



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA A CHANLUD ENTRE LAS  
ABSCISAS 0+000 Y 3+500 KM DE LA PARROQUIA CHECA CANTÓN CUENCA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniera Civil

AUTORA: LUZ MARÍA ANDRADE TOBAY

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc.

Cuenca - Ecuador  
2025

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Luz María Andrade Tobay con documento de identificación N° 0302688643 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 29 de julio del 2025

Atentamente,



---

Luz María Andrade Tobay

0302688643

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Luz María Andrade Tobay con documento de identificación N° 0302688643, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de la vía a Chanlud entre las abscisas 0+000 y 3+500 km de la parroquia Checa cantón Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de julio del 2025

Atentamente,



---

Luz María Andrade Tobay

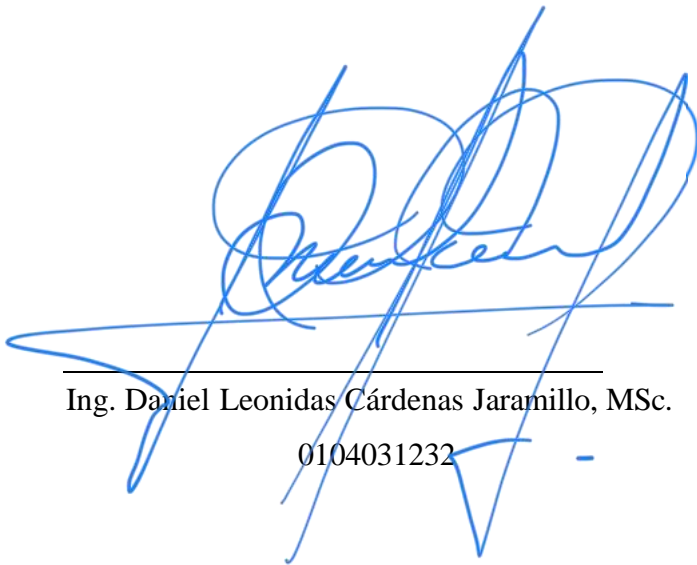
0302688643

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo con documento de identificación N° 0104031232, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA A CHANLUD ENTRE LAS ABSCISAS 0+000 Y 3+500 KM DE LA PARROQUIA CHECA, CANTÓN CUENCA, realizado por Luz María Andrade Tobay con documento de identificación N° 0302688643, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico, que cumple con todos los requisitos establecidos por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de julio del 2025

Atentamente,



Ing. Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo, MSc.  
0104031232 -

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme sostenido en cada paso de este camino. Gracias por darme la fuerza en los momentos difíciles, por iluminar mi mente con sabiduría cuando más lo necesitaba y por recordarme que nunca estuve sola, incluso en los días más inciertos. A él le debo cada logro alcanzado, cada idea que cobro vida y cada obstáculo superado. Su amor, su guía y su presencia han sido mi impulso constante.

Esta meta no habría sido posible sin su infinita gracia.

Con profunda gratitud y amor, agradezco este logro a mis padres y hermanos por su inquebrantable apoyo, sacrificio y amor incondicional, han sido la luz que me ha guiado a lo largo de este camino académico. Cada éxito que alcanzo es también suyo, ya que su constante aliento y ejemplo han sido mi mayor inspiración.

Gracias por ser mis pilares en los momentos más desafiantes y por celebrar conmigo cada triunfo. Este logro lleva su nombre y dedicación y es en honor a ustedes que continúo esforzándome por alcanzar mis metas. Con todo mi cariño este proyecto lleva gravado su nombre en cada página.

A mi asesor de tesis, Ing. Daniel Cárdenas, agradezco profundamente su acompañamiento, su guía y todo el apoyo que me ha brindado ha sido fundamental para que hoy pueda concluir esta etapa tan importante de mi vida.

## DEDICATORIA

A lo largo de este arduo camino, he aprendido que los sueños no se alcanzan en soledad, sino gracias al amor, la paciencia y el apoyo de quienes nos rodean.

Dedico este trabajo a Dios por permitirme estar viva, ser mi guía y fuente de fortaleza en todo momento, su infinito amor me ha sostenido y dado esperanzas para seguir adelante.

A mis padres, Jaime Andrade y Elena Tobay, su amor incondicional y constante fe me ha dado fuerza para continuar cuando todo parecía imposible, cada sacrificio que han hecho, cada día de trabajo duro y cada decisión que tomaron en mi nombre son el fundamento de mi éxito Su dedicación y compromiso con mi educación son un regalo que valoro más allá de las palabras. Esta tesis es un testimonio de su sacrificio y amor, y me llena de orgullo honrarlos de esta manera. Gracias por ser los faros en mi vida, por iluminar el camino hacia el conocimiento y por inculcarme la importancia del trabajo duro y la educación. Los amo profundamente

A mis hermanos, los cómplices de mis locuras y los primeros en celebrar mis pequeños triunfos:

Si esta tesis tiene algún mérito, es porque detrás hay horas de su apoyo incondicional, les dedico estas páginas, no como un logro solitario, sino como prueba de que los sueños se construyen en equipo. Porque con ustedes, hasta lo difícil sabe a aventura.

Este logro no solo es un final, sino el inicio de nuevos sueños y desafíos por alcanzar.

## INDICE DE CONTENIDO

1.	CONTENIDO .....	15
1.1.	Resumen .....	15
1.2.	Abstracto .....	17
1.3.	Introducción .....	19
1.4.	Problema .....	20
1.4.1.	Antecedentes .....	20
1.4.2.	Importancia y Alcances .....	22
1.4.3.	Delimitación .....	24
1.5.	Objetivos.....	25
1.5.1.	Objetivo general .....	25
1.5.2.	Objetivo específico.....	25
2.	Marco Teórico .....	25
2.1.	Carreteras.....	25
2.2.	Diseño Geométrico.....	28
2.2.1.	Diseño Geométrico Horizontal.....	29
2.2.2.	Diseño Geométrico Vertical.....	29
2.2.3.	Velocidad de diseño.....	30
2.2.4.	Velocidad de circulación.....	32
2.2.5.	Tangentes .....	32
2.2.6.	Peralte.....	33
2.2.7.	Curvas circulares.....	34
2.2.8.	Radio mínimo de curvatura .....	34
2.2.9.	Coefficiente de fricción lateral.....	37
2.2.10.	Distancia de frenado .....	38
2.2.11.	Las distancias de visibilidad .....	39
2.2.12.	Distancia de visibilidad en curvas horizontales .....	40
2.2.13.	Distancias de visibilidad de parada .....	41
2.2.14.	Distancia de visibilidad lateral.....	42
2.2.15.	Distancia de visibilidad para el rebasamiento de vehículos .....	43
2.2.16.	Sobreechanco de curvas .....	46
2.3.	Transito .....	47
2.3.1.	TPDA.....	47
2.3.2.	Trafico actual.....	48

2.3.3.	Trafico existente .....	48
2.3.4.	Trafico desviado .....	48
2.3.5.	Trafico futuro .....	48
2.3.6.	Trafico general .....	49
2.3.7.	Calculo de variaciones de (factores) .....	49
2.3.8.	ESALS .....	50
2.3.9.	Clasificación de vías por su función.....	51
2.3.10.	Clasificación de terrenos.....	53
2.4.	Suelo.....	54
2.5.	Topografía .....	54
2.5.1.	Análisis topográficos mediante tecnología RTK .....	54
2.6.	Normativa técnica.....	55
2.7.	AASHTO 93 .....	55
2.7.1.	Método AASHTO para diseño de pavimentos flexible .....	55
2.7.2.	Drenaje y evacuación de agua .....	56
2.8.	Geotecnia .....	56
2.9.	Análisis de suelos y estudio geotécnicos .....	56
2.9.1.	Ensayo de granulometría .....	56
2.9.2.	Ensayo de Proctor estándar y Proctor modificado .....	56
2.9.3.	Ensayo de CBR (california Bearing Radio).....	57
2.10.	Pavimentos.....	58
2.10.1.	Pavimento rígido .....	58
2.10.2.	Pavimentos flexibles .....	59
2.11.	Diseño de pavimento flexible .....	60
2.11.1.	Confiability (R).....	61
2.11.2.	Índice de serviabilidad .....	62
2.11.3.	Modulo Resiliente ( $M_R$ ).....	63
2.11.4.	Módulo de resiliente y coeficiente estructural de la mezcla asfáltica .....	65
2.11.5.	Numero estructural (SN) .....	65
2.11.6.	Determinación de números estructurales.....	65
2.11.7.	Perdida de serviabilidad .....	68
2.11.8.	Condiciones ambientales y drenaje .....	68
2.11.9.	Características del drenaje.....	68
2.11.10.	Diseño estructural.....	69
2.12.	Señalización .....	69

2.13.	Señalización vertical .....	70
2.13.1.	Distancia de legibilidad .....	70
2.13.2.	Señales de información .....	70
2.13.3.	Señales regulatorias.....	72
2.13.4.	Señales preventivas .....	75
2.13.5.	Colores.....	80
2.14.	Señalización horizontal.....	81
2.14.1.	Mensaje .....	82
2.14.2.	Ubicación.....	82
2.14.3.	Colores.....	83
2.14.4.	Retro reflexión .....	83
2.14.5.	Líneas de borde de calzada.....	83
2.14.6.	Líneas de borde de calzada continua.....	84
2.14.7.	Líneas transversales .....	84
2.14.8.	Reductores de velocidad .....	85
2.14.9.	Resalto .....	85
2.15.	Drenaje.....	88
2.15.1.	Precipitaciones .....	88
2.15.2.	Datos de lluvia .....	88
2.15.3.	Curvas IDF .....	89
2.16.	Diseño de cunetas .....	90
2.16.1.	Cunetas.....	90
2.17.	Modelo Logit .....	93
3.	Metodología .....	94
3.1.	Cálculos .....	94
3.1.1.	Topografía.....	94
3.1.2.	Recopilación y análisis de información .....	94
3.1.3.	Ubicación del proyecto.....	94
3.1.4.	Levantamiento .....	95
3.2.	Ensayos de laboratorio .....	97
3.2.1.	Recolección de muestra.....	97
3.2.2.	Proctor modificado.....	98
3.2.3.	CBR .....	100
3.3.	TPDA .....	100
3.3.1.	Determinación del flujo vehicular .....	100

3.3.2.	Ubicación de las estaciones de conteo.....	100
3.3.3.	Conteo vehicular.....	101
3.3.4.	Cálculo del TPDA.....	106
3.3.5.	Proyección de trafico.....	107
3.4.	ESALS .....	111
3.5.	Diseño geométrico.....	113
3.5.1.	Alineamiento horizontal .....	114
3.5.2.	Alineamiento vertical .....	115
3.6.	Volúmenes de corte y relleno.....	116
3.7.	Diseño de pavimentos flexible.....	116
3.7.1.	Información para el diseño.....	116
3.7.2.	Parámetros de confiabilidad.....	117
3.7.3.	Cálculo del módulo resiliente .....	118
3.7.4.	Cálculo del módulo resiliente y coeficiente estructurales .....	119
3.7.5.	Calculo de los coeficientes de drenaje .....	122
3.7.6.	Cálculo del número estructural requerido.....	123
3.8.	Estructuras de evacuación de aguas pluviales .....	126
3.8.1.	Cunetas.....	126
3.8.2.	Alcantarillado de alivio.....	130
3.9.	Presupuesto total del proyecto.....	131
3.10.	Conclusiones .....	132
3.11.	Recomendaciones .....	133
4.	Bibliografía .....	134
5.	Anexos.....	137

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación de carreteras .....	26
<b>Tabla 2</b> Relación velocidad de diseño y circulación .....	31
<b>Tabla 3</b> Elementos de la curva simple.....	35
<b>Tabla 4</b> Coeficiente de fricción lateral en base a velocidad de diseño.....	37
<b>Tabla 5</b> Coeficiente de razonamiento longitudinal movilizado (f1) en una maniobra de frenado.....	41
<b>Tabla 6</b> Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento.....	44
<b>Tabla 7</b> Valores mínimos para el coeficiente K.....	46
<b>Tabla 8</b> Clasificación de carreteras en base al TPDA .....	51
<b>Tabla 9</b> .....	52
<b>Tabla 10</b> Clasificación del suelo mediante valores de CBR clasificación .....	57
<b>Tabla 11</b> Niveles de confiabilidad sugeridos de acuerdo a su funcionalidad.....	61
<b>Tabla 12</b> Desviación estándar según el nivel de confiabilidad.....	61
<b>Tabla 13</b> Factor de Desviación Estándar.....	62
<b>Tabla 14</b> Serviabilidad inicial .....	63
<b>Tabla 15</b> Serviabilidad final .....	63
<b>Tabla 16</b> Intervalo del Módulo Resiliente Kg/cm <sup>2</sup> .....	64
<b>Tabla 17</b> Coeficientes de drenaje m recomendados para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases .....	69
<b>Tabla 18</b> Valores de mi recomendados .....	88
<b>Tabla 19</b> Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales .....	91
<b>Tabla 20</b> Especificaciones de la prueba Proctor Modificada .....	99
<b>Tabla 21</b> Resultados de ensayo .....	99
<b>Tabla 22</b> Resultados de CBR.....	100
<b>Tabla 23</b> Resumen de vehículos que entran y salen de la intersección .....	103
<b>Tabla 24</b> Factor semanal según el mes.....	104
<b>Tabla 25</b> Consumo de combustible en el Azuay 2022 .....	105
<b>Tabla 26</b> Corrección de tráfico.....	107
<b>Tabla 27</b> Proyección de vehículos.....	108
<b>Tabla 28</b> Tasa de crecimiento vehicular.....	110
<b>Tabla 29</b> Detalles de factor equivalente por tipo de carga .....	111
<b>Tabla 30</b> Factor de distribución de carril .....	112
<b>Tabla 31</b> Resultados finales del TPDA .....	112
<b>Tabla 32</b> Numero de ejes equivalentes a 8.2 toneladas .....	113
<b>Tabla 33</b> Ministerio de obras publicas .....	114
<b>Tabla 34</b> Niveles de confiabilidad R.....	117
<b>Tabla 35</b> Parámetro Zr.....	117
<b>Tabla 36</b> Niveles de servicialidad So .....	118
<b>Tabla 37</b> Calidad de drenaje según su exposición.....	122
<b>Tabla 38</b> Números estructurales requeridos .....	123
<b>Tabla 39</b> Espesores.....	124
<b>Tabla 40</b> Estructural real .....	124
<b>Tabla 41</b> Resultados .....	125
<b>Tabla 42</b> Parámetro de diseño .....	125
<b>Tabla 43</b> Parámetros geométricos para el diseño de la cuneta .....	126

<b>Tabla 44</b> Coeficiente de escorrentía (C) para T = 10 años .....	128
<b>Tabla 45</b> Capacidad hidráulica de canales triangulares.....	130
<b>Tabla 46</b> Presupuesto proyecto .....	131

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación de la parroquia Checa .....	22
<b>Figura 2</b>	Proyecto Checa .....	24
<b>Figura 3</b>	Estabilidad de un vehículo en curvas .....	33
<b>Figura 4</b>	Elementos que forman una curva circular simple.....	35
<b>Figura 5</b>	Distancia de parada.....	41
<b>Figura 6</b>	Curva generada con el ensayo Proctor.....	57
<b>Figura 7</b>	Abaco para el cálculo del coeficiente $a_2$ para Base.....	66
<b>Figura 8</b>	Abaco para el calculo del coeficiente $a_3$ para subbase .....	67
<b>Figura 9</b>	Abaco para el cálculo del coeficiente $a_1$ para asfalto .....	67
<b>Figura 10</b>	Flechas para uso de señales de guía.....	71
<b>Figura 11</b>	Soporte normal de dos postes - rural .....	71
<b>Figura 12</b>	Señal de advertencia de destino .....	72
<b>Figura 13</b>	Señal de decisión de destino (II- 2a).....	72
<b>Figura 14</b>	Señalización pare (RI – 1) .....	73
<b>Figura 15</b>	Señalización Ceda el paso (RI -2) .....	73
<b>Figura 16</b>	Señalización doble vía (R2 – 2).....	74
<b>Figura 17</b>	Señal regulatoria límite máximo de velocidad .....	74
<b>Figura 18</b>	Señalización de parada de bus .....	75
<b>Figura 19</b>	Señal preventiva curva cerrada izquierda, derecha.....	76
<b>Figura 20</b>	Señalización curva y contracurva cerrada .....	77
<b>Figura 21</b>	Señalización cruce de vías (P2 – 1).....	77
<b>Figura 22</b>	Señalización puente angosto.....	78
<b>Figura 23</b>	Señalización ancho máximo .....	78
<b>Figura 24</b>	Señalización animales en la vía .....	79
<b>Figura 25</b>	Señalización peatones en la vía .....	79
<b>Figura 26</b>	Señalización resalto/reductor de velocidad.....	80
<b>Figura 27</b>	Líneas continuas de borde .....	84
<b>Figura 28</b>	Línea de pare en intersección con señal vertical de pare.....	85
<b>Figura 29</b>	Demarcación típica en aproximaciones a resaltos .....	86
<b>Figura 30</b>	Resalto en calzada bidireccional de circulación .....	86
<b>Figura 31</b>	Curvas IDF .....	89
<b>Figura 32</b>	Dimensiones típicas de cunetas .....	92
<b>Figura 33</b>	Sección típica de una cuneta.....	92
<b>Figura 34</b>	Coefficiente de escorrentía.....	93
<b>Figura 35</b>	ubicación del proyecto.....	95
<b>Figura 36</b>	GPS diferencial.....	96
<b>Figura 37</b>	Nube de puntos .....	96
<b>Figura 38</b>	Curvas de nivel en civil 3D .....	97
<b>Figura 39</b>	Recolección de muestras de suelo .....	98
<b>Figura 40</b>	Ubicación de las estaciones de conteo.....	101
<b>Figura 41</b>	Formato de conteo MTOP .....	102
<b>Figura 42</b>	Coefficiente de fricción.....	114
<b>Figura 43</b>	Curva vertical trazada.....	116
<b>Figura 44</b>	Numero estructural de la subrasante.....	119
<b>Figura 45</b>	Numero estructural de base y subbase.....	120

<b>Figura 46</b>	Módulo de resiliente de la capa asfáltica.....	121
<b>Figura 47</b>	Espesores de las carpetas .....	126
<b>Figura 48</b>	Curvas IDF de la cuenca del proyecto.....	127
<b>Figura 49</b>	sección típica de cuneta triangular.....	129

## 1. CONTENIDO

### 1.1. Resumen

El desarrollo de infraestructura vial constituye un motor esencial para el progreso de las comunidades, ya que impacta directamente en sectores estratégicos como el comercio, el turismo y el transporte. Una red de carreteras eficiente no solo facilita la movilidad diaria y la integración entre distintos centros poblados, sino que además es un indicador tangible del avance y el bienestar social. Sin embargo, el crecimiento sostenido de la población y el consecuente aumento vehicular exigen una planificación rigurosa y la implementación de normativas actualizadas que aseguren tanto la construcción de nuevas vías como el mejoramiento de las existentes, permitiendo que la infraestructura se adapte a las necesidades reales de los usuarios en un entorno dinámico.

El diseño geométrico de carreteras representa una tarea compleja que requiere soluciones adaptadas a las particularidades del entorno físico y social. En este contexto, el análisis se centró en una vía rural de tercer orden ubicada en la parroquia Checa, cantón Cuenca, provincia del Azuay. Caracterizada por pendientes abruptas y condiciones climáticas restrictivas, esta zona supuso desafíos técnicos considerables que condicionaron cada fase del proyecto. Se priorizó la conectividad rural con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las comunidades dispersas, propiciando la dinamización de sus actividades productivas y comerciales, especialmente aquellas vinculadas a la ganadería.

El proceso incluyó un exhaustivo trabajo de campo que permitió recabar información precisa sobre las características topográficas, edafológicas y climáticas de la parroquia. Estos estudios fueron determinantes para establecer los criterios de diseño y evaluar de manera integral la factibilidad de la obra. El planteamiento técnico adoptado siguió fielmente los lineamientos del

MTOP (2003) y las recomendaciones internacionales de la AASHTO, asegurando que la solución propuesta fuera acorde con las exigencias normativas.

Vale resaltar que la materialización de la obra fue posible gracias a un presupuesto de \$1.090.328,07, cifra que respalda la viabilidad técnica y financiera del proyecto y permitió proponer un pavimento flexible adecuado a la demanda vehicular proyectada hasta el año 2043.

Sin embargo, no se puede soslayar la existencia de retos inherentes a la sostenibilidad y la perdurabilidad de los beneficios proyectados. Si bien la infraestructura promete mejorar el acceso y la eficiencia en los desplazamientos, su impacto positivo a largo plazo dependerá de una gestión adecuada del mantenimiento, la capacidad de adaptación a posibles cambios futuros en las actividades del sector y la respuesta ante nuevas demandas del tránsito. Así, se evidencia que el éxito inicial de la intervención debe medirse también en función de la resiliencia de la vía frente a las transformaciones sociales, económicas y ambientales que puedan surgir con el tiempo. Este proyecto pone en manifiesto la importancia de combinar la aplicación rigurosa de la técnica, la visión social y una actitud crítica para afrontar los desafíos inherentes a la planificación y el desarrollo vial en áreas rurales de alta complejidad.

**Palabra clave:** Diseño geométrico y estructural de pavimentos, TPDA, Esas, proyección vehicular, CBR, cunetas.

## 1.2. Abstracto

Road infraestructura es a fundamental elemento foro té development of communities, as it directly influences essential aspects such as commerce, tourism, and both urban and interurban transportation. Road networks not only serve as indicators of a country's progress but also play a critical role in ensuring connectivity and enhancing the quality of life of its inhabitants. In the face of population growth and the rising number of vehicles, the implementation of updated regulations and technical standards is imperative to promote the construction of new roads and the rehabilitation of existing ones. Maintaining roads in optimal condition is essential to providing a high-quality service that ensures user comfort, safety, and well-being while promoting efficiency in economic and social activities.

Geometric road design plays a pivotal role in road development, as each project encounters specific challenges derived from terrain features, geographical conditions, and user demands. This study focuses on a third-order road located in Checa parish, Cuenca canton, Azuay province, within a mountainous region characterized by steep slopes and a cold climate. These rural roads, primarily intended to connect remote areas, present significant technical challenges that must be overcome to guarantee their functionality, safety, and sustainability.

The objective of this thesis project is to design the geometric layout and pavement structure of the road connecting the communities of Chanlud and Corpanche in Cuenca canton. This proposal aims to address the current needs of the area by providing a technical solution that enhances road conditions, ensuring safe, efficient, and sustainable transit.

To achieve this objective, field visits were conducted in Checa parish, allowing for a thorough analysis of the area's geometric and geographic characteristics. From these analyses, key design factors were identified, and the required technical studies—such as topography, soil analysis, and climatology—were defined to assess the project's feasibility comprehensively.

The geometric and structural design adheres to the standards and guidelines set forth by the Ministry of Transport and Public Works (MTO) of Ecuador and the technical specifications of AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). These standards ensure that the project complies with national and international requirements, providing a road that is safe, functional, and compatible with the area's characteristics and the needs of its users.

**Keywords:** Geometric and structural pavement design, ADT (Average Daily Traffic), ESALs (Equivalent Single Axle Loads), traffic projection, CBR (California Bearing Ratio), drainage systems.

### **1.3. Introducción**

La infraestructura vial constituye un elemento esencial para el progreso económico y social de cualquier región, pues facilita el desplazamiento de personas y el transporte de mercancías, conectando comunidades con sus centros productivos. Un sistema de carreteras bien planificado no solo mejora la calidad de vida de los habitantes, sino que también fomenta el comercio, impulsa el turismo y asegura un tránsito más seguro y eficiente (Armijos, 2024). Para lograr estos objetivos, es imprescindible cumplir con las normativas vigentes, tanto a nivel nacional como internacional. Así, además de seguir las recomendaciones de organismos globales como la AASHTO, se deben respetar las regulaciones establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) de Ecuador, que ponen especial énfasis en la correcta alineación y diseño vial (Balcázar, 2023).

El diseño geométrico juega un papel determinante en la operatividad y seguridad de las carreteras. Este proceso debe considerar factores fundamentales como el volumen de tráfico, las características del terreno y las condiciones climáticas para asegurar que la vía cumpla con los estándares técnicos y funcionales requeridos. En zonas montañosas como la parroquia Checa, estas dificultades se intensifican debido a las pendientes abruptas y las variaciones climáticas.

Por otra parte, la elección del tipo de pavimento reviste gran importancia para garantizar la durabilidad y eficacia de la vía. Mientras que el pavimento flexible facilita la adaptación a movimientos y deformaciones del terreno, el pavimento rígido ofrece una mayor resistencia estructural y soporte ante cargas pesadas. La decisión entre ambos depende no solo de la carga vehicular estimada, sino también de los recursos disponibles y las características del suelo (Torres, 2020).

Aunque una infraestructura vial robusta se perciba como una solución inmediata para mejorar la movilidad, su verdadero valor radica en su capacidad para impulsar un desarrollo económico sostenible y favorecer la equidad social dentro de las comunidades. Aun así, no debe pasarse por alto que la construcción por sí sola no garantiza estos beneficios: sin un mantenimiento constante y una gestión adecuada, incluso las mejores obras pueden caer en el deterioro y fracasar en alcanzar los objetivos planteados.

