,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,79
Factor Expansión a TPDA	0,87	0,89	0,83	0,90	0,84	0,94	0,87	0,91	0,95	0,82	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico MTI (2020, pág. 385)

**Tabla 44**

**Formato de factores y porcentajes de volumen del tramo de estudio.**

Camino:	Estación:	Tramo:					Periodo:	Días:	Mes/Año:					KM:		
Grupos	Vehículos de pasajeros			Vehículo de Carga												Total
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	Clase 14	Clase 15	
TP(D)																
Factor Dia																
Factor Semana																
Fac. Temporada																
TPDA																
%TPDA																
% Vehículos Livianos				% Vehículos Pesados:												

**Fuente:** Anuario de Aforo de Trafico MTI (2023, pág. 84)