#### **1.4. Problema**

La vía a Chanlud en la parroquia Checa presenta un estado crítico que afecta tanto la seguridad como la movilidad de sus usuarios. Actualmente, esta vía se encuentra en condiciones de lastre, lo que resulta en una superficie irregular caracterizada por baches y graduales de tierra. Estas deficiencias no solo generan un desgaste acelerado en los vehículos que transitan por ella, sino que también incrementan los costos de mantenimiento para los propietarios.

Los tramos con deslizamientos de tierra representan un riesgo considerable para conductores y peatones. La inestabilidad del terreno y las condiciones impredecibles del camino pueden provocar accidentes y poner en serio riesgo la seguridad vial. La falta de una infraestructura adecuada no solo afecta a los usuarios de la vía, sino que también limita el acceso a servicios básicos y afecta el desarrollo socioeconómico de la región.

El deterioro de esta vía ha generado un malestar notable entre los habitantes locales. La mala condición del camino restringe el potencial turístico y comercial de la parroquia, dificultando el acceso de visitantes y el transporte eficiente de bienes y servicios. En consecuencia, se observa una limitación en las oportunidades económicas para los residentes, lo que agrava aún más la situación social y económica de la comunidad.

##### **1.4.1. Antecedentes**

La parroquia Checa es una parroquia rural situada en el cantón Cuenca, en la provincia de Azuay, Ecuador. Se encuentra a 13 km al norte del cantón Cuenca y abarca un área de 64.5 km<sup>2</sup>, equivalente a 18,347.61 hectáreas. Según el último censo de Ecuador, su población actual es de 2,741 habitantes.

Diariamente, los habitantes de parroquia Checa enfrentan la urgente necesidad de desplazarse de manera rápida, segura y eficiente. Sin embargo, las condiciones actuales de la vía dificultan este objetivo, generando desconfianza entre los usuarios. A lo largo del tiempo, los residentes han observado el deterioro constante de esta vía, que ha estado en mal estado durante varios años. Esto ha causado incomodidades significativas, como deslizamientos de tierra y baches en la calzada. Durante la temporada de lluvias, la vía se vuelve intransitable debido a la acumulación de lodo y charcos de agua, ya que su superficie de rodadura es de tierra.

La vía actual es de tierra cubierta por una capa de lastre lo cual resulta un problema para llegar a los diferentes sitios a las que conduce la vía, por esta razón para el acceso se requiere de vehículos de alta capacidad.

El mantenimiento de la vía no ha sido de gran ayuda debido a que el lugar es montañoso con altas pendientes, durante la temporada de lluvias, la vía se ve significativamente afectada debido a la erosión y separación del material del terreno. Esta situación ha ocasionado la acumulación de sedimentos en determinados puntos, lo que genera baches e irregularidades en la superficie de la carretera. La principal causa de este problema es la ausencia de un sistema de drenaje adecuado que permita canalizar el agua de manera eficiente, evitando así su dispersión y el consecuente deterioro de la vía.

Según Carballo y Cobos (2024), el estado de las vías es fundamental para la calidad del transporte. La presencia constante de baches no solo daña los vehículos, sino también la mercancía que se transporta. Para un país, las malas condiciones de las carreteras pueden

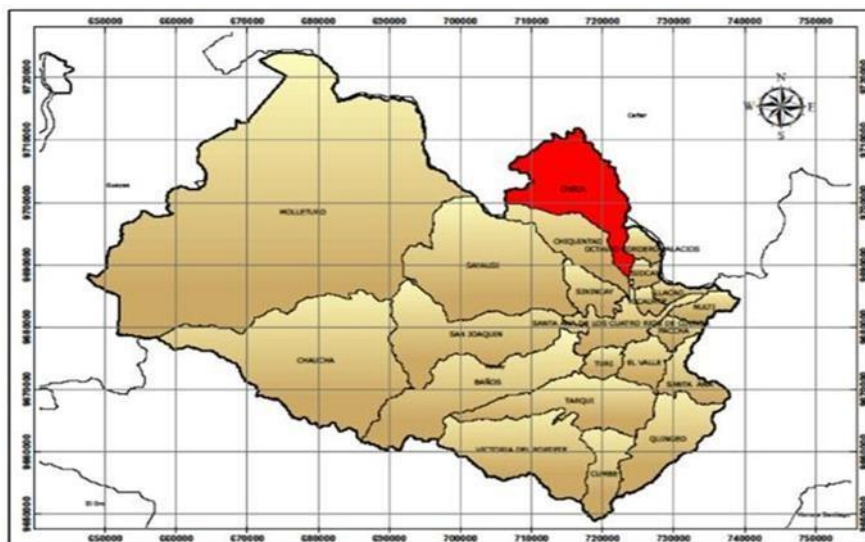
resultar en un sobrecosto de operación vehicular que oscila entre el 1% y el 3% del PIB. Por lo tanto, es esencial contar con un buen diseño vial, ya que esto contribuirá al desarrollo económico de las comunidades circundantes.

En la parroquia Checa, se prevé llevar a cabo los estudios necesarios en la vía a Chanlud. Estos estudios permitirán desarrollar un nuevo diseño geométrica de la carretera que se adapte adecuadamente a las condiciones geográficas y de carga que enfrenta. Se elaborará un diseño estructural de pavimento flexible siguiendo las directrices del método AASHTO y el manual del MTOP. El objetivo de estas mejoras es proporcionar una calidad de movilización superior para todos los usuarios de esta vía (MTOP, 2013).

La parroquia Checa se encuentra en una zona rural de la provincia del Azuay, Ecuador, a 13 kilómetros al norte del cantón Cuenca. Está conformada por su centro parroquial y comunidades adicionales.

### Figura 1

*Ubicación de la parroquia Checa*



*Nota:* (PDOT Checa., 2014).

#### 1.4.2. Importancia y Alcances

La infraestructura vial es un componente crítico para el desarrollo regional. En el caso de la parroquia Checa, la mala calidad de las vías afecta directamente la transitabilidad y seguridad de los usuarios, incrementando los costos de mantenimiento vehicular y exponiendo a los habitantes a riesgos significativos. Según estudios previos, una infraestructura vial deficiente limita el acceso a servicios esenciales. Esta situación restringe el comercio y el turismo en zonas rurales, afectando negativamente el desarrollo socioeconómico de dichas comunidades. Esto se traduce en un impacto negativo en la calidad de vida de los residentes y perpetúa ciclos de pobreza y aislamiento. El proyecto propuesto tiene como objetivo abordar estas problemáticas mediante el diseño geométrico y estructural de un tramo vial específico. Al mejorar las condiciones de transitabilidad, se espera optimizar no solo la movilidad, sino también fomentar el desarrollo económico sostenible al facilitar el transporte de productos agrícolas y comerciales. Además, se busca garantizar que el diseño cumpla con normativas técnicas nacionales e internacionales, asegurando así una solución eficiente y duradera.

Este estudio abarca el diseño técnico de 3.5 km de vía entre Chanlud y Corparche, enfocándose en aspectos clave como la alineación horizontal y vertical, la sección transversal y la resistencia del pavimento. Se realizarán análisis geotécnicos para evaluar la capacidad portante del suelo y se diseñará un sistema de drenaje adecuado para mitigar problemas recurrentes como la erosión y acumulación de agua. Asimismo, se llevarán a cabo estudios de tráfico para proyectar el crecimiento del parque automotriz y asegurar que la vía cumpla con las demandas futuras. La implementación del proyecto beneficiará no solo a las comunidades directamente involucradas, sino también a áreas rurales adyacentes, promoviendo una red vial más eficiente y segura. Este avance en infraestructura vial contribuirá significativamente al desarrollo económico y social, mejorando la calidad de vida de los habitantes al reducir costos de mantenimiento, disminuir riesgos de accidentes y facilitar el acceso a mercados más amplios. En conclusión, este estudio no solo es relevante por su enfoque técnico, sino que también

representa una oportunidad para transformar las condiciones socioeconómicas en la parroquia (Armijos, 2024).

### **1.4.3. Delimitación**

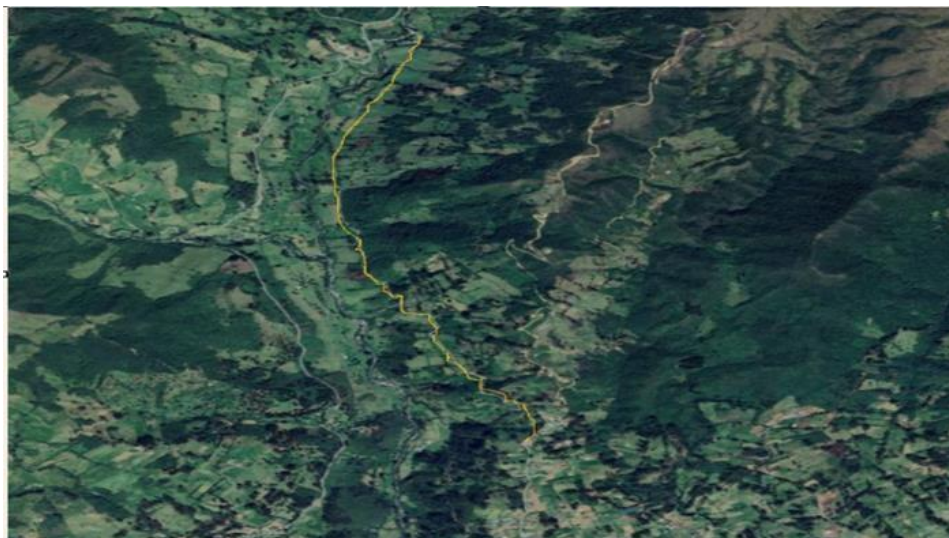
El presente proyecto se enfoca en el diseño geométrica y estructural de la vía a Chanlud, ubicada en la parroquia Checa, cantón Cuenca, provincia del Azuay, en el tramo comprendido entre las abscisas 0+000 y 3+500 km.

Se aplicarán los criterios establecidos en el MTOP y la metodología AASHTO 1993 para garantizar una infraestructura vial segura, eficiente y sostenible, incluyendo un pavimento flexible y un sistema de drenaje adecuado.

Este proyecto mejorará la movilidad y accesibilidad de la comunidad, optimizando el acceso a servicios básicos, educación y salud, además de impulsar la economía local y el desarrollo regional (MTOP, 2013).

### **Figura 2**

*Proyecto Checa*



*Nota:* (Google Earth, 2025)

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Realizar el diseño estructural y geométrico de 3.5 km para la vía a Chanlud de la parroquia Checa cantón Cuenca.

### **1.5.2. Objetivo específico**

- Realizar el levantamiento topográfico de las condiciones actuales de la vía para determinar sus características geométricas y pendientes.
- Analizar las condiciones del terreno y las cargas que soportara la vía para definir el tipo de pavimento más adecuado, con conteo vehicular TPDA.
- Aplicar el método AASHTO y las directrices del manual del MTOP para el diseño del pavimento flexible que garantice durabilidad y resistencia.
- Realizar el cálculo y el diseño de las cunetas para la evacuación de aguas lluvia y de esta forma evitar daños en la vía.

## **2. Marco Teórico**

El desarrollo de un marco teórico robusto es esencial para comprender las diversas variables y factores que deben considerarse en el diseño de infraestructuras viales. Este marco no solo proporciona una base conceptual sólida, sino que también establece los principios que guiarán la planificación y ejecución de proyectos viales sostenibles (Morocho, 2024).

### **2.1. Carreteras**

Las carreteras son vías de transporte terrestre de uso y dominio público, diseñadas y construidas con el fin de permitir la circulación de los vehículos de manera fluida y segura.

El propósito principal de una carretera es garantizar una ruta segura y eficiente para el transporte de personas y bienes. Esto implica facilitar el movimiento de vehículos de manera

fluida y segura, reduciendo los tiempos de viaje y disminuyendo los riesgos de accidentes. Asimismo, las carreteras buscan fortalecer la conectividad entre distintas regiones y comunidades, estimulando así el intercambio comercial, el turismo y el crecimiento socioeconómico. Además, las carreteras tienen como objetivo mejorar la conectividad entre diferentes áreas geográficas y comunidades, promoviendo el intercambio comercial, el turismo y el desarrollo económico y social. También contribuyen a la integración territorial y facilitan el acceso a servicios esenciales como atención médica, educación y actividades comerciales (Cobos, 2024).

Para la clasificación de una carretera se puede basar en el tráfico promedio diario anual que es proyectado para un periodo de 20 años asegurando la vida útil del servicio (Solano, 2023).

**Tabla 1**

*Clasificación de carreteras*

Clase de carreteras	Trafico proyectado TPDA	Function jerarquica
R-I o R-II I	Mas de 8000 De 3000 a 8000	Corridor arterial Corridor arterial, colectora
II	De 1000 a 3000	Corridor arterial, colectora
III	De 300 a 1000	Colectora
IV	De 100 a 300	Colectora, vecinal
V	Menos de 100	

**Nota:** (Ministerio de Transporte y Obras públicas MTOP 2003).

Por su función:

- **Carreteras de primer orden:** Las carreteras de primer orden son cruciales para el crecimiento económico tanto de comunidades como de países, ya que no solo facilitan la producción y el consumo, sino que también sirven como enlaces entre capitales

mediante vías transversales. Al momento de diseñar una carretera, hay varios aspectos técnicos que se deben considerar. Por ejemplo, la calzada debe tener un ancho de 8 metros y debe incluir sistemas de drenaje adecuados para gestionar las aguas pluviales de manera efectiva. La construcción de la carretera el uso de pavimentos, así como capas de base y subbase, que son fundamentales para asegurar su durabilidad y resistencia a lo largo del tiempo. Además, es recomendable que la radio de curvatura sea de al menos 60 metros para garantizar la seguridad del tráfico. Por último, en las obras de detalle, se suele utilizar mampostería como material principal, aunque en algunas ocasiones también se pueden incorporar tableros (Totalmente Reflejante, 2025).

- **Carreteras de segundo grado:** Estas carreteras juegan un papel fundamental al conectar ciudades clave y facilitar el desplazamiento hacia las rutas más concurridas. Aunque no son las vías principales que unen grandes metrópolis, cumplen la función vital de distribuir y regular el flujo vehicular proveniente de las carreteras de primer orden, contribuyendo así a una mejor movilidad regional. Su construcción suele apoyarse en el uso de terreno natural reforzado con piedra para mejorar la durabilidad, y se considera esencial que el radio de curvatura no sea menor a 40 metros para mantener la seguridad en el tránsito. Mientras las obras detalladas se realizan principalmente con mampostería, se permite diseñar pendientes de hasta un 10%, lo que representa un equilibrio entre funcionalidad y condiciones del terreno (Totalmente Reflejante, 2025).
- **Carreteras de tercer orden:** Son aquellas que conectan veredas y cabeceras, y si están pavimentadas, deben cumplir con las condiciones geométricas de las carreteras secundarias (Armijos y Herdoiza, 2024). El ancho de la calzada es de 4 metros, excluyendo las obras de drenaje, y se ha establecido una servidumbre de paso de 6

metros para permitir el espacio necesario para la infraestructura. Para su construcción, se utilizará tierra natural, que será recubierta con piedra para mejorar la estabilidad de la vía. Además, se requiere una radio de curvatura mínimo de 30 metros para garantizar la seguridad vial (Totalmente Reflejante, 2025).

- **Caminos vecinales:** Son canales típicamente de tierra con capacidad de conectarse a canales de orden superior (Totalmente reflejante, 2025).

Por el tipo de terreno:

- **Vía típica de terreno plano:** Es el acoplamiento vertical y horizontal que posibilita a los vehículos pesados conservar la misma velocidad que los vehículos livianos.
- **Vía típica de terreno ondulado:** Aunque la carretera se entrelaza en un vaivén vertical y horizontal que frena el ímpetu de los vehículos pesados, obligándolos a un paso más lento, los vehículos ligeros, en contraste, pueden deslizarse con mayor agilidad, sin sentir el mismo peso de la reducción de velocidad.
- **Vía típica de terreno montañoso:** En terrenos donde la vía presenta acoplamiento vertical y horizontales constantes, los conductores de vehículos pesados se ven obligados a mantener una velocidad continua en las rampas a lo largo de tramos repetidos; sin embargo, mientras estos vehículos deben adaptar su marcha, los vehículos ligeros pueden desplazarse con mayor libertad y variabilidad en su velocidad.
- **Obtención de información en tiempo real RTK:** La obtención de información en real mediante RTK, también conocido como GPS diferencial, es un sistema moderno que incluye uno o varios receptores móviles y uno fijo.

## 2.2. Diseño Geométrico

El diseño geométrico es clave para desarrollar una carretera que cumpla no solo con criterios de funcionalidad y seguridad, sino también con aspectos de comodidad, estética y

adaptabilidad. Lograr un equilibrio entre estos objetivos es fundamental, ya que en ocasiones pueden entrar en conflicto; por ejemplo, optimizar la funcionalidad puede facilitar el flujo vehicular y reducir costos operativos, pero podría chocar con aspectos estéticos o de flexibilidad (Fonseca, 2014). Además, el diseño debe considerar las particularidades del terreno, como su topografía, las condiciones físicas, geográficas y geológicas, junto con los usos del suelo en el área donde se construye la vía. De un lado, la velocidad diseñada, volumen de tráfico, y los rasgos de vehículos como también de quienes los conducen son factores que determinan de forma decisiva la jerarquía vial; sin embargo, mientras estos elementos establecen prioridades y categorías claras para optimizar el flujo y la seguridad, la diversidad inherente en usuarios y condiciones puede complicar una clasificación rígida y homogénea. Así, aunque estas variables guían el diseño y funcionalidad de las vías, la realidad demuestra que la jerarquización debe ser flexible para adaptarse a contextos variados y a demandas cambiantes. Este conjunto de elementos determina a su vez el diseño geométrico y las medidas de seguridad vial necesarias (MTOP, 2013). De esta manera, existen distintos tipos de diseño geométrico adaptados a estas variadas condiciones.

### **2.2.1. Diseño Geométrico Horizontal**

Se refiere a la proyección del eje de la carretera, que este compuesto por varias tangentes unidas por curvas. Es esencial considerar las características del relieve y las condiciones hidrológicas en esta etapa. El proceso inicial del diseño implica trazar el alineamiento, que incluye las tangentes a lo largo de la vía y los puntos de intersección entre tangentes consecutivos, conocidos como PI. En Ecuador, este tipo de diseño debe adherirse a las normativas establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (Cobos, 2024).

### **2.2.2. Diseño Geométrico Vertical**

El diseño del perfil longitudinal del terreno se realiza utilizando el software Civil 3D, considerando parámetros como la velocidad de diseño, las curvas horizontales y la distancia de visibilidad. Antes de iniciar el diseño en el software, es crucial evaluar los gradientes, que deben oscilar entre un máximo del 15% y un mínimo del 0,5%. Esto permitirá incorporar curvas verticales, ya sean cóncavas o convexas, según sea necesario (Fonseca, 2014).

A continuación, se desarrollan estas características del diseño geométrico:

- **Funcionalidad:** Esta determinada por el tipo y características de la vía a proyectar además de sus propiedades de tráfico y volumen las cuales permitirán una adecuada movilidad previamente será necesario estudiar la demanda de tráfico para asegurar una adecuada circulación (Morocho, 2024).
- **Seguridad vial:** Su característica especial es la simplicidad y uniformidad del diseño el cual debe ser fácilmente perceptible por los conductores de tal manera que le sea fácil adoptar.
- **Integración en su entorno:** Su objetivo es minimizar los impactos ambientales desde las dimensiones: valores del territorio y suelos afectados de tal manera sea posible lograr la adaptación física a la orografía existente de esta manera es posible reducir los rellenos y excavaciones, los puentes y viaductos, dando como resultado una menor ocupación de terrenos con ello reducir barreras físicas e intrusivas (Solano, 2023).

### 2.2.3. Velocidad de diseño

Es el máximo límite que garantiza la seguridad para que una vía pueda ser transitada en condiciones ideales, como un tráfico fluido y un clima despejado. Se establece mediante análisis técnicos que consideran:

- Configuración geográfica: Inclinação del terreno y obstáculos naturales
- Proyección de tráfico: Número estimado de vehículos por unidad de tiempo

- Tipología vehicular: Proporción de automóviles, camiones y transporte pesado  
Criterios técnicos según MTOP (2003) (MTOP, Republica del Ecuador Ministerio de Obras Públicas y comunicaciones, 2002).

El manual recomienda:

**Unificación de parámetros:** Mantener valores constantes en tramos de 5-10 km.

**Enfoque preventivo:** basar cálculos en los escenarios más adversos registrados.

**Coherencia geométrica:** Armonizar peraltes radios de curvatura y carriles especiales.

Dinámica tráfico - velocidad

El incremento de densidad vehicular genera:

Reducción progresiva de la velocidad operativa

Aumento de restricción para maniobras

Necesidad de recalibrar parámetros de diseño cada 5 años

Esta relación inversa entre volumen y velocidad exige diseños viales adaptativos, donde la infraestructura responde a variaciones estacionales y cambios en patrones de movilidad urbana.

(MTOP, Republica del Ecuador Ministerio de Obras Públicas y comunicaciones, 2002)

## Tabla 2

*Relación velocidad de diseño y circulación*

VELOCIDAD DE DISEÑO EN km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACION EN km/h		
	VOLUMEN DE TRANSITO BAJO	VOLUMEN DE TRANSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRANSITO ALTO
25	24	23	22

30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Nota: (MTOPE, normas de diseño geométrico de carreteras., 2003)

#### **2.2.4. Velocidad de circulación**

La velocidad de operación o circulación se define como la velocidad a la que un vehículo se desplaza en una sección específica de la carretera. Se determina dividiendo la distancia recorrida por el tiempo que el vehículo tarda en completar ese tramo. Este indicador es fundamental, ya que mide la eficiencia del servicio que ofrece la carretera y ayuda a evaluar los costos y beneficios para los usuarios (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

La velocidad de circulación puede calcularse considerando la velocidad de diseño y el volumen de tráfico de la carretera.

#### **2.2.5. Tangentes**

Las tangentes son parte clave del diseño geométrico horizontal de las carreteras, ya que son secciones rectas que conectan curvas. Su longitud se determina por criterios de seguridad, como la visibilidad y la maniobrabilidad del conductor (MTOPE, 2003).

Entre las curvas, se encuentran las tangentes intermedias, cuya longitud debe ser controlada para evitar que los conductores se distraigan o se sientan somnolientos al conducir en línea

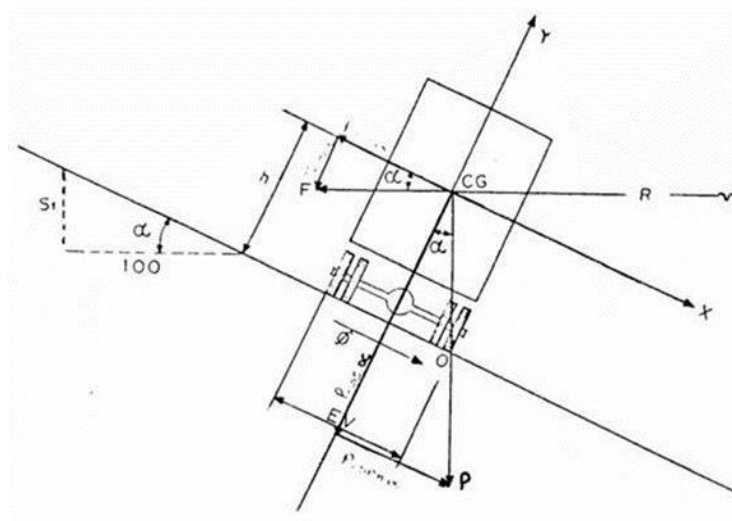
recta por mucho tiempo, especialmente de noche. Para mejorar la seguridad, es recomendable diseñar tramos con curvas más amplias (ASTECC, 2003).

### 2.2.6. Peralte

El peralte en las curvas horizontales se utiliza para aumentar la seguridad y comodidad de los vehículos. Sin embargo, su inclinación debe ser controlada, ya que un ángulo demasiado pronunciado puede causar deslizamientos hacia el interior de la curva cuando los vehículos circulan a baja velocidad. Por ello, es crucial considerar el coeficiente de fricción lateral, que, junto con el peralte, ayuda a prevenir el deslizamiento lateral y mejorar la estabilidad del vehículo en condiciones aceptables.

**Figura 3**

*Estabilidad de un vehículo en curvas*



*Nota:* (MTOPT, 2003).

$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f$$

Donde:

$V =$  Velocidad de diseño, km/h

$R = \text{Radio de la curva, } m$

$f = \text{Maximo coeficiente de friccion lateral}$

### 2.2.7. Curvas circulares

Las curvas en la alineación geométrica son arcos que se proyectan en el plano horizontal y tienen como objetivo facilitar una transición suave entre dos tangentes consecutivas, asegurando un recorrido seguro para los usuarios de la vía. Estas curvas pueden variar en su diseño según el terreno y los requisitos técnicos, siendo las más comunes las curvas simples, que tienen un solo radio continuo.

- **Grado de curvatura:** Corresponde al ángulo generado en un arco de 20 metros de longitud, cuyo valor máximo está relacionado con la posibilidad de transitar la curva con el peralte adecuado, manteniendo la seguridad a la velocidad de diseño establecida.
- **Radio de curvatura:** Se refiere al radio que define la curvatura de una vía, representado convencionalmente con la letra "R" (Torres, 2020).

### 2.2.8. Radio mínimo de curvatura

El radio mínimo de curvatura horizontal es fundamental para asegurar una trayectoria segura y estable en las carreteras, ya que depende de factores como la velocidad de diseño, el peralte máximo y el coeficiente de fricción lateral. Utilizar radios por debajo del mínimo recomendado puede poner en riesgo la seguridad vial, ya que requeriría inclinaciones excesivas que no son aceptables en condiciones operativas. Este parámetro es clave en el diseño geométrico y se determina a través de fórmulas establecidas en normas técnicas, como las del (MTO, Republica del Ecuador Ministerio de Obras Públicas y comunicaciones, 2002).

$$R = V^2 / (127 * (e + f))$$

Donde:

$V =$  Velocidad de diseño, km/h

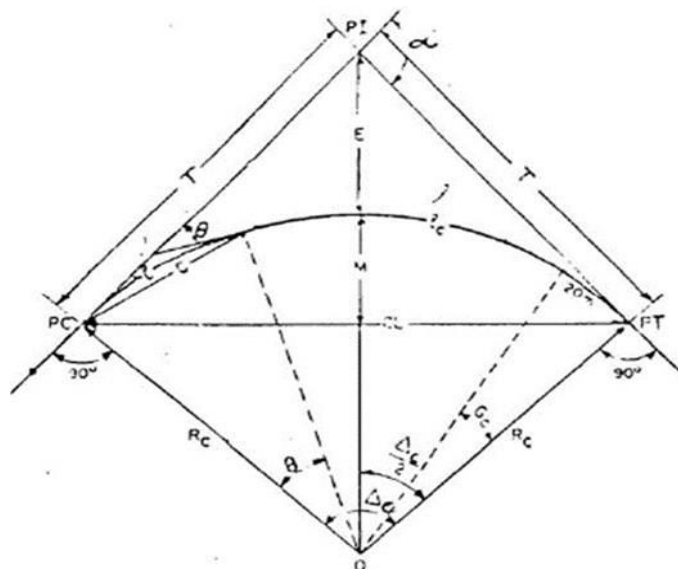
$R =$  Radio minimo de la curva horizontal, m

$f =$  Coeficiente de friccion lateral

$e =$  Peralte de la curva,  $\frac{m}{m}$ , metro por metro de ancho de la calzada

#### Figura 4

Elementos que forman una curva circular simple



**Nota:** (MTO, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras., 2003)

Descripción de cada uno de los elementos de la figura en la tabla a continuación.

#### Tabla 3

Elementos de la curva simple

Elemento	Descripcion
PI	Punto de interseccion de la prolongacion de las tangents
PC	Punto donde empieza la curva simple
PT	Punto donde termina la curva circular

$\alpha$	Angulo de deflexion de las tangents
$\Delta C$	Angulo central de la curva circular
$\Theta$	Angulo de deflexion a un punto sobre la curva circular
$G_c$	Grado de curvatura de la curva circular
$RC$	Radio de la curva circular
$T$	Tangente de la curva circular o subtangente
$E$	External
$M$	Ordenada media
$C$	Cuerda
$CL$	Cuerda larga
$l$	Longitud de un arco
$l_e$	Longitud de la curva circular

**Nota:** (MTOPI, Normas de diseño de Geométrico de Carreteras., 2003)

- Longitud de curva ( $l_e$ ): Es la longitud de arco entre PT y PC (MTOPI., 2003).

$$\frac{L_c}{2\pi R} = \frac{\alpha}{360} \rightarrow l_e = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

- ETERNAL ( $E$ ): La más baja distancia entre la curva y PI (MTOPI., 2003).

$$E = [R(\sec) \left[ \frac{\alpha}{2} - 1 \right]]$$

- Tangente de curva ( $T$ ): Resulta de la distancia entre la curva y PI (MTOPI., 2003).

$$T = R * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- Ordenada media ( $M$ ): Longitud de flecha encontrada en medio de la curvatura (MTOPI.,2003).

$$M = R - R \cos \frac{\alpha}{2}$$

- Cuerda larga (CL): Cuerda resultante cuando los puntos de la curva se ubican en PC y PT(MTOP., 2003)

$$CL = 2 * R * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

- Cuerda (C): Recta formada entre dos puntos de la curva (MTOP., 2003).

$$C = 2 * R * \text{sen} \frac{\pi}{2}$$

- Deflexión en cualquier punto de la curva ( $\Theta$ ): Angulo que se produce por la sucesión de la tangente en PC y la tangente en el punto estimado (MTOP., 2003).

$$\theta = \frac{Gc * l}{20}$$

#### 2.2.9. Coeficiente de fricción lateral

El coeficiente de fricción lateral representa la resistencia entre los neumáticos y la superficie del pavimento durante un giro, siendo un factor clave en el diseño vial para garantizar la estabilidad y seguridad del vehículo al tomar curvas. Aunque este valor es fundamental para determinar el radio mínimo de curvatura que permite realizar giros seguros a determinadas velocidades, su magnitud varía según el estado del pavimento y las condiciones climáticas, lo que a su vez afecta la capacidad del conductor para mantener el control del vehículo. Por lo tanto, aunque un coeficiente alto favorece la seguridad y estabilidad, su constante cambio y la influencia de factores externos como el clima pueden dificultar la uniformidad en el diseño geométrico de las carreteras (Fonseca, 2014).

#### **Tabla 4**

*Coeficiente de fricción lateral en base a velocidad de diseño*

Velocidad De	T								
--------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

Diseño									
Km/h	máximo	e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04
20	0.350		7.32	7.58	8.08		18	20	20
25	0.315		12.48	13.12	13.66		20	25	25
30	0.284		19.47	20.50	21.67		25	30	30
35	0.255		26.79	30.02	32.7		30	35	35
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	40	50
45	0.200		55.75	59.94	64.82		58	60	65
50	0.165		72.91	78.74	86.69		75	80	90
60	0.185	105.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.35	187.75	189.73	203.07	160	170	185	205
80	0.140	209.97	229.95	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.55	298.94	328.70	366.55	275	300	330	320
100	0.130	342.35	374.95	414.42	465.16	350	375	415	465
110	0.124	425.34	467.94	517.80	550.95	430	470	520	585
120	0.120	515.39	588.93	629.92	708.85	520	570	630	710

**Nota:** (MTOPI, norma de diseño geométrico de carreteras, 2003)

### 2.2.10. Distancia de frenado

La distancia de frenado representa el recorrido que realiza un vehículo desde que se activan los frenos hasta que se detiene por completo. Esta distancia se compone de dos partes fundamentales: por un lado, la distancia de reacción, que es el espacio que el vehículo avanza mientras el conductor percibe el peligro y responde, generalmente entre 0.75 y 1.5 segundos; por otro lado, la distancia de frenado activa, que es la distancia que se necesita para frenar efectivamente una vez aplicados los frenos. Aunque ambas distancias juntas determinan el total necesario para detenerse, es importante reconocer que mientras la distancia de reacción depende del factor humano, variable e impredecible, la distancia de frenado activa está más

sujeta a condiciones técnicas y físicas, como el estado del vehículo y la carretera.

## Factores determinantes

- Velocidad inicial: A 90 km/h, la distancia de frenado se triplica comparado con 50 km/h.

$$Distancia = \frac{v^2}{180} \left( \frac{km}{h} \right)$$

- Estado técnico del vehículo:
  - Eficiencia de frenos (reducción del 15% por desgaste)
  - Adherencia de neumáticos (hasta 30% más de distancia con llantas lisas)

## Implicaciones en seguridad vial

Los diseños viales incorporan estos parámetros para determinar:

Longitud de carriles de deceleración

Señalización preventiva

Radio mínimo de curvas

Las normativas exigen mantener distancias de seguridad equivalentes a 3 segundos de intervalos entre vehículos, ajustables según condiciones ambientales.

Este enfoque técnico-operativo busca equilibrar la movilidad con la protección de usuarios, mediante estándares basados en pruebas de rendimiento dinámico (MTOP.,2003).

### 2.2.11. Las distancias de visibilidad

Se refiere a la longitud de la carretera que un conductor puede ver hacia adelante. Este concepto abarca dos aspectos importantes: la distancia necesaria para detener un vehículo, que puede verse afectada por limitaciones en la visibilidad horizontal o vertical, y la distancia requerida para adelantar a otro vehículo (Cobos, 2024).

- **La topografía**

Ciencia donde se utiliza técnicas o métodos para medir un terreno y obtener datos del entorno medido, como señalan Wolf y Ghilani (2016). Así, mientras busca exactitud, debe lidiar con la complejidad e incertidumbre propias del entorno natural.

- **El levantamiento topográfico**

Es un proceso que consiste en recopilar datos sobre la superficie del terreno donde se planea realizar un diseño vial. Existen varios métodos para obtener esta información, y los avances tecnológicos han facilitado el trabajo de los profesionales. Uno de los métodos más eficientes es el uso de la estación total, que resulta más rápido y sencillo que los métodos tradicionales. Este levantamiento permite crear una representación gráfica del terreno, lo que ayuda a visualizar los detalles necesarios para avanzar en la siguiente fase del diseño (Carvallo y Cobos, 2024).

#### **2.2.12. Distancia de visibilidad en curvas horizontales**

Varios son los elementos que perjudica las curvas y la visibilidad. Por un lado, las estructuras cercanas como muros, taludes o edificaciones pueden limitar la línea de visión, dificultando la anticipación de los conductores. Por otro lado, el diseño geométrico de la carretera, que contempla tanto el alineamiento horizontal como el vertical, busca maximizar la visibilidad para contrarrestar esos obstáculos.

$$m = Rc * (1 - \cos(\frac{28,65 * Dp}{Rc}))$$

Donde:

*Rc = Radio de curva critico*

*Dp = Distancia de frenado*

### 2.2.13. Distancias de visibilidad de parada

Es la longitud que un conductor necesita para detener su vehículo en caso de una emergencia o al encontrarse con un obstáculo inesperado. Esta distancia se calcula para asegurar que incluso conductores con habilidades por debajo del promedio puedan detenerse de manera segura ante un peligro. Es un aspecto esencial en el diseño geométrico de cualquier carretera, sin importar su tipo (MTOPI, 2003).

La distancia de visibilidad de parada,  $D$ , se divide en dos componentes: la distancia de percepción y reacción del conductor, llamada  $d_1$ , y la distancia de frenado, conocida como  $d_2$ . La distancia  $d_1$  depende del estado de alerta y la capacidad del conductor, y representa el recorrido del vehículo desde que se detecta el peligro hasta que se acciona el freno. Por otro lado,  $d_2$  es la distancia necesaria para detener el vehículo una vez que se ha aplicado el freno (MTOPI, 2003).

**Tabla 5**

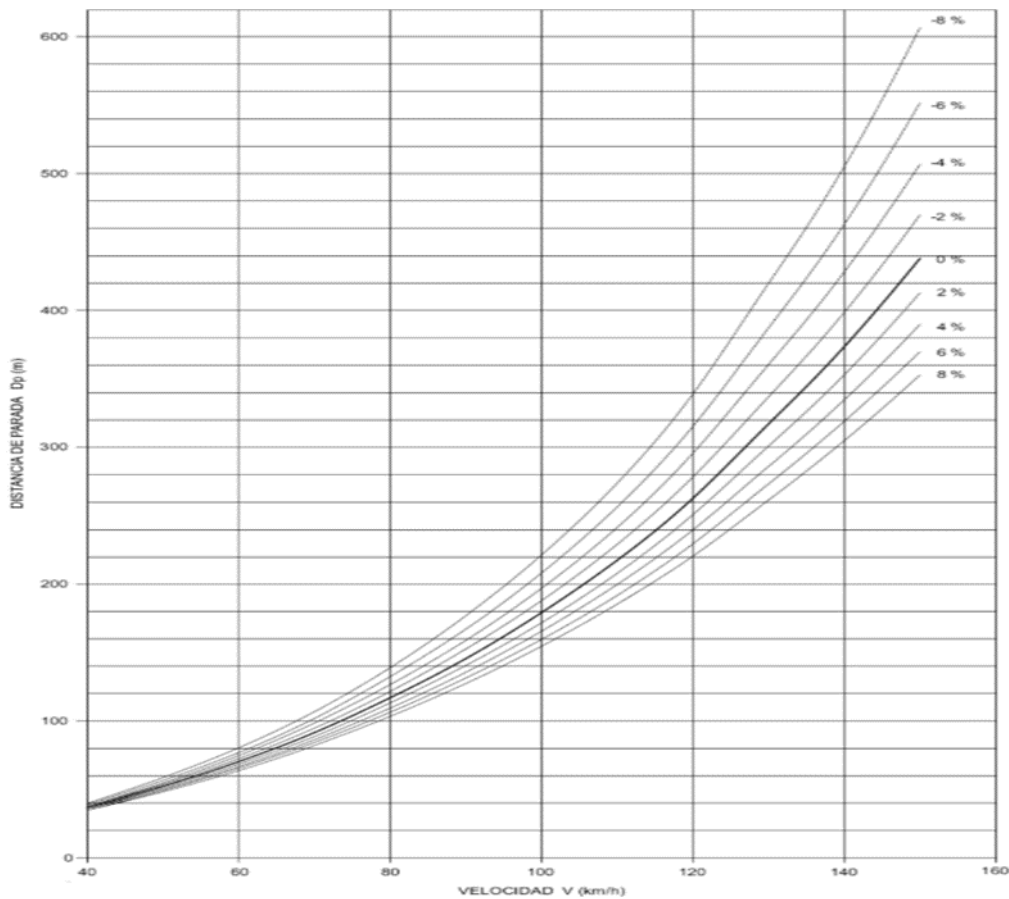
*Coefficiente de razonamiento longitudinal movilizado ( $f_1$ ) en una maniobra de frenado*

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$f_1$	0,432	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291	0,277	0,263

*Nota:* (MTOPI, 2003)

**Figura 5**

*Distancia de parada*



*Nota:* (MTOPI, 2003)

### 2.2.14. Distancia de visibilidad lateral

En el diseño de carreteras, es esencial garantizar una buena visibilidad lateral, especialmente en lugares como intersecciones y cruces ferroviarios. Esta visibilidad permite a los conductores detectar posibles peligros, como peatones o vehículos que se aproximan, lo que les ayuda a tomar decisiones más seguras. La distancia mínima necesaria para una visibilidad adecuada se determina mediante criterios técnicos que se enfocan en mantener la seguridad en estos puntos críticos (MTOPI, 2003).

$$dL = \frac{V_r}{V_v} * d$$

Donde:

$V_T = \text{Velocidad de transeunte promedio (se asume como } 10 \frac{\text{km}}{\text{h}})$

$V_v = \text{Velocidad de diseño de vehiculo, } (\frac{\text{km}}{\text{h}})$

$d = \text{Distancia de visibilidad para la parada de un vehiculo, m}$

### **2.2.15. Distancia de visibilidad para el rebasamiento de vehículos**

Con el enfoque principal en la seguridad de los usuarios de la vía, la estimación de la distancia necesaria para realizar una maniobra de avance se basa en la velocidad de diseño y en la longitud del tramo necesario para llevar a cabo la maniobra de manera segura.

$$DVP = 0,7V + \frac{V^2}{254f}$$

Donde:

$DVP$ : Distancia de visibilidad de parada

$V$ : Velocidad de diseño

$f$ : Fricción longitudinal

Para asegurar la seguridad en la carretera, la distancia necesaria para realizar un avance se determina en función de la velocidad y la longitud del tramo requerida para llevar a cabo la maniobra de forma segura. Este cálculo se simplifica mediante una fórmula que facilita su uso en el diseño de vías (Balcazar Ortiz, 2023).

$$DVR = 9,54V - 218$$

Donde:

$DVR$ : Distancia de visibilidad de rebasamiento

V: velocidad de diseño

**Tabla 6**

*Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento*

Vo, Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40		(80)
30	28	44		(110)
35	33	49		(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830
120	94	110	831	830

*Nota:* (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

## **Curvas verticales**

Las curvas verticales son componentes geométricos utilizados para unir dos pendientes consecutivos, permitiendo una transición suave y segura para los vehículos que transitan por la carretera. En el diseño de perfiles viales, se opta por el uso de parábolas, ya que su forma se asemeja a la de una curva circular, lo que favorece una transición gradual y cómoda.

### **Cóncavas**

Para garantizar la seguridad vial, es preferible que las curvas cóncavas sean lo más largas posible, ya que esto facilita que la distancia necesaria para detenerse coincida con el alcance de las luces de los vehículos al atravesar la curva. Sin embargo, aunque extender la longitud de estas curvas contribuye a una mejor visibilidad y mayor seguridad, no siempre es fácil implementarlo debido a las limitaciones del terreno o costos constructivos. Para determinar la longitud adecuada de estas curvas verticales, se emplea una fórmula específica que guía su diseño (Fonseca, 2014).

$$Lv = Kx A$$

Donde:

Lv: Longitud m de la curva vertical

K: Coeficiente para curvas cóncavas

A: Diferencia entre gradientes

Para calcular la velocidad mínima de curvas cóncavas:

$$Lvmin = 0.60xV$$

Donde:

Lvmin: Longitud mínima de la curva vertical

V: Velocidad de diseño.

### **Convexas**

Este cálculo tiene en cuenta tanto la altura del conductor como la del objeto que se debe detectar. Con esta información, se puede determinar la longitud adecuada de la curva utilizando una fórmula específica. (Morocho, 2024)

$$L = K * A$$

Donde:

Lv: Longitud m de la curva vertical

K: Coeficiente para curvas cóncavas

A: Diferencia entre gradientes

### Tabla 7

Valores mínimos para el coeficiente K

Tipo de Carretera	valor Recommendable			Valor absoluto		
	LL	O	M	LL	O	M
R-I o R-II	115	80	43	80	43	28
I	80	60	28	60	28	12
II	60	43	19	43	28	7
III	43	28	12	28	12	4
IV	28	12	7	12	3	2
V	12	7	4	7	3	2

**Nota:** “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras” MTOP-001-F-2003

#### 2.2.16. Sobreancho de curvas

El sobreancho en las curvas horizontales es esencial para aumentar la seguridad y comodidad del tráfico. Esto se debe a que, al girar, los vehículos requieren más espacio, ya que las ruedas traseras siguen una trayectoria diferente a la de las delanteras. Además, los conductores pueden tener dificultades para mantener su posición en el carril debido a la visibilidad limitada en las curvas, lo que se mejora con radios más amplios (MTOP, Republica del Ecuador Ministerio de Obras Publicas y comunicaciones, 2002).

$$S = n * (R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$$

Donde:

N= número de carriles

R = Radio de la curva, m

L = Distancia entre parte frontal de vehículo de Diseño y su eje trasero

V = Velocidad de diseño

### **2.3. Transito**

El flujo de vehículos en las vías públicas es fundamental para la planificación de infraestructuras viales. Es importante conocer el volumen de tráfico para diseñar carreteras que se adapten a las necesidades específicas del tráfico en un área determinada.

#### **2.3.1. TPDA**

El promedio de vehículos que transitan por una carretera en un año es un indicador crucial para analizar el tráfico. Esta información es esencial para el diseño, mantenimiento y planificación de infraestructuras viales, ya que ayuda a adaptar las características de la vía a las necesidades del flujo vehicular (MTOPI, 2003).

$$TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM$$

Donde:

To = Trafico observado

##### **2.3.1.1. Estudio de trafico**

El diseño de carreteras se basa en datos de tráfico que se comparan con la capacidad máxima de la vía para soportar vehículos, lo que afecta las características geométricas de la carretera (ASTEC, 2003). Para obtener información sobre el tráfico, es crucial analizar el volumen y tipo de vehículos que circulan actualmente, así como hacer proyecciones para el futuro (AASHTO, 1993). En proyectos que buscan mejorar carreteras existentes o crear nuevas conexiones, es más sencillo medir el tráfico actual y anticipar la demanda futura. Sin embargo, en áreas menos

desarrolladas, calcular el tráfico se vuelve más complicado, especialmente en países con grandes extensiones aún no aprovechadas. Además, estos proyectos viales están conectados con otras iniciativas de infraestructura, como las relacionadas con la agricultura y la energía, lo que influye en la demanda de tráfico. Por lo tanto, es fundamental no solo estimar la demanda más probable, sino también considerar escenarios extremos, tanto máximos como mínimos, para entender cómo podrían afectar el proyecto (MTO, 2013).

### **2.3.2. Tráfico actual**

El actual se refiere a la cantidad de vehículos que circularán por una carretera antes de que se lleven a cabo mejoras, o al volumen de tráfico que se esperaría en una nueva carretera si ya estuviera operativa. En el contexto de una carretera que se va a mejorar, el tráfico actual se compone de dos elementos clave: el número de vehículos que ya utilizan la vía y las proyecciones sobre cómo podría aumentar ese tráfico una vez que se realicen las mejoras. Esto es fundamental para entender las necesidades de la infraestructura y garantizar que se adapte adecuadamente al flujo vehicular existente y futuro (Fonseca, 2014).

### **2.3.3. Tráfico existente**

Este es el volumen de tráfico que ya utiliza la carretera antes de cualquier mejora, obtenido a través de estudios de tráfico previos (ASTE, 2003).

### **2.3.4. Tráfico desviado**

El tráfico desviado se refiere a los vehículos que cambian de ruta y utilizan una carretera mejorada una vez que está en funcionamiento, atraídos por los beneficios en tiempo. En el caso de una carretera nueva, el tráfico actual se compone tanto del tráfico desviado como del tráfico inicial que surge del desarrollo en el área de influencia de la carretera (ASTE, 2003).

### **2.3.5. Tráfico futuro**

Para la planificación de infraestructuras viales, es fundamental evaluar el estado actual del tráfico y prever su comportamiento en un horizonte de 15 a 20 años. Este análisis incluye el

crecimiento natural del tráfico, el que se genera por nuevos desarrollos y el impacto del crecimiento urbano. Estas proyecciones son claves para clasificar las vías según su función y establecer parámetros como la velocidad de diseño y otros aspectos geométricos del trazado.

$$Tf = Ta * (1 + i)^n$$

Donde:

i = tasa de crecimiento poblacional

n = Años a proyectar

### **2.3.6. Trafico general**

El trafico generado abarca los desplazamientos que se producirían exclusivamente debido a las mejoras propuestas, como:

- Viajes no realizados anteriormente.
- Viajes efectuados por un transporte público.
- Viajes con otras rutas que actualmente pasan por carreteras en mejor estado

Generalmente, este tipo de tráfico se manifiesta en los dos años siguientes a la finalización de las obras. Aunque no hay estudios específicos en el país sobre este comportamiento, es crucial estimar la relación entre el nivel de mejora y el volumen de tráfico (ASTECC, 2003). Por ejemplo, si los costos disminuyen un 20%, el tráfico generado sería el 10% del volumen pronosticado. Además, se establece un límite máximo de incremento del 20% del tráfico normal para evitar estimaciones poco realistas (Yamasqui, 2022).

### **2.3.7. Cálculo de variaciones de (factores)**

#### **2.3.7.1. Factor Horario (FH)**

Este procedimiento permite convertir el volumen de tránsito registrado durante un período específico de horas en un valor representativo del Volumen Diario Promedio, facilitando así su utilización en el análisis y diseño vial (MTOPT, 2003).

#### **2.3.7.2. Factor Diario (FD)**

Este procedimiento facilita la conversión del Volumen Diario Promedio en un Volumen Semanal Promedio, lo cual resulta útil para una caracterización más completa del comportamiento del tránsito vehicular a lo largo de la semana (MTOP, 2003).

#### **2.3.7.3. Factor Semanal (FS)**

Este proceso transforma el tráfico semanal promedio en un promedio mensual, ofreciendo una base más amplia para planificar y evaluar el comportamiento del tráfico a largo plazo. (MTOP.,2003)

#### **2.3.7.4. Factor Mensual (FM)**

Este procedimiento permite transformar el volumen promedio mensual de tránsito en el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), valor fundamental para el análisis y dimensionamiento de las infraestructuras viales, ya que refleja de manera representativa la intensidad media del flujo vehicular a lo largo del año (MTOP, 2003).

**To:** Trafico observado

**Flujo vehicular estimado:** Se calcula utilizando la siguiente expresión

$$TPDA_{proyectada} = TPDA * (1 + r)^t$$

#### **2.3.7.5. Factor Camión**

El factor de carga se refiere a la cantidad de repeticiones equivalentes de carga estándar (ESAL) que un vehículo genera al transitar por una carretera. Este valor puede calcularse de forma específica para cada tipo de camión o estimarse como un promedio que representa a todos los vehículos de carga, dependiendo de las características del tráfico en esa vía. Sin embargo, para lograr un diseño estructural más preciso, es recomendable calcular este factor de manera diferenciada según la categoría general de camiones que se estén considerando (AASHTO, 1993).

#### **2.3.8. ESALS**

El rendimiento del pavimento está influenciado por las cargas que recibe, las cuales dependen del número y el peso de los ejes de los vehículos que transitan por él. Este enfoque permite evaluar de manera más uniforme el desgaste del pavimento, teniendo en cuenta el impacto acumulado de todos los vehículos que circulan por la vía (AASHTO, 1993).

$$LEF = \frac{\text{No. DE ESALs DE 80 KN que producen una perdida de serviciabilidad}}{\text{No. de ejes de x KN que producen la misma perdida de serviciabilidad}}$$

### 2.3.9. Clasificación de vías por su función

#### 2.3.9.1. Clasificación de vías en función al TPDA

En el contexto del sistema vial nacional actual, las carreteras se clasifican según el volumen de tráfico que soportan o que se espera que manejen en un año base. Esta clasificación es fundamental, ya que permite que las vías se diseñen con parámetros funcionales y geométricos que se alineen con su jerarquía. Además, se considera que la construcción de estas infraestructuras puede llevarse a cabo de manera gradual, adaptándose al crecimiento del tráfico y a la disponibilidad de recursos financieros (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

**Tabla 8**

*Clasificación de carreteras en base al TPDA*

Clasificación de vías en base al TPDA	
Clase	Trafico Proyectado
R-I o R-II	>8000
I	3000 a 8000
II	1000 a 3000
III	300 a 1000
IV	100 a 300
V	< 100

*Nota:* (MTOPE., 2003)

### 2.3.9.2. Categorización de carreteras según su función en la red vial

La categorización de las carreteras según su función dentro de la red vial es un aspecto fundamental para garantizar un diseño adecuado y eficiente. Esta clasificación se basa en el impacto que la vía tiene sobre la red, el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) que soporta y su propósito funcional. Definir claramente la jerarquía de una carretera permite anticipar el crecimiento del tráfico durante las etapas de planificación y diseño, asegurando que la infraestructura pueda responder a las demandas futuras con seguridad y eficacia (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador [MTOPE], 2013).

**Tabla 9**

Funcion	Tipo de Carretera	TPDA Obtenido
Corridor arterial	RI-RIII	>8000
	I	3000-8000
	II	1000-3000
Colectora	III	300-1000
	IV	100-300
Vecinal	V	< 100

*Jerarquía de la vía función*

*Nota:* (MTOPE, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

### 2.3.9.3. Corredores Arteriales

Son vías de gran relevancia, ya que conectan puntos estratégicos con el resto del país y permiten realizar viajes de larga distancia de manera efectiva. Para garantizar que la circulación sea

segura y eficiente en estas rutas, es fundamental que cumplan con ciertos requisitos, como tener una alta capacidad para el tráfico, un control adecuado de los accesos, una regulación de los giros y el cumplimiento de estándares geométricos apropiados (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

#### **2.3.9.4. Vías colectoras**

Desempeñan un papel crucial al conectar áreas rurales con la red principal de carreteras. Su diseño está orientado a facilitar el tráfico regional, asegurando que se cumplan los estándares geométricos necesarios para permitir una circulación fluida y eficiente. Esto es fundamental para mejorar la movilidad en estas zonas y garantizar que los usuarios puedan desplazarse con comodidad (MTOPE, Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

#### **2.3.9.5. Caminos vecinales**

Los caminos vecinales son carreteras convencionales que unen áreas rurales y zonas agrícolas, y están diseñados para manejar un tráfico local de baja intensidad. Su papel es fundamental para facilitar la movilidad en regiones menos transitadas, permitiendo que las comunidades accedan a servicios y recursos esenciales. Estas vías son vitales para el desarrollo y la conectividad de las áreas rurales (MTOPE, Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)

#### **2.3.10. Clasificación de terrenos**

De acuerdo con la normativa para estudios y diseños viales (NEVI-12, volumen 2), los terrenos se clasifican según sus características topográficas, dividiéndolos en cuatro categorías principales. Esta clasificación es esencial para garantizar que las vías se diseñen de manera adecuada y segura, adaptándose a las condiciones del terreno.

##### **2.3.10.1. Terreno plano**

Se las conoce por que su pendiente transversal es inferior a 5 grados en el eje de la vía. Este tipo de terreno no presenta complicaciones en el trazado ni en la excavación, y las pendientes longitudinales son menores al 3% (Morocho, 2024).

#### **2.3.10.2. Terreno ondulado**

Se caracteriza por tener pendientes transversales al eje de la vía que oscilan entre seis y trece grados ( $6^{\circ}$  -  $13^{\circ}$ ).

#### **2.3.10.3. Terreno montañoso**

Tienen pendientes trasversales que varían entre 13 a 40 grados al eje de la vía. Este tipo de terreno a menudo requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, lo que genera complicaciones en el trazado y la excavación. Las pendientes longitudinales predominantes oscilan entre el 6% y el 8% (Solano, 2023).

#### **2.3.10.4. Terreno escarpado**

Se define por tener pendientes transversales al eje de la vía que superan los  $40^{\circ}$ . Durante la construcción, este tipo de terreno requiere un movimiento máximo de tierras, lo que genera significativas complicaciones en el trazado y la excavación, ya que los alineamientos están determinados por las divisorias de aguas. Las pendientes longitudinales en este tipo de terreno superan el 8% (Wolf y Ghilani, 2016).

### **2.4. Suelo**

Para proyectos de edificios, carreteras y puentes lo más importante es el sitio donde se va a construir. Su importancia reside en su impacto sobre la estabilidad estructural, la capacidad de carga y su relación con el entorno natural.

### **2.5. Topografía**

A partir de esta información, se puede procesar y determinar las posiciones relativas de los puntos ubicados tanto sobre como debajo de la superficie terrestre. (Wolf y Ghilani, 2016)

#### **2.5.1. Análisis topográficos mediante tecnología RTK**

El sistema RTK representa una tecnología avanzada de posicionamiento que ofrece una precisión extremadamente alta, con errores de solo unos centímetros. Esto lo hace esencial en aplicaciones que requieren una localización exacta en tiempo real, como la topografía y otras áreas que demandan precisión absoluta (Geometer - Agricultura de precisión y GNSS para industrias, 2024).

## 2.6. Normativa técnica

Se define como un documento importante que debe estar aprobado mediante acuerdos donde exponen las características que deben tener como requisitos mínimos de ciertos productos de acuerdo a su uso. Aunque estas normas buscan garantizar calidad y seguridad, en ocasiones pueden limitar la innovación o la flexibilidad en la ejecución. En ingeniería civil, existen múltiples regulaciones que supervisan aspectos tanto constructivos como administrativos.

## 2.7. AASHTO 93

En la metodología AASHTO-93 se usa una ecuación para obtener el número estructural (SN), la cual es especial para saber que espesor de pavimento se puede utilizar. Este parámetro no solo refleja el espesor necesario, sino que también está influenciado por factores como el volumen de tránsito y la confiabilidad. Lo que nos resulte del SN nos sirve para sacar los espesores de las diferentes capas que son parte de la estructura del pavimento (García, 2015).

### 2.7.1. Método AASHTO para diseño de pavimentos flexible

El método AASHTO proporciona un enfoque completo para el diseño y la rehabilitación de pavimentos, ya sean de concreto rígido, asfalto flexible o superficies de rodadura para caminos con poco tráfico. Su principal objetivo es garantizar que cada capa del pavimento tenga el espesor adecuado para soportar las cargas de tráfico que se anticipan.

$$\text{Log}W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left( \frac{\Delta PSI}{2.1 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}M_R$$

### **2.7.2. Drenaje y evacuación de agua**

Un diseño bien pensado de cunetas y sistemas de drenaje es clave para mantener la integridad de las vías. Esto se debe a que evita que el agua se acumule en la superficie, lo que puede causar problemas como deslizamientos y baches, poniendo en riesgo la seguridad de los usuarios. Aunque una buena evacuación de las aguas pluviales ayuda a proteger y extender la vida útil del pavimento, un manejo inadecuado o insuficiente de estos sistemas puede acelerar el deterioro y poner en jaque la infraestructura. Por lo tanto, asegurar un drenaje eficiente es fundamental para mantener las carreteras en condiciones óptimas.

## **2.8. Geotecnia**

La geotecnia es una rama de la ingeniería que se dedica a estudiar y desarrollar métodos para construir sobre diferentes tipos de terrenos. Su enfoque principal es analizar la composición y las características del suelo para comprender cómo este responde a diversos factores. Mediante estudios exhaustivos del suelo, la Geotecnia evalúa su comportamiento y seguridad en los proyectos de ingeniería civil (DAS, 2013).

### **2.9. Análisis de suelos y estudio geotécnicos**

Un estudio geotécnico consiste en una evaluación minuciosa del suelo en un área determinada. Este análisis emplea pruebas especializadas para identificar las características del terreno que son esenciales para la construcción de una estructura específica (DAS, 2013).

#### **2.9.1. Ensayo de granulometría**

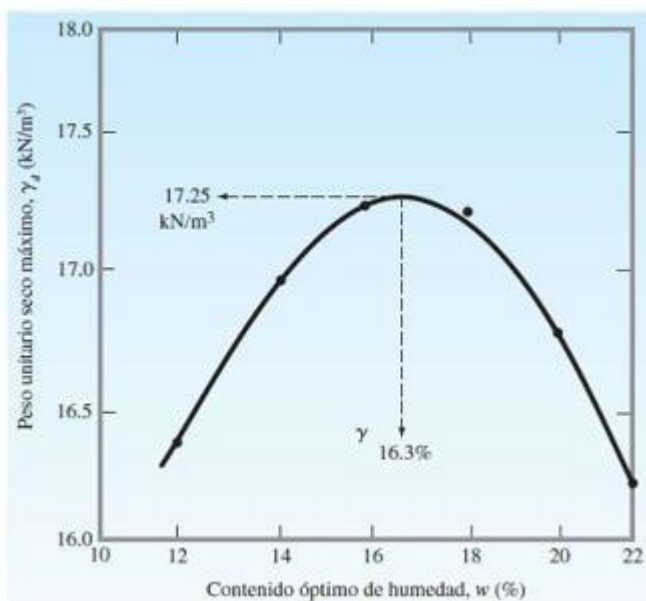
El ensayo de granulometría es un proceso que analiza cómo se distribuyen los tamaños de las partículas en una muestra de suelo. El objetivo de este estudio es comprender cómo estas partículas afectan las propiedades del suelo. Además, es fundamental que el ensayo se lleve a cabo siguiendo normas específicas para garantizar que los resultados sean precisos (DAS, 2013).

#### **2.9.2. Ensayo de Proctor estándar y Proctor modificado**

Los ensayos Proctor Estándar y Proctor Modificado son técnicas utilizadas para establecer la compactación óptima de un suelo y su nivel de humedad ideal. Ambos métodos implican el uso de un martillo apisonador que se deja caer sobre capas de suelo dentro de un molde cilíndrico estandarizado. La principal diferencia entre estos ensayos radica en la energía de compactación, que varía según el peso del martillo y el tamaño del molde.

**Figura 6**

*Curva generada con el ensayo Proctor*



*Nota:* (Braja M Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta edición, 2013)

**2.9.3. Ensayo de CBR (california Bearing Ratio)**

El ensayo CBR es un método utilizado para medir la capacidad de carga de suelos compactados, como los que se encuentran en terraplenes y capas de pavimento. Este proceso es útil para clasificar los suelos y se lleva a cabo siguiendo normas específicas para asegurar que los resultados sean precisos (DAS, 2013).

**Tabla 10**

*Clasificación del suelo mediante valores de CBR clasificación*

%CBR	Clasificación	Uso
2-5	Muy mala	Subrasante
5-8	Mala	Subrasante
8-20	Regular-Buena	Subrasante
20-30	Buena	Subrasante
30-60	Buena	Sub-Base
60-80	Muy Buena	Sub-Base Base
80-100	Excelente	Base

*Nota:* (castro, mecánica de suelos., 2013)

## **2.10. Pavimentos**

El diseño de pavimentos consiste en calcular con precisión el grosor de cada capa que forma la estructura del pavimento, con el fin de asegurar que pueda soportar las cargas de tráfico durante un tiempo determinado. Esta metodología se utiliza para definir la estructura adecuada y las especificaciones técnicas necesarias para la construcción de carreteras y pavimentos, garantizando su funcionalidad, seguridad y eficiencia a lo largo de su vida útil (DAS, 2013).

### **2.10.1. Pavimento rígido**

Los pavimentos rígidos están compuestos principalmente por losas de concreto que se colocan directamente sobre la subrasante o sobre una capa intermedia conocida como subbase. Además, su capacidad para resistir tensiones asegura un buen desempeño del pavimento, incluso en áreas donde la base puede ser más débil. La resistencia estructural de estos pavimentos depende en gran medida de la fortaleza de las lasas de concreto, así como del soporte que brindan las capas subyacentes (DAS, 2013). Los pavimentos semirrígidos tienen una estructura similar a la de los pavimentos flexibles, pero se diferencian en que una de sus capas se endurece

artificialmente mediante la incorporación de aditivos. Este proceso busca mejorar o ajustar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no cumplen con las especificaciones técnicas o que no alcanzan la calidad necesaria para las capas del pavimento. Esta solución es especialmente valiosa cuando los materiales adecuados no están disponibles en las cercanías, lo que podría incrementar considerablemente los costos de construcción (AASHTO, 1993).

### 2.10.2. Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles se conforman generalmente por una capa superior de mezcla asfáltica, conocida como carpeta asfáltica, la cual se coloca sobre una estructura de soporte compuesta por dos capas inferiores: la base y la subbase, ambas diseñadas para distribuir las cargas del tránsito hacia el suelo de fundación (DAS, 2013).

Formula del pavimento flexible

$$\text{Log}W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left( \frac{\Delta PSI}{2.1 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}M_R - 8.07$$

Donde:

- $W_{180}$  = Numero de ejes simples equivalentes a 8.2 Ton
- $Z_R$  = Desviación Estándar Normal
- $\Delta PSI$  = Diferencia de índices de servicialidad
- $MR$  = Modulo Resiliente
- $SN$  = Numero Estructural

#### ○ Determinación de espesor de capas

### Modulo Resiliente Y Coeficiente Estructural De La Base Y Subbase

Podemos obtener el módulo resiliente de la capa de subrasante, mediante la siguiente ecuación:

$$Mr = 1500 * CBR$$

#### **2.10.2.1. Base**

Esta capa, que forma parte de la estructura del pavimento, se encuentra generalmente debajo de la capa asfáltica en pavimentos flexibles, bajo la losa de concreto en pavimentos rígidos y bajo la capa estabilizada con un material cementante hidráulico en pavimentos semirrígidos (Rondón & Reyes Lizcano, 2015). Según la normativa MOP-001-F (2002), "el valor de soporte de CBR debe ser igual o superior al 80%" (pp. IV-48).

#### **2.10.2.2. Subbase**

Se entiende como la capa dentro de la estructura del pavimento situada debajo de la base granular. Esta capa está compuesta por materiales granulares no tratados y se coloca generalmente sobre la subrasante, la cual puede estar mejorada, ser un afirmado o un terraplén (Rondón & Reyes Lizcano, 2015). Según la normativa MOP-001-F (2002), "la capacidad de soporte debe corresponder a un CBR igual o superior al 30%" (pp. IV-38). Además, el ábaco que aparece en el Anexo I se utiliza para determinar el Módulo Resiliente y el Coeficiente Estructural tanto de la subbase como de la base.

#### **2.10.2.3. Carpeta asfáltica**

La capa de rodadura en los pavimentos desempeña varias funciones fundamentales. En primer lugar, debe proporcionar una superficie de rodaje estable y uniforme, con características de textura y color apropiadas, capaz de resistir los efectos abrasivos generados por el tráfico vehicular (DAS, 2013). Además, es esencial que sea impermeable, evitando así la infiltración de agua que podría comprometer la integridad estructural del pavimento y su durabilidad. Finalmente, su resistencia a la tensión contribuye a la capacidad estructural del pavimento, asegurando que sea capaz de soportar tanto las cargas dinámicas como las estáticas durante su vida útil (Montejo, 2002).

### **2.11. Diseño de pavimento flexible**

Teniendo en cuenta que la estructura necesita soportar un alto volumen de tráfico, superior a 50.000 vehículos equivalentes a 8.2 toneladas de carga, se recomienda limitar los tratamientos superficiales al concreto asfáltico y a los tratamientos superficiales en el caso de pavimentos flexibles (DAS, 2013).

### 2.11.1. Confiabilidad (R)

La confiabilidad de un pavimento se refiere a la probabilidad de que, bajo las condiciones de carga específicas, el pavimento mantenga un nivel mínimo de servicio, sin superar las cargas aplicadas en ese momento. En la Tabla 8 se presentan los valores de confiabilidad correspondientes, clasificados según la función del pavimento (AASHTO, 1993).

**Tabla 11**

*Niveles de confiabilidad sugeridos de acuerdo a su funcionalidad*

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y Otras Vías Libres	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

*Nota:* (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

- **Desviación estándar**

Se la conoce como **Zr** y se la vincula estrechamente con la confiabilidad (R) y se puede determinar con la siguiente tabla:

**Tabla 12**

*Desviación estándar según el nivel de confiabilidad*

R (%)	ZR
50	0.000

70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
92	-1.405
94	-1.555
95	-1.645
98	-2.054
99.99	-3.750

*Nota:* (AASHTO, 1993).

Error estándar combinado ( $S_o$ ) es un concepto fundamental en el diseño de pavimentos, ya que considera diversas variaciones que pueden afectar el rendimiento del pavimento. Según Rondón y Reyes Lizcano (2015), este error incluye discrepancias en el diseño, variaciones en las propiedades de los materiales, características de la subrasante. (DAS, 2013)

La siguiente tabla contiene los valores de  $S_o$ :

**Tabla 13**

*Factor de Desviación Estándar*

<b>Proyecto de Pavimento</b>	<b>Flexible</b>	<b>Rígido</b>
<b>Construcción nueva</b>	0.45	0.35
<b>Sobre Capas</b>	0.50	0.40

*Nota:* Elaboración basada en (Rondón y Reyes Lizcano,2013)

### **2.11.2. Índice de serviabilidad**

Señala la capacidad de soporte que tenga para un cierto tráfico sobre el pavimento calificados por un ( $\Delta PSI$ ) presente, que oscila entre 0, que indica una vía intransitable, y 5, que representa condiciones óptimas. Aunque este indicador es fundamental para diseñar pavimentos capaces

de resistir un volumen específico de tráfico y mantener un nivel mínimo de funcionalidad al finalizar su vida útil, también revela una dualidad: mientras un alto índice garantiza seguridad y comodidad para los usuarios, un índice bajo expone las deficiencias en la infraestructura y el riesgo que esto implica. Por ello, considerar este índice es esencial para asegurar tanto la calidad como la seguridad de la carretera a lo largo del tiempo (Montejo, 2002; DAS, 2013).

**Tabla 14**

*Serviabilidad inicial*

<b>Tipo de pavimento</b>	<b>Serviabilidad inicial</b>
Flexible	4.2
Rígido	4.5

*Nota:* (AASHTO, 1993).

**Tabla 15**

*Serviciabilidad final*

<b>Tipo de vía</b>	<b>Serviciabilidad final</b>
Autopista	2.5-3.0
Carreteras	2.0-2.5

*Nota:* (AASHTO, 1993).

### **2.11.3. Modulo Resiliente ( $M_R$ )**

Se utiliza para determinar cómo el suelo responde a cargas, lo que ayuda a diseñar estructuras pavimentarias adecuadas. Este parámetro es esencial para evaluar el comportamiento del suelo bajo condiciones reales.

$$M_R = 1500 * CBR \text{ para } CBR < 10\% [PSI]$$

$$M_R = 3000 * CBR^{0.65} \text{ para } CBR \text{ entre } 7.2\% \text{ a } 20\% [PSI]$$

**Tabla 16***Intervalo del Módulo Resiliente Kg/cm<sup>2</sup>*

<b>ENTORNOS DE LA RESISTENCIA</b>			
<b>CATEGORÍA</b>	<b>INTERVALO MÓDULO RESILIENTE</b>	<b>INTERVALO C.B.R. %</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
S1	300-500	$3 \leq CBR < 5$	Categoría que comprende los suelos que, por condiciones topográficas y drenaje natural, se encuentran con elevados contenidos de humedad.
S2	500-700	$5 \leq CBR < 7$	En esta categoría están los grupos de los suelos conformados por cenizas volcánicas, abundantes en la zona andina con elevados contenidos de humedad. También los grupos de suelos sedimentarios arenos-arcillosos con humedades naturales que proporcionan a los suelos consistencias entre bajas y medias.
S3	700-1000	$7 \leq CBR < 10$	En esta categoría se ubican los depósitos con altos contenidos de fragmentos de roca, ubicados en las zonas relativamente secas.
S4	1000-1500	$10 \leq CBR < 15$	Suelos areno-limosos ubicados en regiones cálidas húmedas.
S5	>1500	$CBR > 15$	En esa categoría están los suelos gruesos de origen ígneo, depósitos aluviales recientes, algunos depósitos de arenas eólicas.

**Nota:** Ingeniería de Pavimentos (p.183), por Alfonso Montejo, 2002

#### 2.11.4. Módulo de resiliente y coeficiente estructural de la mezcla asfáltica

- **Mezcla Asfáltica**

El coeficiente estructural  $a_1$  describe la mezcla asfáltica y su espesor, y se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$a_1 = 0.184 * \ln(E) - 1.9547$$

#### 2.11.5. Numero estructural (SN)

El número estructural (SN) es un valor abstracto que refleja la resistencia estructural del pavimento necesaria para una combinación específica de cargas ( $MR$ ), el desplazamiento total, expresado como una carga equivalente de 18 kips por eje único, así como las condiciones de servicialidad y ambientales. Este valor debe ser incorporado en el diseño, y puede ser convertido en los espesores adecuados para la superficie, subbase y base mediante los coeficientes de capa correspondientes, los cuales representan la resistencia relativa de los materiales estructurales utilizados (AASHTO, 1993).

Ecuación

$$SN = a_1H_1 + a_2H_2m_2 + a_3H_3m_3$$

#### 2.11.6. Determinación de números estructurales

El diseño efectivo de pavimentos depende en gran medida del valor del CBR (California Bearing Ratio), que según el Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2002), tener un 30% para evaluar. De manera similar, para la base del pavimento se recomienda un CBR mínimo del 80%, también determinado mediante estos ábacos. Aunque este procedimiento ayuda a asegurar que los materiales seleccionados cumplan con los requisitos para un diseño duradero

y adecuado, no siempre es sencillo cumplir con estos mínimos en todos los proyectos debido a restricciones del terreno y costos asociados. Además, para establecer el coeficiente estructural del asfalto se emplea una fórmula específica que complementa este proceso, equilibrando la teoría con las condiciones reales del campo (DAS, 2013).

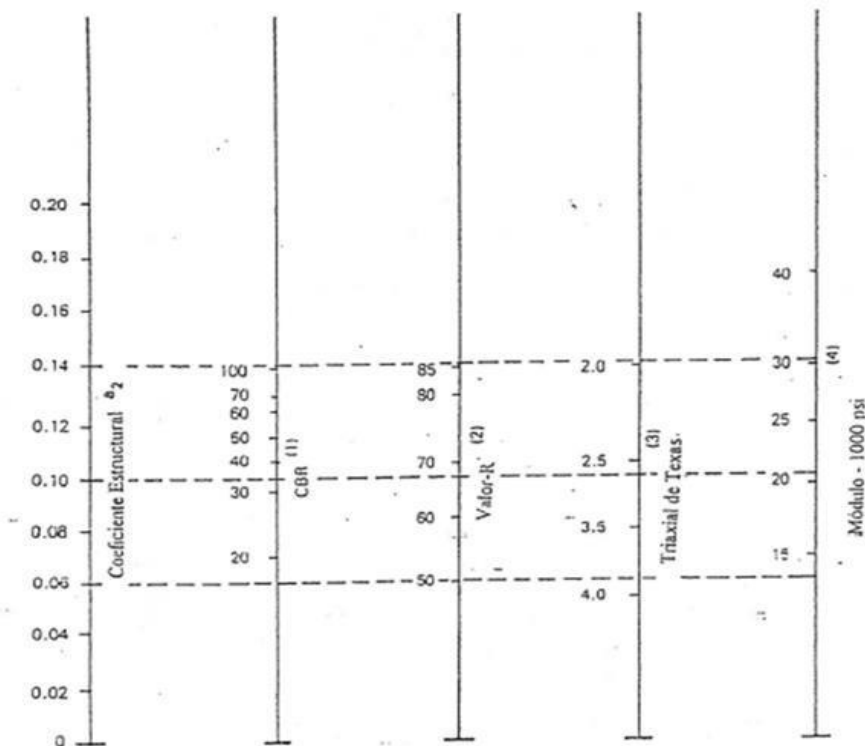
$$a_1 = 0.184 * \ln(Mr) - 1.9547$$

Donde:

- $a_1$ = Coeficiente estructural del asfalto
- $Mr$ = Módulo de resiliencia del asfalto

**Figura 7**

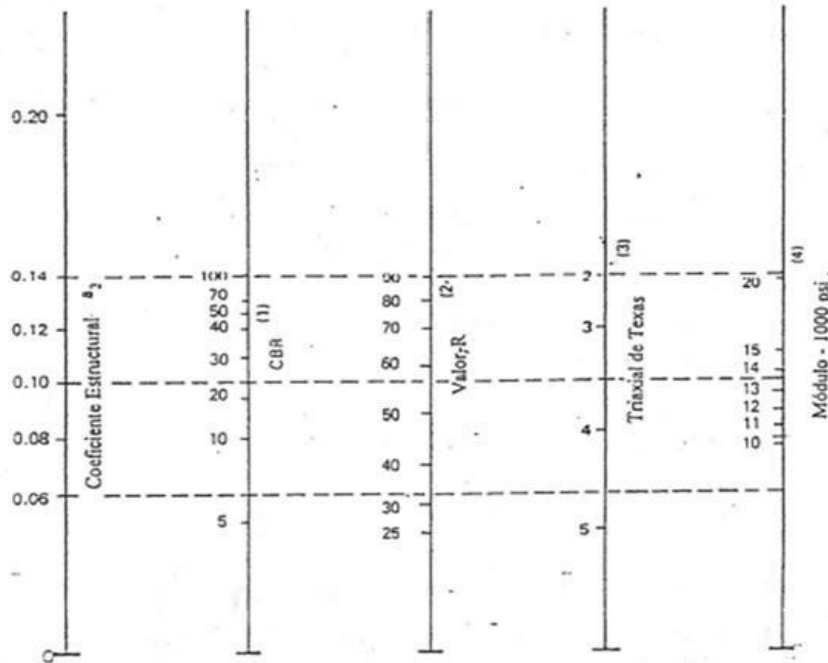
*Abaco para el cálculo del coeficiente  $a_2$  para Base*



**Nota:** (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

**Figura 8**

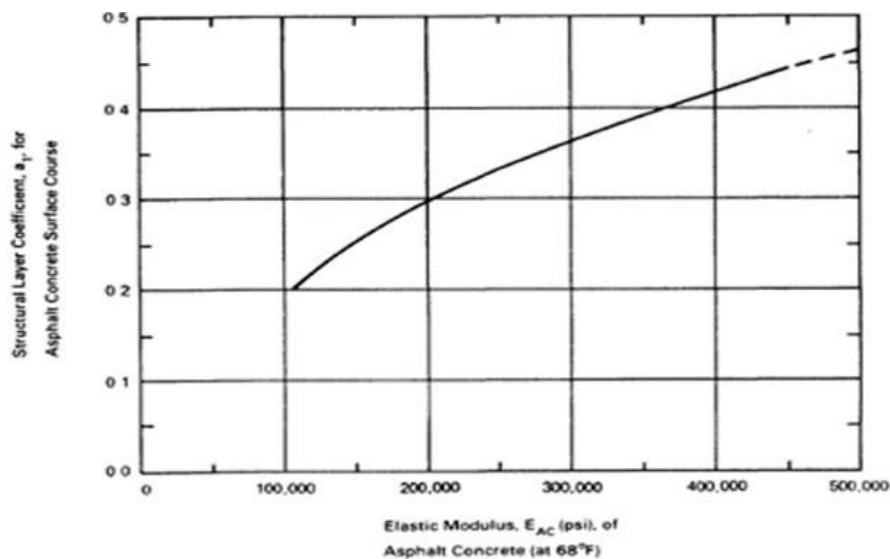
Abaco para el cálculo del coeficiente  $a_3$  para subbase



Nota: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

**Figura 9**

Abaco para el cálculo del coeficiente  $a_1$  para asfalto



Nota: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

### **2.11.7. Perdida de serviabilidad**

La serviciabilidad de los pavimentos se refiere a su capacidad para adaptarse al tráfico vehicular que los utilizan. La forma más efectiva de medir esta capacidad es a través de los índices de servicio actual (PSI). Según Montejo (2002), los criterios de diseño deben considerar tanto los aspectos operativos como de mantenimiento, lo que permite que los pavimentos sean diseñados para cumplir con los volúmenes de tráfico previstos y el nivel mínimo de operación requerido al final de su ciclo de vida (Cobos, 2024).

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

- $\Delta PSI$  = Índice de serviabilidad
- $P_o$  = Serviabilidad Inicial
- $P_t$  = Serviabilidad Final

### **2.11.8. Condiciones ambientales y drenaje**

La determinación de los coeficientes de drenaje en capas granulares (base y subbase) requiere un análisis integral que evalúe:

1. Propiedades físicas del material (granulometría, plasticidad, permeabilidad)
2. Eficiencia del sistema de drenaje instalado (tiempos de evacuación de agua)
3. Exposición temporal a condiciones críticas de humedad, definidas como periodos donde la estructura supera el 80% de saturación según mediciones in situ (Rondón & Reyes, 2015).

### **2.11.9. Características del drenaje**

El drenaje juega un papel fundamental en la planificación de infraestructuras viales, pero los métodos de asfaltado que se utilizan hoy en día a menudo recurren a subrasantes con baja

permeabilidad. Al momento de desarrollar las normativas, es esencial establecer condiciones adecuadas para el drenaje, ya que no se pueden determinar sus características si no se cumplen los estándares reales.

**Tabla 17**

*Coefficientes de drenaje m recomendados para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases*

Calidad de drenaje	% De tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad proximos a la saturacion			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

**Nota:** (AASHTO, American Association of State Higway and Transportation Officials, 1993)

#### **2.11.10. Diseño estructural**

El diseño estructural de un pavimento flexible es un proceso detallado que busca determinar el grosor adecuado de cada capa para garantizar su resistencia y durabilidad ante el tráfico y las condiciones ambientales. A partir de esta información, se aplican modelos y análisis para definir las dimensiones de cada capa, incluyendo el asfalto, la base y la subbase. Este enfoque asegura que el pavimento cumpla con los estándares de seguridad y se mantenga en buenas condiciones a lo largo del tiempo, con revisiones periódicas para verificar su funcionamiento adecuado (Balcazar, 2023).

#### **2.12. Señalización**

Las señales de tráfico son fundamentales para garantizar una circulación segura y ordenada de vehículos y peatones. Estas señales ofrecen instrucciones que deben ser seguidas por los usuarios de las vías, advierten sobre peligros que pueden no ser evidentes y brindan información sobre rutas, direcciones y lugares de interés. Para transmitir esta información de manera efectiva, se utiliza una combinación de mensajes, formas y colores (INEN, 2011).

## **2.13. Señalización vertical**

### **2.13.1. Distancia de legibilidad**

Los alfabetos de las series D y E son ideales para señales gracias a su buena legibilidad y la adecuada apariencia y espaciado de sus caracteres. Para palabras comunes en señales con restricciones de espacio, la serie C también resulta aceptable. En cambio, las letras mayúsculas de las series A y B se reservan para distintivos de parada y otros que requieren una lectura más pausada. A continuación, se detallan las distancias de lectura correspondientes a las series C, D, E y la E modificada, lo que sirve de referencia para determinar las distancias de lectura de los distintivos estándar y para el diseño de señales informativas especiales, como se muestra en la tabla (INEN, 2011).

### **2.13.2. Señales de información**

Las señales de información vial son esenciales para guiar a conductores y peatones, proporcionando información clara que facilita la llegada segura a los destinos. Su efectividad depende de una ubicación adecuada y de la claridad del mensaje. Se recomienda el uso de letra mayúscula 160 E modificada y letras minúsculas de 120 mm en vías rurales y urbanas de doble vía con un solo carril en cada sentido (INEN, 2011).

#### **2.13.2.1. Ubicación**

Para asegurar una adecuada anticipación, las señales de advertencia de destino deben colocarse a diferentes distancias según el tipo de vía. En vías urbanas, se recomienda ubicarlas aproximadamente a 100 metros antes de la intersección, mientras que, en vías rurales, deben

situarse entre 150 y 200 metros antes del cruce, proporcionando así suficiente tiempo de reacción a los conductores (INEN, 2011).

#### **2.13.2.2. Diseño de flechas**

Las flechas en las señales de tráfico son fundamentales para guiar a los conductores y asegurar un flujo de circulación seguro y ordenado. Los diseños estándar incluyen:

- Flechas hacia arriba: indican continuar recto.
- Flechas hacia abajo: señalan reducción de carril o desaceleración.
- Flechas inclinadas hacia la izquierda o derecha: muestre desvíos suaves.
- Flechas laterales: guían cambios de dirección o carril en intersecciones.

Estos símbolos visuales son esenciales para que los conductores tomen decisiones rápidas y seguras al conducir (INEN, 2011).

#### **Figura 10**

*Flechas para uso de señales de guía*



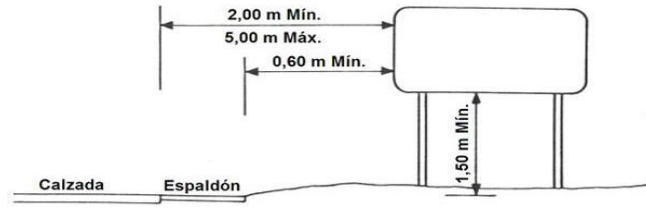
*Nota:* (INEN, señalización vertical, 2011)

#### **2.13.2.3. Soportes para señales de información**

Soportes de dos postes para vías rurales:

#### **Figura 11**

*Soporte normal de dos postes - rural*



*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

#### 2.13.2.4. Diseño

Las señales de advertencia de destino suelen presentarse en un formato agrupado o compacto.

**Figura 12**

*Señal de advertencia de destino*



*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

#### 2.13.2.5. Señal de decisión de destino

En intersecciones o puntos cruciales de decisión, estas señales juegan un papel vital al indicar la dirección que una vía sigue, además de señalar los nombres de los destinos más importantes a lo largo de esa ruta (INEN, 2011).

**Figura 13**

*Señal de decisión de destino (II- 2a)*



*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

#### 2.13.3. Señales regulatorias

Las señales de tránsito son fundamentales para guiar a los conductores y peatones sobre lo que deben hacer o no hacer en las vías. Ignorar estas señales se considera una infracción. A veces, estas reglas pueden aplicarse a áreas amplias, lo que significa que puede ser necesario colocar señales en varios lugares. Sin embargo, es crucial no saturar las vías con señales innecesarias. Además, incluyen indicaciones sobre el fin de restricciones legales previas, como límites de velocidad o peso máximo permitido (INEN, 2011).

Estas señales tienen varias clasificaciones, la normativa (INEN, 2011) nos indica las siguientes:

**Serie de prioridad de paso R1:** Estas señales se colocarán en las entradas de una intersección o en lugares específicos donde sea necesario aplicar las regulaciones que dichas señales indican.

**Pare (R1-1).** “Se instala en las aproximaciones a las intersecciones, donde una de las vías tiene prioridad con respecto a otra y obliga a parar al vehículo frente a esta señal antes de entrar a la intersección” (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical., 2011).

#### Figura 14

*Señalización pare (R1 – 1)*



Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
R1 - 1A	600 x 600	200 Ca
R1 - 1B	750 x 750	240 Ca
R1 - 1C	900 x 900	280 Ca

*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

**Ceda el paso (R1-2).** Se utiliza en aproximaciones a intersecciones donde el tráfico que debe ceder el paso tiene una buena visibilidad sobre el tráfico de la vía mayor (principal).

#### Figura 15

*Señalización Ceda el paso (R1 -2)*



R1-2

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras	
		Línea 1	Línea 2
R1 - 2A	750	120 En	100 Da
R1 - 2B	900	140 En	120 Da
R1 - 2C	1200	160 En	140 Da

*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

**Doble vía (R2-2).** debe situarse al inicio de una calzada o calle de doble sentido y repetirse en todas las intersecciones y cruces. Aunque es esencial que estas señales se coloquen en ambos lados de la vía para mejorar su visibilidad y comprensión, en la práctica no siempre se cumple esta recomendación, lo que puede generar confusión.

### Figura 16

*Señalización doble vía (R2 – 2)*



R2-2

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
R2-2A	900 x 300	100 Cm
R2-2B	1350 x 450	140 Cm

*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

**La señal de Límite Máximo de Velocidad (R4-1).** Marca la velocidad más alta permitida en un tramo específico de la carretera. Aunque su función principal es indicar una restricción clara para la seguridad vial, no es simplemente un número arbitrario, sino el resultado de un estudio previo y minucioso del tramo; sin embargo, mientras esta señal busca imponer un orden y una pauta para un flujo seguro, su interpretación y cumplimiento por parte de los conductores no siempre coinciden con la rigurosidad de su diseño y justificación (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical., 2011).

### Figura 17

*Señal regulatoria límite máximo de velocidad*



Código No.	Dimensiones (mm)
R4-1 A	600 x 600
R4-1 B	750 x 750
R4-1 C	900 x 900

*Nota:* (INEN, 2011).

**La señal de Parada de Bus (R5-6)** señala el lugar específico donde los autobuses de transporte público deben detenerse para recoger o dejar pasajeros. Aunque su propósito es organizar y facilitar el flujo ordenado de personas y vehículos, en la práctica estas áreas no siempre se respetan o se encuentran adecuadamente señalizadas, lo que puede generar desorden y afectar la seguridad tanto de los pasajeros como de otros conductores (INEN, 2011).

### Figura 18

*Señalización de parada de bus*



R5-6

Código No.	Dimensiones (mm)
R5-6	450 X 600

*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

#### 2.13.4. Señales preventivas

Las señales preventivas son fundamentales para advertir a los conductores sobre posibles peligros en la carretera. Su principal objetivo es alertar a los conductores para que adopten medidas de precaución, como reducir la velocidad o realizar maniobras específicas. Se emplean con el fin de advertir a los conductores acerca de posibles riesgos que se hallan en el trayecto hacia adelante (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical., 2011).

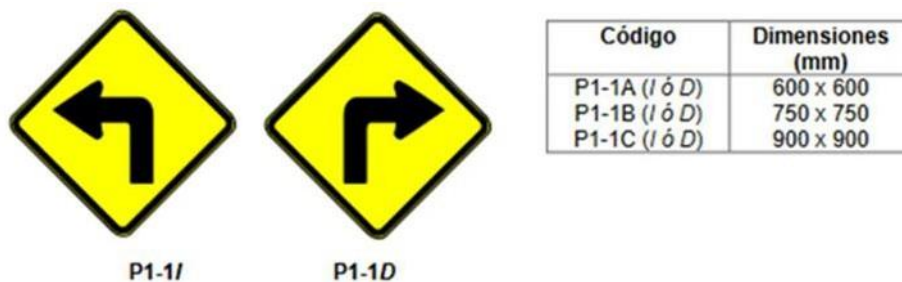
#### 2.13.4.1. Clasificación de señales preventivas

##### Curva Cerrada izquierda (P1-1I), derecha (P1-1D).

Para reforzar la prevención, estas señales suelen ir acompañadas de la indicación de velocidad máxima recomendada (R4-1). Sin embargo, no siempre dicha recomendación es acatada, lo que evidencia la tensión entre la intención normativa y el comportamiento real al volante (INEN, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical., 2011).

#### Figura 19

*Señal preventiva curva cerrada izquierda, derecha*



*Nota:* (INEN, 2011)

Las señales de curva y contra curva cerradas izquierda-derecha (P1-3I) y derecha-izquierda (P1-3D) advierten sobre la proximidad de dos curvas consecutivas en direcciones opuestas, separadas por una distancia menor a 120 metros. Estas señales se instalan en las aproximaciones a estas configuraciones viales para alertar a los conductores sobre el cambio rápido en la dirección de la vía. Aunque cumplen la función de advertir con anticipación y ayudar a reducir accidentes, su efectividad depende de que los conductores las reconozcan y respeten; de lo contrario, pueden generar una falsa sensación de seguridad o ser ignoradas en tramos donde la atención debería ser máxima. Además, es recomendable complementar estas señales con una indicación de velocidad aconsejada (R4-1) para mejorar la seguridad en el paso por estas curvas complejas (INEN, 2011).

## Figura 20

### Señalización curva y contracurva cerrada

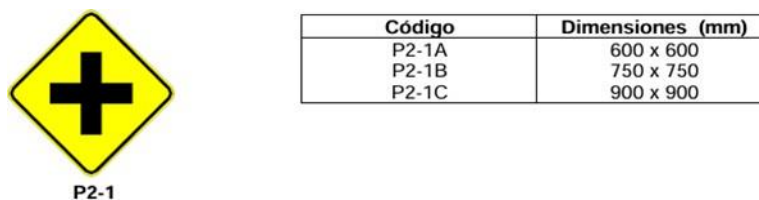


*Nota:* (INEN. 2011)

**La señal P2-1**, conocida como "Cruce de Vías", alerta al conductor sobre la inminencia de una intersección más adelante en el camino. Si bien su propósito es prevenir, generando una anticipación crucial para la seguridad vial, no es una señal universalmente aplicable; de hecho, su instalación es más común en vías rurales y en grandes extensiones urbanas que carecen de alta densidad poblacional y cumplen con condiciones específicas (numeral 7.6.1) . Así, mientras busca unificar la advertencia en ciertos contextos, su ausencia en otros puede generar una falsa sensación de continuidad, contrastando la necesidad de previsión en un cruce con la variabilidad de su señalización

## Figura 21

### Señalización cruce de vías (P2 – 1)



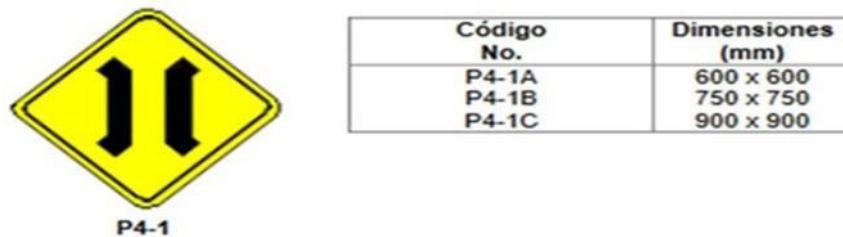
*Nota:* (INEN, 2011)

**La señal de Puente Angosto (R4-1)** tiene como objetivo principal alertar a los conductores sobre la reducción de ancho y así prevenir posibles accidentes. Sin embargo, no siempre se instala correctamente o se percibe de manera adecuada, lo que puede poner en riesgo la

seguridad en las vías. Además, cuando el ancho del puente es menor a 5 metros, es obligatorio complementar esta señal con la indicación P4-8, que informa sobre la restricción de ancho máxima permitida, reforzando así la seguridad.

**Figura 22**

*Señalización puente angosto*

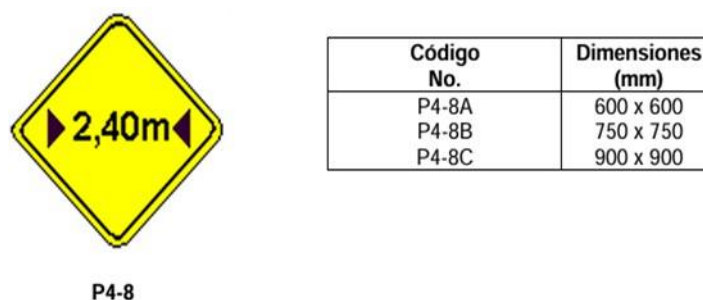


*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

**La señal de ancho máximo (P4-8)** sirve para alertar a los conductores sobre una próxima restricción en el ancho de la carretera, situación que podría impedir el paso de algunos vehículos. Aunque esta advertencia está diseñada para prevenir obstáculos y evitar accidentes, no siempre logra captar la atención o el cumplimiento de quienes transitan, lo que puede derivar en situaciones de riesgo. Además, la señal debe indicar claramente el ancho máximo permitido para que los conductores puedan actuar a tiempo; sin embargo, pese a esta claridad, la realidad del uso vial a veces desafía estas indicaciones, revelando una tensión constante entre la normativa y el comportamiento en la vía (INEN, 2011)

**Figura 23**

*Señalización ancho máximo*



*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

**La señal de Animales en la Vía (P6-17)** está destinada a alertar a los conductores sobre la posible presencia de animales, ya sean domésticos o de ganado, circulando por la carretera. Aunque su función es prevenir accidentes y proteger tanto a los vehículos como a los animales, en muchas ocasiones esta advertencia pasa desapercibida o no se respeta, lo que incrementa el riesgo de incidentes. Así, mientras la señal intenta fomentar la precaución, la verdadera seguridad depende también del comportamiento responsable de quienes transitan por estas zonas (INEN, 2011).

### **Figura 24**

*Señalización animales en la vía*



**P6-17**

<b>Código No.</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>
P6-17A	600 x 600
P6-17B	750 x 750
P6-17C	900 x 900

*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

**La señal de Peatones en la Vía (P6-1)** se emplea para alertar a los conductores sobre la proximidad a un tramo donde es probable que peatones crucen la carretera. Aunque su objetivo es aumentar la atención y prevenir accidentes, en ocasiones esta advertencia no recibe la atención necesaria, poniendo en peligro tanto a los peatones como a los conductores. De este modo, aunque la señal busca fomentar la precaución, su efectividad depende en gran medida de la responsabilidad y del respeto mutuo en la vía (INEN, 2011).

### **Figura 25**

*Señalización peatones en la vía*



P6-1

Código No.	Dimensiones (mm)
P6-1A	600 x 600
P6-1B	750 x 750
P6-1C	900 x 900

*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

**La señal de Resalto o Reductor de Velocidad (P6-2)** se instala para alertar a los conductores sobre la cercanía de un obstáculo diseñado para disminuir la velocidad del vehículo. Aunque su función principal es promover una conducción más segura y evitar accidentes, en ciertos casos puede generar molestias o incluso ser ignorada por algunos conductores, lo que reduce su efectividad. Así, mientras la señal intenta imponer un control necesario, la realidad muestra que su impacto depende tanto de la infraestructura como de la actitud de quienes manejan (INEN, 2011).

**Figura 26**

*Señalización resalto/reductor de velocidad*



P6-2

Código No.	Dimensiones (mm)
P6-2A	600 x 600
P6-2B	750 x 750
P6-2C	900 x 900

*Nota:* (INEN, Señalización Vertical, 2011)

### 2.13.5. Colores

A continuación, se presentan los diferentes colores regulados y estandarizados en la normativa (INEN, 2011):

- Rojo: Se utiliza principalmente como fondo para señales de alto y aquellas que indican prohibiciones, restricciones de flujo o límites de velocidad bajos. También aparece en

señales especiales de advertencia y cruce, en los bordes de triángulos de ceder el paso, y en indicaciones que prohíben paradas y estacionamientos en situaciones de riesgo.

- Negro: Se emplea para emblemas, encabezados y flechas en señales con fondos blancos, amarillos, verde lima y naranjas. Además, se utiliza en señales de precaución y como leyenda o fondo en distintivos de tráfico.
- Blanco: Predomina como color de fondo en la mayoría de las señales reglamentarias, incluyendo indicaciones de caminos, nombres de avenidas y señales informativas.
- Amarillo: Este color se utiliza como fondo para señales de advertencia, límites de velocidad adicionales, distancias y emblemas de peligro. También se emplea en señales con carácter especial de límite.
- Naranja: Se reserva para señales temporales relacionadas con la construcción de carreteras y cruces escolares.
- Verde: Se utiliza como color de fondo en señales que proporcionan información sobre destinos, tarifas de control de peso y peligros. También aparecen leyendas, símbolos y emblemas en señales de estacionamiento gratuito, con o sin limitaciones de tiempo (INEN, 2011).
- Azul: Se aplica como color de fondo en señales de información de servicios, direcciones y estacionamiento en zonas de pago, incluyendo paradas de autobuses con carácter reglamentario (INEN, 2011).
- Café: Se utiliza como color de fondo para señales que proporcionan información turística y medioambiental (INEN, 2011).

#### **2.14. Señalización horizontal**

Para asegurar una circulación segura y eficiente tanto de vehículos como de peatones, la señalización de tránsito es esencial. Esta guía ayuda a los usuarios a desplazarse correctamente, minimizando riesgos y protegiendo la salud, la vida y el medio ambiente. Para ser efectiva, la

señalización debe cumplir con varios requisitos: debe ser necesaria, visible, fácil de entender, ofrecer tiempo suficiente para la reacción, infundir respeto y ser creíble (INEN, 2011).

**Zonas de NO REBASAR.** “Dado que la maniobra de rebasamiento es la de mayor riesgo al conducir, las zonas de NO REBASAR deben ser definidas cuidadosamente” (INEN, 2011, 28), esto se encuentra señalado en el Anexo N.

**Líneas de borde.** “Se usan para indicar el borde de la porción de vía asignada al tráfico que circula recto y donde la línea segmentada puede ser cruzada por tráfico que vira en una intersección o que ingresa o sale de un carril auxiliar” (INEN, 2011, 21).

**Línea de cruce cebra.** "Esta señalización marca un área en la carretera donde los peatones tienen prioridad de paso sin restricciones." (INEN, Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal., 2011).

#### **2.14.1. Mensaje**

La señalización horizontal, que incluye líneas, símbolos y leyendas pintadas en la superficie de la carretera, es efectiva porque atrae la atención de los conductores sin hacer que desvíen la vista de la vía. Además, los dispositivos complementarios emiten vibraciones y sonidos cuando los vehículos los cruzan, lo que ayuda a alertar a los conductores ya aumentar la seguridad. Sin embargo, estas señales tienen algunas limitaciones: se pueden ver a menor distancia que las señales verticales, pueden ser cubiertas por sedimentos, su visibilidad se reduce con la lluvia y la neblina, y requieren más mantenimiento debido al tráfico y las condiciones ambientales (INEN, Señalización vial horizontal, 2011).

#### **2.14.2. Ubicación**

La señalización horizontal, que abarca líneas, símbolos y leyendas pintadas en la superficie de la carretera, resulta muy efectiva porque capta la atención de los conductores sin que tengan que apartar la vista de la vía. Además, los dispositivos complementarios emiten vibraciones y sonidos cuando los vehículos los cruzan, lo que ayuda a alertar a los conductores ya aumentar

la seguridad. Sin embargo, estas señales tienen algunas limitaciones: se pueden ver a menor distancia que las señales verticales, pueden ser cubiertas por sedimentos, su visibilidad se reduce con la lluvia y la neblina, y requieren más mantenimiento debido al tráfico y las condiciones ambientales (INEN, Señalización vial horizontal, 2011).

### **2.14.3. Colores**

Para garantizar que tanto los vehículos como los peatones se muevan de manera segura y eficiente, la señalización de tránsito es fundamental. Esta guía está diseñada para ayudar a los usuarios a desplazarse correctamente, reduciendo riesgos y protegiendo la salud, la vida y el medio ambiente.

### **2.14.4. Retro reflexión**

Las señalizaciones están diseñadas para ser visibles tanto de día como de noche, sin importar las condiciones climáticas. Aunque esta tecnología garantiza que las señales sean efectivas en distintas situaciones, no siempre se mantienen en óptimas condiciones, pues el desgaste o la falta de mantenimiento pueden reducir su capacidad reflectante. Por ello, es fundamental que estas señales cumplan constantemente con los niveles mínimos de retroreflexión establecidos en la norma NTE INEN 1042 y respeten las regulaciones sobre pinturas de tráfico, materiales retroreflectivos y encauzadores, asegurando su funcionalidad y la seguridad vial bajo cualquier circunstancia (INEN, Señalización vial horizontal, 2011).

### **2.14.5. Líneas de borde de calzada**

Las líneas que marcan el borde de las carreteras cumplen una función fundamental para la seguridad vial, ya que orientan a los conductores y les permiten mantener su vehículo dentro de los límites de la vía, especialmente cuando la visibilidad es baja. Estas marcas resultan especialmente útiles en situaciones donde las luces de los autos que vienen en sentido contrario pueden deslumbrar al conductor, ya que, en esos momentos, las líneas de borde suelen ser la única guía visible. Por esta razón, es esencial que todas las carreteras, caminos rurales y vías

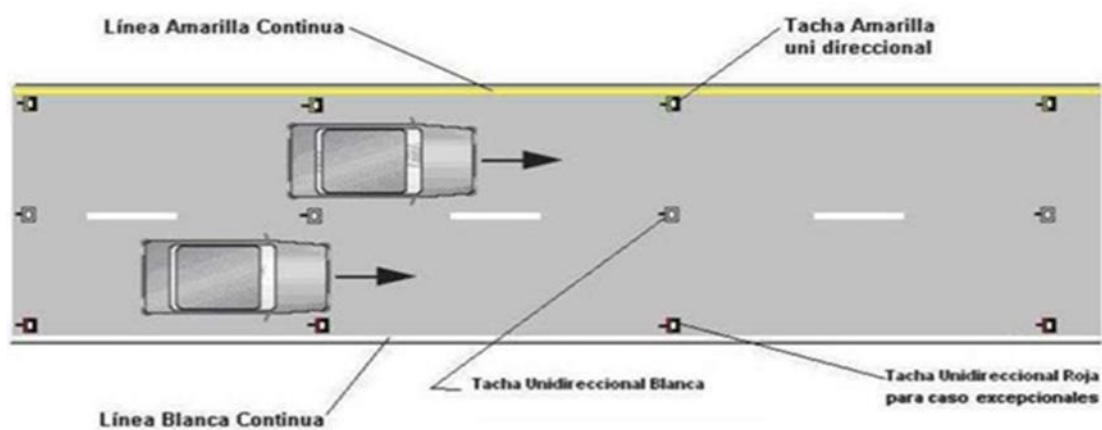
periféricas cuenten con estas señalizaciones, tal como lo establece la normativa (INEN, Señalización vial horizontal, 2011).

#### 2.14.6. Líneas de borde de calzada continua

Estas líneas son blancas, se colocan en el borde de la calzada para guiar a los conductores, pero nunca fuera de ella. En situaciones donde la calzada está dividida por un parterre o isla, se utiliza una línea amarilla en el lado izquierdo del sentido del flujo vehicular.

**Figura 27**

*Líneas continuas de borde*



*Nota:* (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

#### 2.14.7. Líneas transversales

Se encuentran en intersecciones para la seguridad vial. Además, estas líneas delimitan las zonas destinadas para que peatones y ciclistas crucen con seguridad, dándoles prioridad en el tránsito. Siempre pintadas en blanco, estas marcas pueden ser continuas o discontinuas y se ubican lo más cerca posible de la intersección o del paso peatonal, asegurando que todos los usuarios de la vía tengan una referencia clara para mantener el orden y evitar accidentes, tal como lo establece la normativa (INEN, 2011).

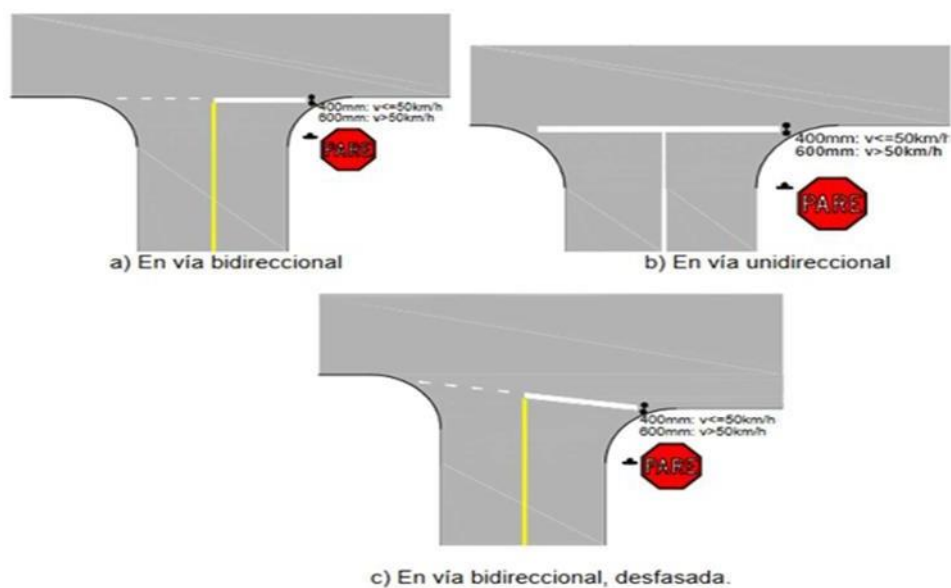
##### 2.14.7.1. Líneas de pare

Las líneas de pare señalan el punto exacto donde los vehículos deben detenerse antes de ingresar a una vía con prioridad. Su ancho varía según la velocidad máxima permitida: 400 mm

para calles de hasta 50 km/h y 600 mm para vías con velocidades mayores. Estas líneas se pintan en los carriles que se aproximan a dispositivos de control de tránsito, como señales verticales de "PARE", y deben alinearse con la proyección de los bordillos hacia el interior de la vía para garantizar una parada segura y ordenada, permitiendo al conductor tener buena visibilidad antes de continuar (INEN, Señalización vial horizontal, 2011).

### Figura 28

*Línea de pare en intersección con señal vertical de pare*



*Nota:* (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

#### 2.14.8. Reductores de velocidad

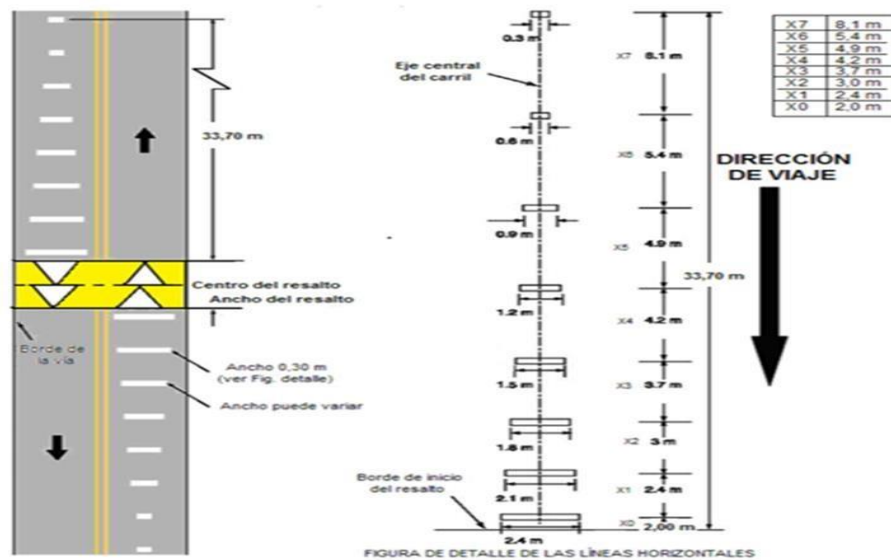
#### 2.14.9. Resalto

La instalación de resaltos debe seguir criterios técnicos claros para asegurar que sean efectivos y seguros. Primero, es importante que se coloquen al menos a 20 metros de una intersección, a menos que se trate de pasos peatonales en la misma intersección. La visibilidad mínima necesaria es de 100 metros en áreas urbanas y 150 metros en zonas rurales. Se instalan en vías donde el 85% de los vehículos superan en más de 10 km/h el límite permitido, y no deben colocarse en pendientes que excedan el 8%. Los resaltos están diseñados para limitar la

velocidad a aproximadamente 25 km/h y requieren bordillos para evitar que los vehículos los esquiven. Es crucial evitar conflictos con vías adyacentes y no deben instalarse en zonas de transición hacia paradas de buses ni sobre infraestructuras como pozos o alcantarillas. La construcción debe ser supervisada por la autoridad competente y la señalización debe ser clara, utilizando pintura amarilla en todo el resalto, triángulos blancos reflectantes y señales de advertencia de acuerdo con la normativa vigente (INEN, Señalización vial horizontal, 2011)

**Figura 29**

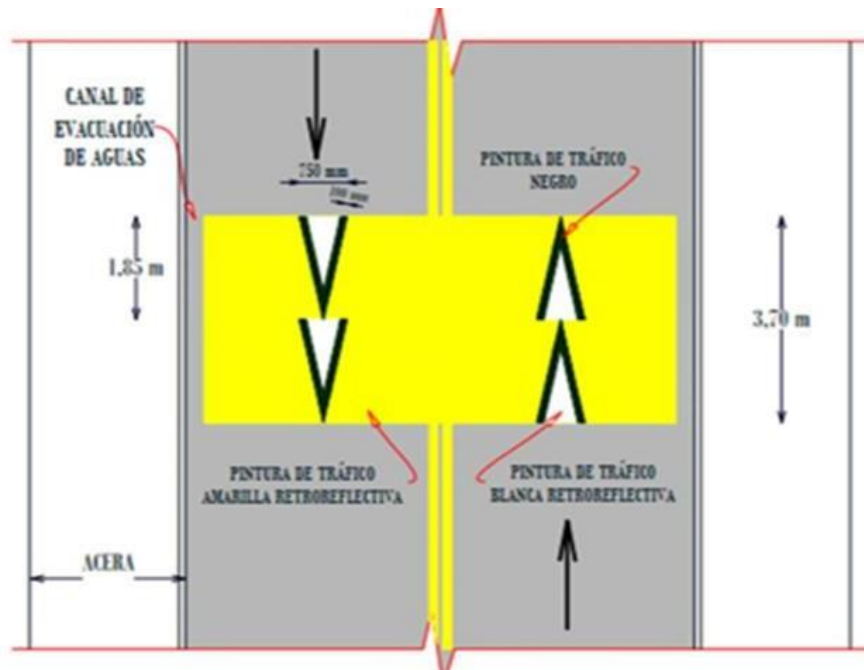
*Demarcación típica en aproximaciones a resaltos*



*Nota:* (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

**Figura 30**

*Resalto en calzada bidireccional de circulación*



*Nota:* (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

#### 2.14.9.1. Dimensiones

El resalto debe cumplir con las siguientes dimensiones:

- Ancho: entre 3,50 m y 3,70 m
- Altura: de 80 mm a 100 mm sobre la calzada
- Largo: varía según el ancho de la calzada.
- Pendiente máxima de ingreso y salida: 8%

#### 2.14.9.2. Identificación de la necesidad

En lugares como zonas escolares, parques infantiles y otros espacios públicos donde siempre hay mucha gente caminando, es vital manejar con precaución. Sin embargo, los resaltos no deben colocarse en vías principales ni en calles urbanas de alta jerarquía como arteriales, subarteriales, colectoras o carreteras de primer orden, pues su presencia allí puede entorpecer el flujo vehicular y generar congestiones. Además, está contraindicado instalarlos en curvas, ya sean verticales o horizontales, o en tramos con pendientes

superiores al 8%, ya que en estos casos podrían causar pérdidas de control o accidentes en lugar de evitar riesgos.

## 2.15. Drenaje

La tabla 10 presenta los valores para  $m_i$  que se encuentra en función de la calidad del drenaje (AASHTO., 1993).

**Tabla 18**

*Valores de  $m_i$  recomendado*

Calidad del Drenaje	% del Tiempo que la estructura del Pavimento está expuesta a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación			
	< 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

*Nota:* (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

### 2.15.1. Precipitaciones

Las precipitaciones representan la cantidad de agua que cae desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, y se miden comúnmente en milímetros, que indican la altura de la lámina de agua acumulada en un área determinada durante un tiempo específico. Para obtener datos precisos, se utilizan instrumentos como pluviómetros y pluviógrafos, que registran la precipitación en intervalos establecidos, asegurando comparabilidad entre diferentes lugares. Esta información es fundamental para el diseño y la gestión de obras hidráulicas y sistemas de drenaje en ingeniería civil (Pérez Carmona, 2013).

### 2.15.2. Datos de lluvia

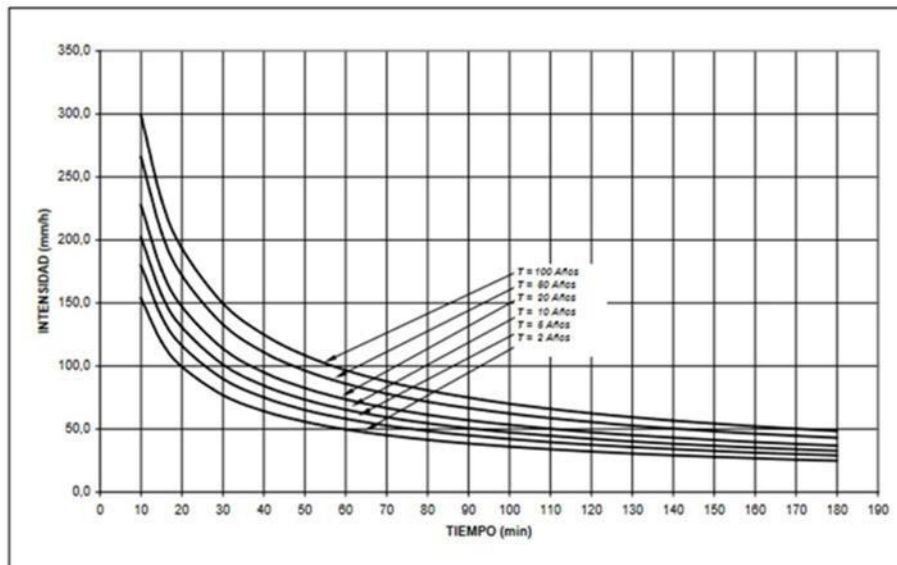
Estos datos son clave en hidrología e ingeniería civil, ya que permiten simular con precisión los procesos de lluvia y escorrentía, facilitando el diseño adecuado de infraestructuras como sistemas de drenaje y obras hidráulicas (hidrología, 2017).

### **2.15.3. Curvas IDF**

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) son herramientas gráficas que establecen la relación entre la intensidad de una lluvia, cuánto dura y con qué frecuencia se espera que ocurra, generalmente expresada en un período de retorno específico. Estas curvas facilitan conocer la cantidad de precipitación que se prevé para distintas duraciones y probabilidades, lo que resulta fundamental para diseñar infraestructuras hidráulicas y sistemas de drenaje que resistan condiciones extremas. Sin embargo, aunque su uso es clave para planificar obras seguras y eficientes, estas curvas se basan en datos históricos y asumen ciertos patrones climáticos que pueden cambiar. Cada curva representa un período de retorno y muestra la intensidad media de lluvia en varios intervalos, lo que ayuda a anticipar y dimensionar medidas ante eventos de lluvia intensos, pero también evidencia que la naturaleza variable de los fenómenos meteorológicos puede desafiar incluso las mejores predicciones y diseños (Wikipedia, 2011; Instituto Nacional de Vías, 2009).

### **Figura 31**

*Curvas IDF*



*Nota:* (INVIAS, Manual de drenaje para carreteras, 2009)

### 2.15.3.1. Cálculo de curvas IDF

Para este proyecto se calcularon las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) utilizando datos históricos de las precipitaciones máximas en 24 horas, obtenidos de los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2024). Estos registros provienen de estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo del Ecuador y están disponibles para acceso público, lo que garantiza información confiable y actualizada para el análisis hidrológico y el diseño de infraestructuras (INAMHI, 2024).

## 2.16. Diseño de cunetas

Las cunetas son elementos fundamentales para el manejo eficiente del agua de escorrentía en las carreteras. Su función principal es captar el agua superficial que proviene tanto de la calzada como de los taludes de corte, y conducirla a lo largo de la vía para asegurar su correcta evacuación. Además, cuando se ubican en zonas elevadas, las cunetas protegen los bordes de la berma y los taludes, evitando la erosión causada por la lluvia. En muchos casos, también facilitan el traslado del agua hasta un cauce natural, contribuyendo a la conservación de la infraestructura vial y el entorno (INVIAS, 2009).

### 2.16.1. Cunetas

Su función principal es evacuar de manera rápida el agua de lluvia que se acumula sobre la calzada. Además, este sistema intercepta el agua que corre hacia la carretera, protegiendo las superficies de erosión. En las zonas de corte, recoge el agua que desciende por los taludes y la conduce hacia drenajes naturales o canales transversales, manteniendo la carretera libre de acumulaciones. De esta forma, se previenen inundaciones y se reduce el riesgo de erosión en los taludes, lo que contribuye a extender la vida útil de la infraestructura y a disminuir los costos de mantenimiento (MTO, 2003).

#### **2.16.1.1. Pendiente y velocidad**

Las cunetas se sitúan entre el borde de la carretera y la base del talud en zonas de corte, siguiendo el perfil longitudinal de la vía con una pendiente mínima del 0.50%. La pendiente máxima dependerá de la velocidad del flujo de agua, ya que esta influye en la necesidad de revestimiento para evitar la erosión. En la práctica, se limita la velocidad del agua a un máximo de 3 m/s cuando la cuneta está revestida con zampeado, y hasta 4 m/s si el revestimiento es de hormigón, pues estos valores ayudan a proteger el material y la estructura de la cuneta frente al desgaste por erosión (Ponce, s.f.; Carreteros.org, s.f.).

**Tabla 19**

*Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales*

Material	Velocidad m/s	Material	Velocidad m/s
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4-4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5-7.5
Grava fina	2.00	hormigón	4.5-7.5

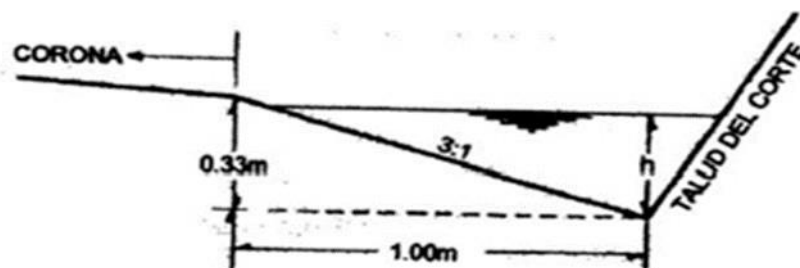
*Nota: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)*

#### **2.16.1.2. Forma de la sección**

Las cunetas pueden diseñarse con diferentes formas en su sección transversal, siendo las más comunes las cunetas triangulares, debido a que son más sencillas de construir y mantener. Sin embargo, cuando se necesita una mayor capacidad para conducir el agua, es habitual utilizar cunetas con secciones rectangulares o trapezoidales, ya que estas ofrecen un mejor desempeño hidráulico en situaciones de mayor caudal (hidrología, 2017).

**Figura 32**

*Dimensiones típicas de cunetas*



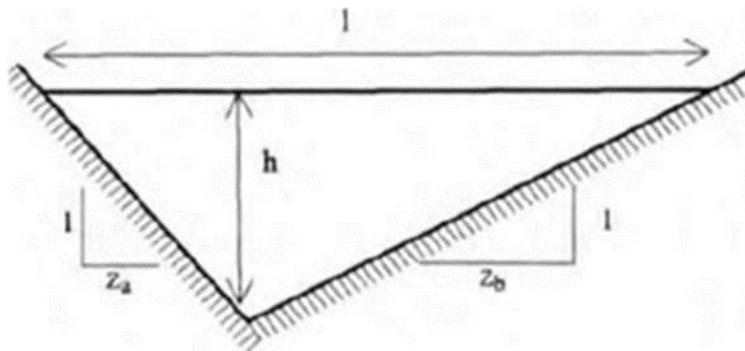
*Nota:* (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

### 2.16.1.3. Sección típica de la cuneta

Como se mencionó anteriormente, en Ecuador el tipo de cunetas más usadas son triangulares, por ello se toma una sección de la NEVI (Norma Ecuatoriana Vial).

**Figura 33**

*Sección típica de una cuneta*



*Nota:* (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales, 2013)

Para determinar su geometría se usan las siguientes formulaciones:

- **Área** 
$$A = \frac{(Za+Zb)*h^2}{2}$$
- **Perímetro mojado** 
$$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$$
- **Ancho superficial** 
$$I = (z_a + z_b) * h$$

#### 2.16.1.4. Coeficiente de escorrentía

Su valor depende de factores como la permeabilidad del terreno, la forma y pendiente de la cuenca, así como la cobertura vegetal que influye en la absorción del agua.

#### 2.16.1.5. Cálculo del coeficiente de escorrentía C

Estos valores se basan en tablas y estudios reconocidos, como los publicados por el Urban Water Resources Research Council de la American Society of Civil Engineers (1992).

### Figura 34

*Coeficiente de escorrentía*

TABLE 5.5: Normal Range of Runoff Coefficients\*

Character of Surface (1)	Runoff Coefficients (2)
<b>Pavement</b>	
Asphalt and Concrete	0.70 to 0.95
Brick	0.70 to 0.85
<b>Roofs</b>	0.75 to 0.95
<b>Lawns, Sandy Soil</b>	
Flat (2 percent)	0.05 to 0.10
Average (2 to 7 percent)	0.10 to 0.15
Steep (>7 percent)	0.15 to 0.20
<b>Lawns, Heavy Soil</b>	
Flat (2 percent)	0.13 to 0.17
Average (2 to 7 percent)	0.18 to 0.22
Steep (>7 percent)	0.25 to 0.35

TABLE 5.6: Typical Composite Runoff Coefficients, by Land Use\*

Description of Area (1)	Runoff Coefficients (2)
<b>Business</b>	
Downtown	0.70 to 0.95
Neighborhood	0.50 to 0.70
<b>Residential</b>	
Single Family	0.30 to 0.50
Multi-units, detached	0.40 to 0.60
Multi-units, attached	0.60 to 0.75
Residential (suburban)	0.25 to 0.40
Apartment	0.50 to 0.70
<b>Industrial</b>	
Light	0.50 to 0.80
Heavy	0.60 to 0.90
Parks, cemeteries	0.10 to 0.25
Playgrounds	0.20 to 0.35
Railroad yards	0.20 to 0.35
Unimproved	0.10 to 0.30

*Nota:* (American Society of Civil Engineers, Urban Water Resources Research Council, 1992)

### 2.17. Modelo Logit

El modelo logit es una herramienta estadística que permite estimar la probabilidad de ocurrencia de un evento binario, así como identificar los factores de riesgo que influyen en dichas probabilidades. Este modelo genera un índice basado en determinantes conocidos, lo que facilita la clasificación de elementos mediante métodos de estratificación. Existen diversos criterios para asociar el índice con calificaciones, algunos de los cuales son estadísticos, mientras que otros pueden ser subjetivos (Westreicher, 2021).

Sin embargo, esta suposición no siempre se cumple, lo que da lugar a modelos de regresión no lineales, como los modelos Probit y Logit.

Esto lo convierte en una herramienta valiosa en diversas disciplinas, incluyendo la ingeniería civil, donde se puede aplicar para evaluar riesgos y tomar decisiones informadas basadas en datos (Westreicher, 2021).

### **3. Metodología**

#### **3.1. Cálculos**

##### **3.1.1. Topografía**

Para llevar a cabo este proyecto técnico se realizó un estudio topográfico realizado mediante el uso del equipo RTK.

##### **3.1.2. Recopilación y análisis de información**

Para el desarrollo de este proyecto, se realizaron a cabo múltiples visitas al sitio con el fin de recopilar información crucial que permitirá avanzar en las distintas etapas del mismo. Estas visitas incluyen el análisis del estado de las vías existentes y la realización de registros pertinentes para comprender el volumen de tráfico actual. Además, se mantuvo un diálogo con los habitantes de la parroquia, lo que facilitó la realización de diversos análisis que, más allá de los aspectos técnicos, también consideraron factores sociales relevantes para el progreso del proyecto.

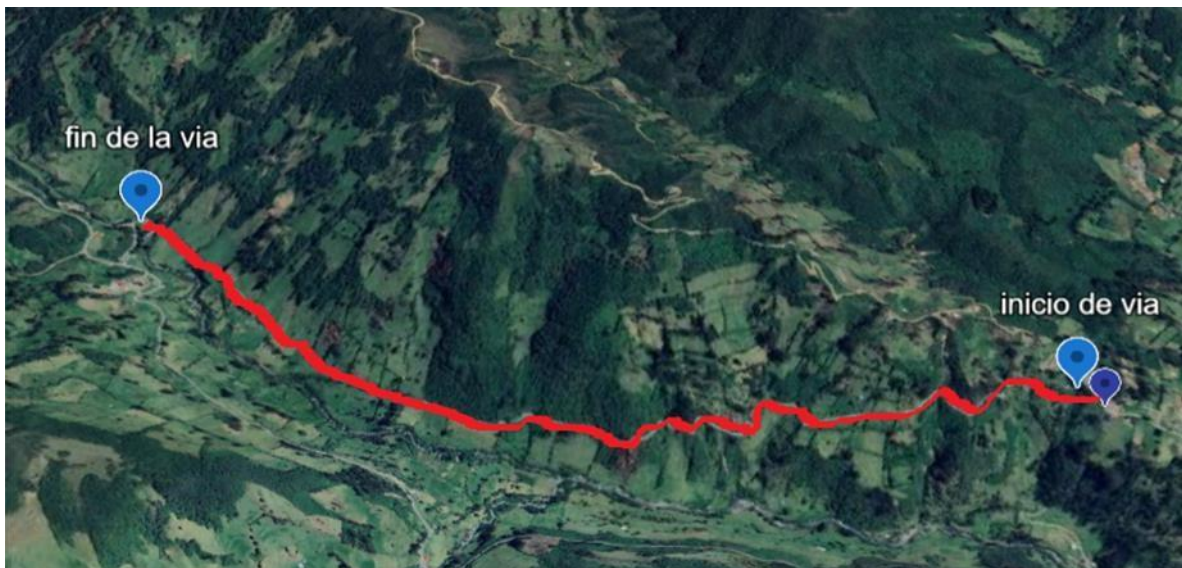
##### **3.1.3. Ubicación del proyecto**

El trazo actual presenta una longitud de 3,5 kilómetros con capa de rodadura constituida por material granular tipo lastre. Como se evidencia en la figura #, la vía carece de pavimentación asfáltica y presenta limitaciones en su diseño geométrico, lo que condiciona sus características operacionales y de seguridad vial.

Así lo confirmaron las inspecciones técnicas realizadas, donde se constató que el diseño actual no cumple con los estándares recomendados para vías de este tipo. Estos hallazgos justifican la propuesta de mejoramiento planteada en este proyecto.

### **Figura 35**

*ubicación del proyecto*



*nota:* (Google Earth, 2024)

#### **3.1.4. Levantamiento**

El levantamiento se llevó a cabo utilizando un sistema de GPS diferencial junto con el equipo necesario. A través de la comunicación con satélites, se busca alcanzar la máxima precisión en la obtención de datos geospaciales. Este enfoque es esencial para asegurar la exactitud en proyectos de ingeniería civil, facilitando la planificación y ejecución de obras con un alto grado de confiabilidad.

### **Figura 36**

*GPS diferencial*

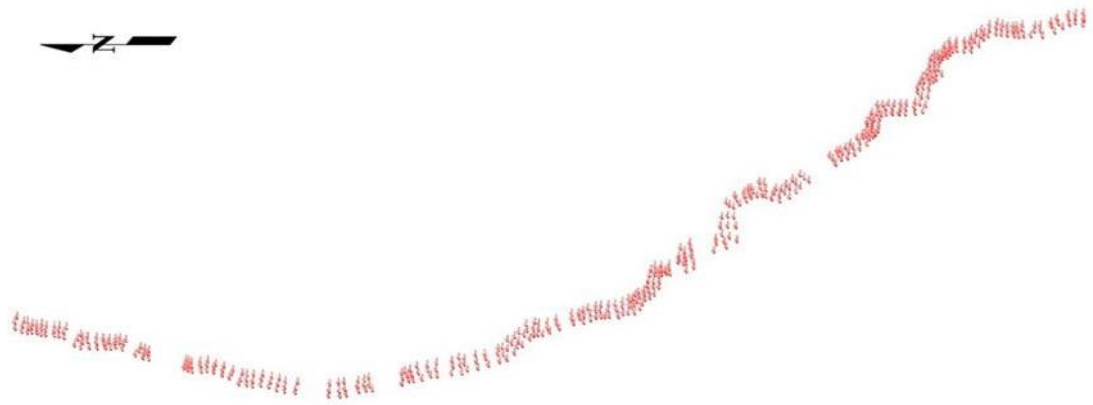


**Nota:** Autor

Una vez configurado el equipo y recogida la información del terreno, se importaron los puntos al software Civil 3D, lo que permitió generar la nube de puntos correspondiente a la vía. Esta acción facilita enormemente el análisis y diseño de la infraestructura, ya que Civil 3D ofrece herramientas precisas para visualizar y manipular datos topográficos. Aunque el software es fundamental para planificar de manera eficiente y detallada, su correcto aprovechamiento depende tanto de la calidad de los datos iniciales como de la habilidad del usuario; sin un manejo adecuado, la información podría malinterpretarse o no explotarse a su máximo potencial, lo que afectaría la precisión del proyecto

### **Figura 37**

*Nube de puntos*

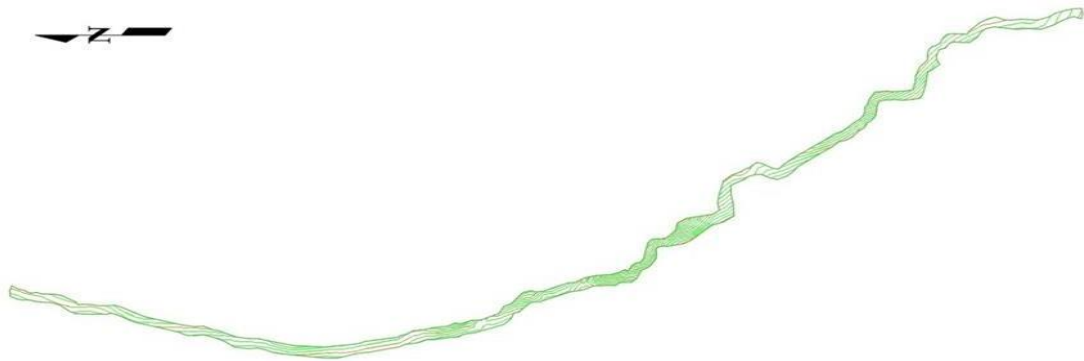


*Nota:* Autor

Una vez importados los datos a Civil 3D, se creó la superficie del área de estudio, lo que permitió obtener las curvas de nivel y la franja topográfica.

**Figura 38**

*Curvas de nivel en civil 3D*



*Nota:* Autor

### **3.2. Ensayos de laboratorio**

Estos análisis son vitales para el diseño correcto de la vía, ya que facilitan la adaptación del proyecto a las particularidades del terreno.

#### **3.2.1. Recolección de muestra**

Considerando la magnitud del proyecto, se llevó a cabo la recolección de muestras de suelo a intervalos de un kilómetro a lo largo del sitio. Este proceso de muestreo se realizó mediante la excavación de calicatas, lo que facilitó la obtención de una cantidad considerable de material para los análisis de laboratorio.

### **Figura 39**

*Recolección de muestras de suelo*



*Nota:* Autor

Dada la longitud de la vía, que es de 3.5 km, se realizó 3 calicatas. A partir de estas calicatas, se realizaron a cabo ensayos de laboratorio para identificar los tipos de suelo y evaluar sus propiedades geomecánicas.

#### **3.2.2. Proctor modificado**

Las muestras de suelo recolectadas fueron sometidas al ensayo Proctor Modificado conforme a la norma ASTM D-698, con el objetivo de determinar la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad, parámetros fundamentales para el diseño y la compactación de la vía. Se realizaron ensayos en muestras provenientes de tres calicatas, permitiendo adaptar el diseño a las condiciones específicas del terreno. De acuerdo con (BRAJADAS, 2013), la selección del método Proctor depende de las características y la granulometría del suelo, por lo que previamente se efectuó un análisis granulométrico para identificar el procedimiento más

adecuado y así garantizar resultados representativos en la determinación de la densidad y humedad óptimas.

**Tabla 20**

*Especificaciones de la prueba Proctor Modificada*

**Tabla 5.3** Especificaciones de la prueba Proctor modificada (Basadas en Norma ASTM Prueba 1577)

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm <sup>3</sup>	943.3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso del martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m <sup>3</sup>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

**Nota:** (Braja M Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta edición, 2013)

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Se llevó a cabo el ensayo Proctor modificado utilizando diferentes contenidos de humedad en el suelo, con el propósito de identificar la densidad seca máxima y el porcentaje de humedad correspondiente para alcanzar dicha densidad óptima. Una vez obtenidos estos valores, se procedió a realizar el ensayo CBR (California Bearing Ratio), con el fin de evaluar la capacidad portante del suelo.

**Tabla 21**

*Resultados de ensayo*

Resultados Ensayo Poctor
--------------------------

Calicata 1	Proctor modificado método C	Densidad Optima	2100,35	Kg/cm3
		Humedad Optima	10%	
Calicata 2	Proctor modificado método C	Densidad Optima	2105,28	Kg/cm3
		Humedad Optima	11%	
Calicata 3	Proctor modificado método C	Densidad Optima	2085,31	Kg/cm3
		Humedad Optima	11%	

*Nota:* Autor

### 3.2.3. CBR

Esta prueba permite evaluar la resistencia del suelo y su aptitud para ser empleado como subrasante, subbase o base dentro del diseño estructural de pavimentos (DAS, 2013). Los resultados correspondientes a las tres calicatas analizadas se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 22**

*Resultados de CBR*

<i>CBR 1</i>	7
<i>CBR 2</i>	7
<i>CBR 3</i>	7
<i>PROMEDI</i>	7

*Nota:* Autor

### 3.3. TPDA

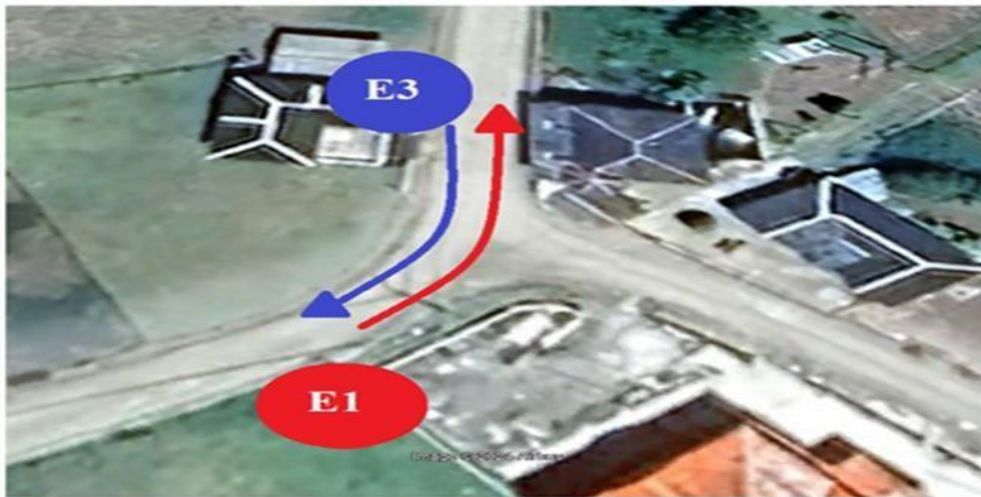
#### 3.3.1. Determinación del flujo vehicular

#### 3.3.2. Ubicación de las estaciones de conteo

Para evaluar el flujo vehicular en el área de estudio, se propone la instalación de dos estaciones de conteo, una ubicada en la entrada y otra en la salida de la intersección. Estas estaciones permitirán registrar el volumen de vehículos que circulan en cada acceso de la parroquia de Checa, facilitando el análisis del tránsito en ambos sentidos. Esta metodología es fundamental para obtener datos precisos que apoyen el diseño y la gestión vial, tal como se ilustra en la figura adjunta

#### **Figura 40**

*Ubicación de las estaciones de conteo*



*Nota:* (Google Earth., 2023)

#### **3.3.3. Conteo vehicular**

Debido a la ausencia de dispositivos automatizados en la zona de estudio, el aforo vehicular se realizó mediante conteo manual, registrando el flujo de entrada y salida de vehículos en la vía. La recolección de datos se llevó a cabo de forma continua durante 24 horas, desde las 00:00 hasta las 23:59, a lo largo de siete días consecutivos, lo que permitió obtener una caracterización precisa del tránsito vehicular. Para la clasificación de los vehículos, se empleó el formato establecido por el MTOP, garantizando una categorización adecuada según el tipo y la frecuencia de paso.

**Figura 41**

*Formato de conteo MTOP*

**E1 - 11**

PERIODO HORAS	PERIODO 15 MIN	HACIA LA IZQUIERDA.....												
		↑ LIVIANOS					BUSES	CAMIONES			Motos	Dicia	Peatones	
		↔	↔	↔	↔	↔	↔	2 EJES	2 EJES	TRAILER				
00H00-01H00	0-15													
	15-30													
	30-45													
	45-60													
01H00-02H00	0-15													
	15-30													
	30-45													
	45-60													
02H00-03H00	0-15													
	15-30													
	30-45													
	45-60													
03H00-04H00	0-15													
	15-30													
	30-45													
	45-60													

**Nota:** (MTOP, Normas de diseño de Carreteras, 2003)

**Análisis de datos**

Para el diseño eficiente y duradero de la vía, es fundamental obtener datos precisos sobre el flujo vehicular, ya que estos permiten identificar el día con mayor volumen de tránsito y considerar las normativas viales aplicables durante el proceso de diseño. Estos datos aseguran que el proyecto final cumpla con criterios técnicos adecuados, optimizando su funcionalidad y vida útil. En cuanto al dimensionamiento de los espesores de las capas estructurales, se empleó la metodología establecida en la Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos (1993), la cual proporciona procedimientos confiables para determinar el espesor total y de cada componente del pavimento, atendiendo a las condiciones de carga y características del suelo.

El diseño geométrico se realizó utilizando el software Civil 3D, aplicando criterios como la velocidad de diseño, pendientes máximas, longitud de tangentes y radios mínimos, conforme a

las normativas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y los volúmenes 2A y 2B de la Norma Ecuatoriana de Vías y Carreteras (NEVI-12). Los resultados completos del diseño geométrico se encuentran documentados en los anexos del proyecto, evidenciando el cumplimiento de los estándares técnicos y normativos vigentes (AASHTO, 1993; MTO, 2018).

**Tabla 23**

*Resumen de vehículos que entran y salen de la intersección*

CONTEO TOTAL DE VEHICULOS QUE PASAN POR LA INTERSECCION EN 24 HORAS						
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
67	61	62	60	72	41	46

*Nota:* Autor

Para comprender la distribución y el conteo total de vehículos, se remite al anexo donde se presenta el registro detallado de las 24 horas del día con el mayor volumen vehicular. Los resultados indican que el mayor flujo de tránsito se registra los días viernes, información que es fundamental para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

**Factor horario:**

El conteo vehicular realizado corresponde a un periodo continuo de 24 horas, por lo que el factor horario aplicado es igual a 1.

$$Fh = \frac{24}{24} = 1$$

**Factor diario:**

Al realizar el conteo vehicular durante siete días consecutivos, el factor diario se determina como la relación entre los días contabilizados y la semana completa (7 días), por lo que este factor es igual a 1.

$$Fh = \frac{7}{7} = 1$$

**Factor semanal:**

En los años que no son bisiestos, el coeficiente para el mes de diciembre es 1.107142857. Este valor se calcula dividiendo el total de días del mes entre el número de días de la semana, que es 7. Se puede ver este cálculo en la tabla correspondiente. Este factor permite ajustar los datos de tráfico para reflejar con mayor precisión la variación semanal dentro del mes analizado, contribuyendo así a un cálculo más exacto (MTOPE, Republica del Ecuador Ministerio de Obras Publicas y comunicaciones, 2002).

**Tabla 24**

*Factor semanal según el mes*

MES	No DIAS	No SEMANAS	Fs
Enero	31	4,428571429	1,107142857
Febrero	28	4	1
Marzo	31	4,428571429	1,107142857
Abril	30	4,285714286	1,071428571
Mayo	31	4,428571429	1,107142857
Junio	30	4,285714286	1,071428571
Julio	31	4,428571429	1,107142857
Agosto	31	4,428571429	1,107142857
Septiembre	30	4,285714286	1,071428571
Octubre	31	4,428571429	1,107142857

Noviembre	30	4,285714286	1,071428571
Diciembre	31	4,428571429	1,107142857

**Nota:** Autor

Considerando que el día con mayor volumen de tráfico corresponde al domingo 17 de diciembre, el factor semanal aplicable para la extrapolación de datos es 1.107142857. Este valor se obtiene al relacionar el número de días del mes con el número de semanas, permitiendo ajustar adecuadamente los conteos diarios para estimar el tráfico promedio semanal y anual de manera precisa (MTOPE, Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

$$Fs = 1.107142857$$

**Factor mensual:**

Estimar el volumen vehicular cuando no se dispone de conteos prolongados. Este método se basa en conectar el consumo mensual promedio de combustible con el total anual, lo que nos permite obtener factores de ajuste que hacen más fácil extrapolar el tráfico vehicular durante el periodo de estudio. De esta manera, el consumo de combustible sirve como un indicador indirecto para complementar y validar los conteos manuales de tráfico, contribuyendo a un cálculo más preciso del TPDA necesario para el diseño (MTOPE, Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

**Tabla 25**

*Consumo de combustible en el Azuay 2022*

**CONSUMO DE COMBUSTIBLES PROVINCIA DEL AZUAY 2022**

MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FACTOR	
Enero	5.041.034	426.907		3.821.603	9.289.543	<b>1,059592</b>
Febrero	4.880.836	433.298		3.541.383	8.855.516	<b>1,111524</b>
Marzo	5.355.979	453.869		3.841.103	9.650.951	<b>1,019912</b>
Abril	5.032.952	413.959		3.736.007	9.182.917	<b>1,071895</b>
Mayo	5.078.272	399.376		4.163.812	9.641.460	<b>1,020916</b>
Junio	5.196.709	387.913		4.223.877	9.808.499	<b>1,003530</b>
Julio	5.547.513	419.991		4.503.173	10.470.677	<b>0,940066</b>
Agosto	5.452.805	428.022		4.448.420	10.329.247	<b>0,952937</b>
Septiembre	5.349.559	389.638		4.417.146	10.156.342	<b>0,969160</b>
Octubre	5.258.978	392.703		4.126.129	9.777.810	<b>1,006680</b>
Noviembre	5.417.543	396.626		4.330.418	10.144.587	<b>0,970283</b>
Diciembre	5.907.968	444.561		4.457.393	10.809.921	<b>0,910564</b>
	<b>63.520.145</b>	<b>4.986.862</b>		<b>49.610.461</b>	<b>118.117.467</b>	
			<b>COSTO PROMEDIO MENSUAL</b>		<b>9.843.122</b>	

0,91056375

**Nota:** (Recursos y Energía., 2022)

Para proyectar el flujo vehicular mensual correspondiente al año 2022, se realizó un promedio anual basado en los datos históricos de los años previos, con el fin de obtener una estimación representativa para el periodo de estudio. Según el análisis, el mes con mayor volumen de tráfico fue diciembre, por lo que se asigna un factor mensual específico para este mes, que permite ajustar adecuadamente las proyecciones de tráfico y garantizar un diseño vial acorde a las condiciones reales de demanda (MTOP, Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador, 2013).

$$Fm = 0.911$$

### 3.3.4. Cálculo del TPDA

Una vez concluido con todos los cálculos necesarios para realizar el TPDA procedemos a calcular con la siguiente formula:

$$TPDA = To * Fh * Fd * Fs * Fm$$

$$TPDA = 72 * 1 * 1 * 1.107142857 * 0.91056375$$

$$[(TPDA)]_{2023} = 72$$

A continuación, se puede observar en la siguiente tabla la corrección de tráfico que hay en la intersección.

**Tabla 26***Corrección de tráfico*

CORRECCION DE TRAFICO					
	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	30	0	30	0	59
B	0	0	0	0	0
2E	10	0	10	0	20
3E	0	0	0	0	0
4E-6E	0	0	0	0	0
TOTAL	40	0	40	0	79

*Nota:* Autor

### 3.3.5. Proyección de tráfico

Los pronósticos de tráfico a corto y largo plazo son fundamentales para el diseño y operación de pavimentos, ya que requieren datos extensos y confiables sobre la evolución de la población y el parque vehicular. Para modelar estos pronósticos, se emplean técnicas de regresión lineal y exponencial que permiten ajustar adecuadamente las series históricas de flujo vehicular, identificando patrones de crecimiento y variación (Cobos, 2024).

En particular, para determinar la proporción de vehículos livianos en el parque automotor, se utiliza un modelo logístico basado en la relación de motorización ( $T_m$ ), que representa la cantidad de automóviles por cada mil habitantes en un año determinado. Este modelo considera que, aunque el número de habitantes puede aumentar, la tasa de motorización se mantiene constante, lo que implica un crecimiento proporcional en la cantidad de vehículos livianos. Además, se relaciona con las tasas de saturación ( $T_s$ ), las cuales se emplean para ajustar los

coeficientes de regresión y obtener la mejor aproximación a la realidad del parque vehicular (Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTOP], 2003).

$$Tm = \frac{Ts}{1 + e^{a+bt}}$$

Donde:

- Tm: Taza de mortizacion para un año k(vehículos/1000hab)
- Ts: Tasa de saturación (vehículos/1000 hab)
- e: Base del logaritmo natural
- a, b: Constantes a determinar
- t: Tiempo

La fórmula Tm tiene tres variables se puede minimizar la ecuación a una forma de línea recta con la respectiva regresión. (MTOP, 2003).

$$(a + bt) = \ln \left( \frac{Ts}{Tm} - 1 \right)$$

Como los datos de Ts se superponen con los de Tm, que son anuales, la función resultante adopta la forma de una línea recta. Por ello, es posible aplicar un análisis de regresión lineal para determinar el valor de a como la ordenada al origen y b como la pendiente de dicha recta (MTOP, NEVI-12-MTOP, 2013).

$$y = a + bt$$

$$y = 2.539 - 0.094t$$

## **Tabla 27**

*Proyección de vehículos*

PROYECCIONES DE VEHICULOS LIVIANOS SEGÚN EL MODELO LOGÍSTICO						
AÑO	POBLACION CUENCA	VEHICULOS LIVIANOS	Tm	Y=Ln(Ts/Tm -1)	Tm AJUSTADO	VEH. AJUSTADO. LIVIANOS
1969	181.573	1.935	10,66	2,89	16,77	3.044
1970	188.132	2.435	12,94	2,68	17,99	3.385
1971	194.928	3.173	16,28	2,43	19,30	3.763
1972	201.970	3.529	17,47	2,36	20,70	4.180
1973	209.266	3.921	18,74	2,28	22,18	4.641
1974	216.826	4.638	21,39	2,13	23,75	5.150
1975	224.659	5.710	25,42	1,94	25,42	5.711
1976	233.221	6.588	28,25	1,82	27,19	6.341
1977	242.110	8.106	33,48	1,62	29,06	7.036
1978	251.337	8.877	35,32	1,55	31,04	7.801
1979	260.916	11.193	42,90	1,31	33,12	8.642
1980	270.860	6.435	23,76	2,02	35,32	9.567
1981	281.183	12.070	42,93	1,31	37,63	10.582
1982	291.899	17.169	58,82	0,89	40,06	11.693
1983	303.024	14.695	48,49	1,15	42,60	12.909
1984	306.391	15.453	50,44	1,10	45,26	13.866
1985	309.795	16.113	52,01	1,06	48,03	14.880
1986	313.237	18.887	60,30	0,85	50,92	15.950
1987	316.717	17.792	56,18	0,95	53,92	17.078
1988	320.236	18.806	58,73	0,89	57,03	18.264
1989	323.793	23.028	71,12	0,61	60,25	19.509
1990	327.391	20.648	63,07	0,79	63,57	20.812
1991	331.028	22.202	67,07	0,70	66,99	22.174
1992	338.490	18.888	55,80	0,96	70,49	23.861
1993	346.119	22.504	65,02	0,75	74,08	25.641
1994	353.921	21.940	61,99	0,81	77,75	27.516
1995	361.899	25.658	70,90	0,61	81,48	29.486
1996	370.056	27.067	73,14	0,57	85,26	31.552
1997	378.397	30.957	81,81	0,38	89,09	33.713
1998	386.926	31.006	80,13	0,42	92,96	35.969
1999	395.648	35.703	90,24	0,21	96,85	38.319
2000	404.566	42.924	106,10	-0,10	100,76	40.762
2001	413.685	44.844	108,40	-0,15	104,66	43.296
2002	423.010	45.513	107,59	-0,13	108,55	45.919
2003	432.545	49.245	113,85	-0,26	112,42	48.628
2004	442.294	58.775	132,89	-0,65	116,26	51.421
2005	452.264	66.601	147,26	-0,99	120,05	54.295
2006	462.458	74.657	161,44	-1,38	123,79	57.247
2007	472.882	67.353	142,43	-0,87	127,46	60.274
2008	483.541	74.846	154,79	-1,19	131,06	63.373
2009	494.441	68.302	138,14	-0,77	134,58	66.541
2010	505.585	73.703	145,78	-0,95	138,01	69.774
2011	516.982	79.424	153,63	-1,16	141,34	73.069
2012	528.635	83.675	158,29	-1,29	144,57	76.425
2013	540.550	84.929	157,12	-1,25	147,69	79.836
2014	552.735	84.644	153,14	-1,14	150,71	83.303
2015	565.194	89.864	159,00	-1,31	153,61	86.821
2016	577.933	85.961	148,74	-1,03	156,40	90.389
2017	590.960	86.966	147,16	-0,99	159,07	94.006
2018	604.281	92.906	153,75	-1,16	161,63	97.670
2019	617.901	93.825	151,84	-1,11	164,07	101.379
2020	631.829	94.125	148,97	-1,03	166,40	105.133
2021	646.071	95.632	148,02	-1,01	168,61	108.932
2022	660.634	99.890	151,20	-1,09	170,71	112.775
2023	675.525				172,70	116.662
2024	690.751		<b>a = 2,402</b>		174,58	120.593
2025	706.321		<b>b = -0,077</b>		176,36	124.570
2026	722.242				178,05	128.592
2027	738.522		<b>r = 0,9679</b>		179,63	132.662
2028	755.169				181,12	136.779
2029	772.190		<b>r<sup>2</sup> = 0,93677929</b>		182,53	140.946
2030	789.596				183,85	145.165
2031	807.394		<b>Ts = 202</b>		185,08	149.436
2032	825.593				186,25	153.763
2033	844.202		<b>Y = a+bt</b>		187,33	158.147
2034	863.231				188,35	162.590
2035	882.689		<b>Y = 2,402 -0,077 t</b>		189,30	167.095
2036	902.585				190,19	171.665
2037	922.930				191,02	176.301
2038	943.733				191,80	181.007
2039	965.005				192,52	185.785
2040	986.757				193,20	190.638
2041	1.008.999				193,83	195.570
2042	1.031.742				194,41	200.582
2043	1.054.998				194,96	205.678
2044	1.078.778				195,46	210.862
2045	1.103.094				195,94	216.135
2046	1.127.959				196,37	221.502
2047	1.153.384				196,78	226.965
2048	1.179.381				197,16	232.528
2049	1.205.965				197,51	238.194
2050	1.233.148				197,84	243.966

Nota: Autor

La Tabla 25 presenta el ajuste realizado a la tasa de motorización (Tm) para determinar el valor de k anual, utilizando los registros poblacionales de Cuenca desde 1969 hasta 2023. Se obtuvo una tasa de saturación de 202 vehículos por cada 1000 habitantes. Con base en los datos históricos y las proyecciones para el año 2044, se empleará la ecuación propuesta para calcular la tasa de motorización proyectada por vehículo liviano cada cinco años (MTOP, 2003).

$$\sqrt[n]{\frac{TF}{TA}} - 1 = i$$

Donde:

- TF: Trafico futuro para el año n+5
- TA: Trafico actual para el año n
- n: Número de años transcurridos entre TA+TF(n+5-n=5)
- i: Tasa de crecimiento para los cinco años

En la siguiente se muestra una relación del crecimiento vehicular.

**Tabla 28**

*Tasa de crecimiento vehicular*

<b>TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR</b>			
<b>PERIODO</b>	<b>LIVIANOS</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>
<b>2023-2028</b>	3,23%	2,25%	2,25%
<b>2028-2033</b>	2,95%	2,25%	2,25%
<b>2033-2038</b>	2,74%	2,25%	2,25%
<b>2038-2043</b>	2,59%	2,25%	2,25%
<b>2043-2047</b>	2,48%	2,25%	2,25%

*Nota:* Autoria propia

Los datos presentados en la Tabla 26 provienen de una proyección de tráfico vehicular que refleja una correlación directa con el crecimiento poblacional. Esta relación permite anticipar la demanda futura del sistema vial en función del aumento de la población urbana (MTO, 2003).

### 3.4. ESALS

Este factor cuantifica cuántas aplicaciones estándar de carga equivalen al paso de un vehículo específico, permitiendo evaluar el impacto de diferentes categorías de camiones sobre la estructura vial.

Para el cálculo del volumen de tráfico, los métodos vigentes consideran un peso equivalente acumulado de 8.2 toneladas por eje simple durante la vida útil de diseño. Con base en esto, se emplea la siguiente ecuación para determinar el tránsito W18 en cada carril del proyecto vial (MTO, 2003).

$$W18 = DD * DL * W18$$

Donde:

- W18: Acumulación de tránsito de todo el año, sobre 8.2 toneladas de un eje equivalente en la vía de diseño.
- DD: Factor de distribución direccional, se recomienda un rango de 50% de 0.3 a 0.7 para la mayoría de las carreteras.
- DL: Factor de distribución por carril, este factor es usado cuando el carril tenga dos o más sentidos.

### Tabla 29

*Detalles de factor equivalente por tipo de carga*

FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR FEC
	tons	(P/6.6) <sup>4</sup>	tons	(P/8.2) <sup>4</sup>	tons	(P/15) <sup>4</sup>	tons	(P/23) <sup>4</sup>	
BUS	4	0,13	9	1,45					1,59
2DA	3	0,04	7	0,53					0,57
2DB	7	1,27	11	3,24					4,50
3A	7	1,27			20	3,16			4,43
4C	7	1,27					24	1,19	2,45
2S2	7	1,27	11	3,24	20	3,16			7,66
2R3	7	1,27	11	3,24	20	3,16			10,90
			11	3,24					
3S2	7	1,27			20	3,16			7,59
					20	3,16			
3R3	7	1,27	11	3,24	20	3,16			10,82
					20	3,16			
3S3	7	1,27			20	3,16	24	1,19	5,61

*Nota:* (NEVI 12, Normas para Estudios y Diseños Viales., 2013)

La cantidad de carriles en la vía es un aspecto fundamental para determinar el factor de distribución de carriles. Esta cantidad puede fluctuar, como se ilustra en la tabla siguiente, que presenta la distribución hipotética del W18 en forma de porcentaje, en relación con el número de bandas en las que se segmentará el W18 acumulado.

**Tabla 30**

*Factor de distribución de carril*

FACTOR DE CARRIL		
NUM CARRILES	FACTOR DE CARRIL	RANGO
1	1	1
2	1	0,8 - 1
3	0,7	0,6 - 0,8
4	0,6	0,5 - 0,75

*Nota:* Autoría propia

Después de identificar estos factores, es posible utilizar el TPDA registrado a lo largo del año para calcular el W18.

**Tabla 31**

*Resultados finales del TPDA*

DATOS DE TRAFICO			
AÑO 2025		TOTAL	Porcentajes
TPD TOTAL		111	
AUTOS	61		54,8%
BUSES	0		0,0%
CAMIONES	50		45,2%
2DA	15		13,7%
2DB	5		4,6%
3 - A	0		0,0%
4 - C	12		10,8%
2S2	6		5,4%
2R3	6		5,4%
3S2	2		1,6%
3R3	2		1,6%
3S3	2		2,2%

Distribucion Camiones	
	43,3%
	14,4%
	0,0%
	34,2%
	17,1%
	17,1%
	5,1%
	5,1%
	6,8%

**Nota:** Autoría propia

Una vez que se hayan recopilado todos los factores necesarios para calcular el W18, se puede proceder a elaborar la tabla de proyección de ESALs. Las proyecciones del W18 se presentan anualmente, calculando en los datos disponibles, tal como se ilustra en la tabla siguiente. En esta, el W18 acumulativo representa la suma total de todos los vehículos por año.

**Tabla 32**

*Numero de ejes equivalentes a 8.2 toneladas*

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONS																				
CÁLCULO AV AMERICAS																				
AÑO	% Crecimiento			TRANSITO PROMEDIO DIARIO					CAMIONES									W <sub>18</sub> Acumulado	W <sub>18</sub> Carril Diseño	
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3			3S3
2023	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	111	61	0	15	35	15	5	0	12	6	6	2	2	2	79.907,95	35.959
2024	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	114	63	0	16	36	16	5	0	12	6	6	2	2	2	161.617,06	72.728
2025	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	117	65	0	16	37	16	5	0	13	6	6	2	2	3	245.167,93	110.326
2026	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	121	67	0	16	37	16	5	0	13	6	6	2	2	3	330.602,09	148.771
2027	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	124	69	0	17	38	17	6	0	13	7	7	2	2	3	417.961,97	188.083
2028	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	127	71	0	17	39	17	6	0	13	7	7	2	2	3	507.290,99	228.281
2029	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	131	73	0	17	40	17	6	0	14	7	7	2	2	3	598.633,52	269.385
2030	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	134	76	0	18	41	18	6	0	14	7	7	2	2	3	692.034,97	311.416
2031	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	138	78	0	18	42	18	6	0	14	7	7	2	2	3	787.541,73	354.394
2032	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	141	80	0	19	43	19	6	0	15	7	7	2	2	3	885.201,26	398.341
2033	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	145	82	0	19	44	19	6	0	15	7	7	2	2	3	985.062,08	443.278
2034	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	149	84	0	19	45	19	6	0	15	8	8	2	2	3	1.087.173,82	489.228
2035	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	152	87	0	20	46	20	7	0	16	8	8	2	2	3	1.191.587,21	536.214
2036	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	156	89	0	20	47	20	7	0	16	8	8	2	2	3	1.298.354,13	584.259
2037	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	160	92	0	21	48	21	7	0	16	8	8	2	2	3	1.407.527,62	633.387
2038	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	164	94	0	21	49	21	7	0	17	8	8	3	3	3	1.519.161,95	683.623
2039	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	168	96	0	22	50	22	7	0	17	9	9	3	3	3	1.633.312,56	734.991
2040	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	172	99	0	22	51	22	7	0	18	9	9	3	3	4	1.750.036,19	787.516
2041	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	176	101	0	23	52	23	8	0	18	9	9	3	3	4	1.869.390,83	841.226
2042	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	181	104	0	23	54	23	8	0	18	9	9	3	3	4	1.991.435,78	896.146
2043	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	185	107	0	24	55	24	8	0	19	9	9	3	3	4	2.116.231,68	952.394
2044	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	190	109	0	24	56	24	8	0	19	10	10	3	3	4	2.243.840,55	1.009.728
2045	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	194	112	0	25	57	25	8	0	20	10	10	3	3	4	2.374.325,78	1.068.447
2046	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	199	115	0	25	59	25	8	0	20	10	10	3	3	4	2.507.752,22	1.128.488
2047	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	203	118	0	26	60	26	9	0	20	10	10	3	3	4	2.644.166,15	1.189.684
2048	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	208	121	0	27	61	27	9	0	21	10	10	3	3	4	2.783.695,37	1.252.663

**Nota:** Autoría propia

### 3.5. Diseño geométrico

El proceso de diseño de una carretera incluyó la definición del trazado y la disposición de la vía, considerando las características del terreno. El diseño geométrico se llevó a cabo en dos etapas: primero, se realizó un levantamiento topográfico en el campo para recoger información

sobre las condiciones del terreno y los puntos de alineación de la vía. Posteriormente, en la fase de oficina, se efectuaron los cálculos necesarios y se desarrolló el diseño geométrico basado en los datos obtenidos (Cobos, 2024).

Para los parámetros de diseño se debe tomar en cuenta la tabla del Ministerio de Obras Públicas

**Tabla 33**

*Ministerio de obras publicas*

NORMAS	CLASE I 3 000 - 8 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE III 300 - 1 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE IV 100 - 300 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE V MENOS DE 100 TPDA <sup>(1)</sup>								
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA					
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 <sup>(2)</sup>	60	50	40	50	35	25 <sup>(2)</sup>	50	35	25 <sup>(2)</sup>
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 <sup>(2)</sup>			
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25			
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110			
<b>Peralte</b>	MAXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)														
<b>Coefficiente "K" para:</b> <sup>(2)</sup>																																	
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2			
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3			
Gradiente longitudinal <sup>(3)</sup> máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14			
Gradiente longitudinal <sup>(4)</sup> mínima (%)	0,5%																																
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00			4,00 <sup>(5)</sup>											
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado														
Ancho de espaldones <sup>(6)</sup> estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---								
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0								
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 <sup>(6)</sup> - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---								
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																
<b>Puentes</b>	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																
	Ancho de Aceras (m) <sup>(7)</sup> 0,50 m mínimo a cada lado																																
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																
LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																	

**Nota:** (MTO, Normas de Diseño de Carreteras, 2003)

### 3.5.1. Alineamiento horizontal

Para el desarrollo del diseño, se tomó como base la Tabla 43, estableciendo una velocidad de proyecto de 25 km/h con los siguientes parámetros geométricos: un radio mínimo de curva horizontal de 20 metros y un peralte (e) establecido en 8%, conforme a lo indicado para velocidades inferiores a 50 km/h. Además, mediante la Figura 42, se determinó el coeficiente de fricción transversal correspondiente, asegurando así la adecuación del diseño geométrico a las condiciones establecidas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

**Figura 42**

*Coefficiente de fricción*

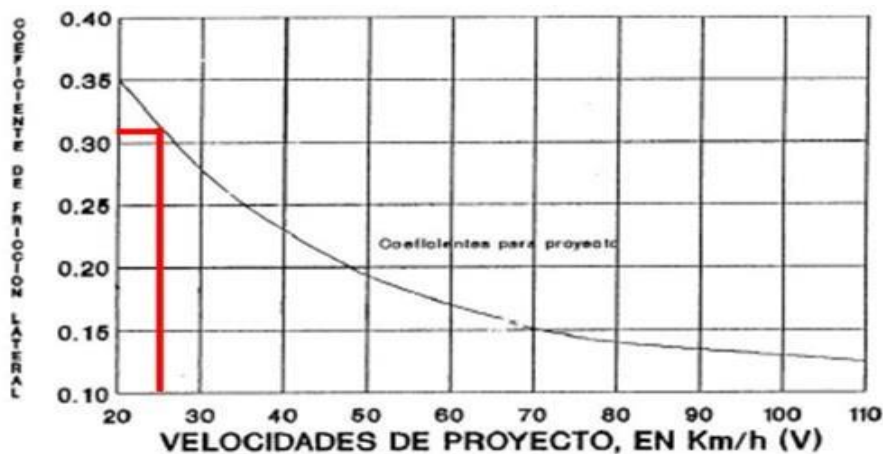


Fig. V.4 COEFICIENTES DE FRICCIÓN LATERAL PARA PROYECTO A DIFERENTES VELOCIDADES

*Nota:* (MTO, Normas de Diseño de Carreteras, 2003)

Seguidamente se realiza el radio mínimo de curvatura con la siguiente formula

$$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)} = 12.30m$$

$$R = \frac{25^2}{127 * (0.08 + 0.32)} = 12.30m$$

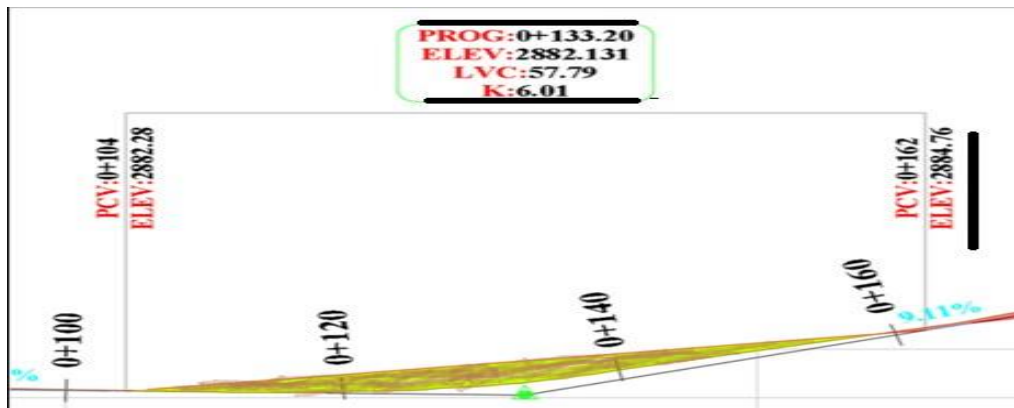
Se consideró un radio mínimo de 12.30 metros; sin embargo, se decidió seguir la recomendación de la Tabla 43, estableciendo un radio mínimo de 20 metros. Una vez completados los cálculos, se elaboró una tabla resumen que compiló todas las curvas para facilitar su análisis y aplicación en el diseño geométrico.

### 3.5.2. Alineamiento vertical

Al definir todos los parámetros del alineamiento horizontal y finalizar su diseño, se avanzó hacia el alineamiento vertical. Este proceso abarcó la determinación de parámetros clave como 'm' y 'n', que indicaban las diferencias de pendiente, así como el factor 'K'. Estos parámetros fueron fundamentales para calcular la longitud de las curvas verticales. En este caso, se empleó el software Civil 3D para realizar dichos cálculos, el cual proporcionó un informe exhaustivo con los parámetros obtenidos para cada una de las curvas verticales.

**Figura 43**

*Curva vertical trazada*



**Nota:** Autoría propia

Fórmula para calcular la longitud mínima de curva:

$$l_{min} = 0.6 * V$$

$$l_{min} = 0.6 * 25 \frac{km}{h}$$

$$l_{min} = 15m$$

### 3.6. Volúmenes de corte y relleno

En el diseño del pavimento, se consideró que el CBR de la base de la carretera fue regular, lo que implicó que la altura de la base no fue muy elevada. No obstante, fue necesario llevar a cabo la evacuación de la carretera existente por motivos estructurales o relacionados con el alineamiento vertical. Considerando estos aspectos, se calcularon los volúmenes de corte y relleno, respectivamente.

### 3.7. Diseño de pavimentos flexible

Una vez que se han recopilado los datos de ESALs correspondientes, que ascienden a 952.304 para el año proyectado de 2043, se puede aplicar el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles.

#### 3.7.1. Información para el diseño

A partir de estos datos, se calculó un promedio que permitió realizar los cálculos correspondientes.

### 3.7.2. Parámetros de confiabilidad

Se empleó la tabla siguiente para obtener los parámetros de confiabilidad necesarios

**Tabla 34**

*Niveles de confiabilidad R*

NIVELES DE CONFIABILIDAD R (%)	
CLASIFICACION FUNCIONAL NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO	
Carretera interestatal o autopista	80-99
Red principal o federal	75-95
Red secundaria o estatal	75-95
Red rural o local	50-80

**Nota:** (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

Dado que la vía se encontraba en una red rural, se seleccionó un nivel de confiabilidad (R) de 0.80. Una vez determinado este valor, se presentó en la tabla siguiente el valor correspondiente de Z<sub>r</sub>, conforme a lo establecido en la Guía AASHTO para el diseño de pavimentos (AASHTO, 1993).

**Tabla 35**

*Parámetro Z<sub>r</sub>*

R (%)	50	70	75	80	85	90
Z <sub>r</sub>	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282

**Nota:** (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

Se obtuvo un valor de  $Z_r$  de -0.841. Para evaluar la serviciabilidad de la vía, se consultó la tabla correspondiente, la cual clasificó si la vía era nueva o si se trataba de una sobre capa. En este caso, se trató de una vía nueva con pavimento flexible, por lo que el valor de  $S_o$  se estableció en 0.45.

**Tabla 36**

*Niveles de serviciabilidad  $S_o$*

Proyecto de pavimento	So	
	Flexible	Rigido
	0,40 – 0,50	0,30 – 0,40
Construcción Nueva	0,45	0,35
Sobre capa	0,5	0,4

*Nota:* (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

### 3.7.3. Cálculo del módulo resiliente

La AASHTO establece tres condiciones relacionadas con el valor del CBR, las cuales son las siguientes

- $Mr = 1500 * CBR$  para  $CBR < 10 \%$
- $Mr = 3000 * CBR^{0.65}$  para  $10\% < CBR < 20\%$
- $Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$  para  $CBR > 20 \%$

Se optó por aplicar la primera condición, dado que el valor de CBR fue del 7%. Con esta condición satisfecha, se procedió a utilizar la fórmula recomendada para el diseño.

- $Mr = 1500 * CBR$

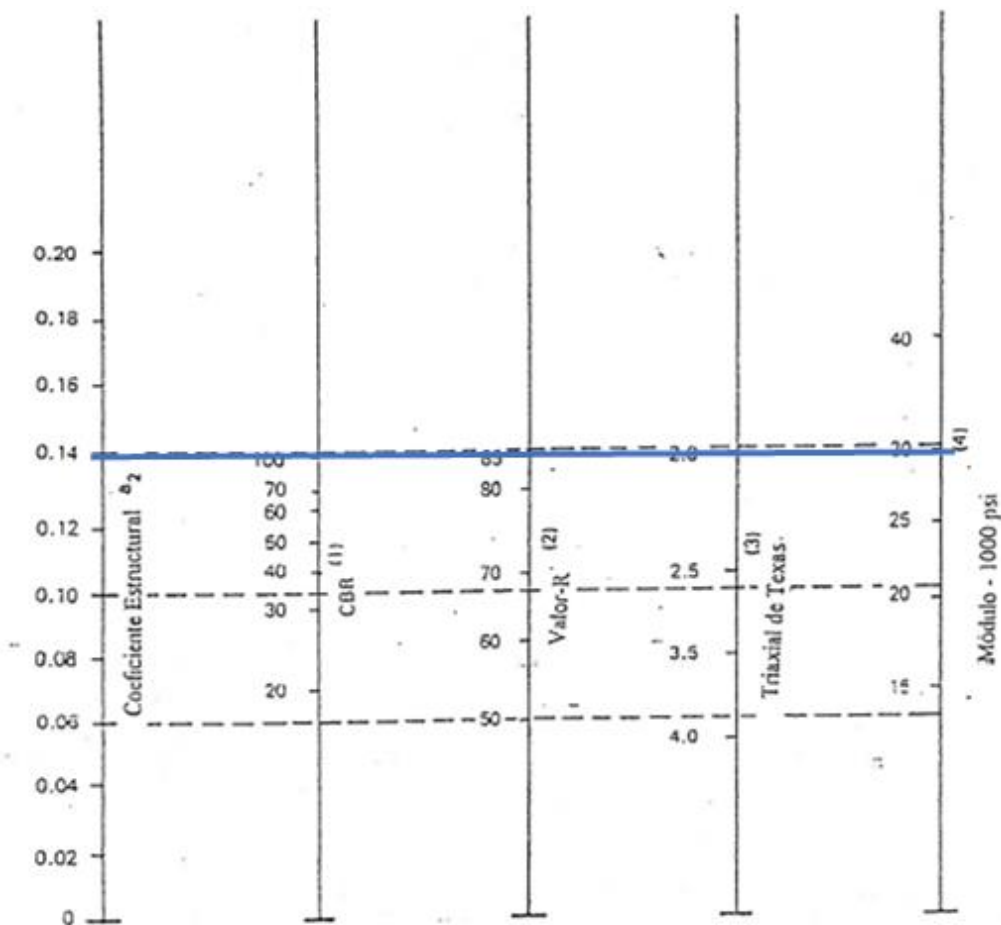
- $M_r = 1500 * 7\% = 10500$

### 3.7.4. Cálculo del módulo resiliente y coeficiente estructurales

Para determinar el módulo de elasticidad del subsuelo, se partió de la suposición de que el suelo había alcanzado una compactación superior al 95% según el Proctor modificado. Este nivel suele relacionarse con mejoras notables en las características mecánicas del terreno, como una menor compresibilidad y mayor resistencia al corte. Sin embargo, aunque esta suposición facilita el cálculo y es ampliamente aceptada, en la práctica no siempre se logra este grado de compactación de manera uniforme, lo que puede generar discrepancias entre los valores estimados y la respuesta real del suelo, afectando la precisión del análisis y diseño.

**Figura 44**

*Numero estructural de la subrasante*



*Nota:* (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

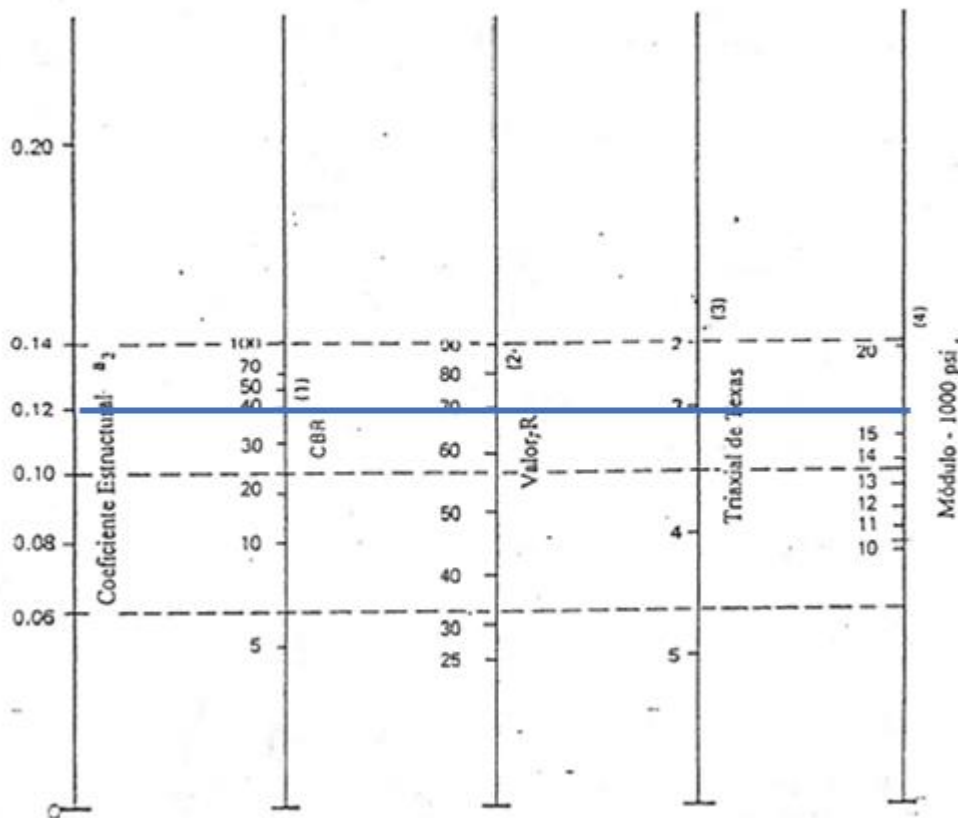
La subrasante de esta vía se está utilizando al 95% de su valor de CBR, lo que nos permite concluir que:

- El módulo resiliente es de 29000 PSI
- Coeficiente estructural  $a_2$  es de 0.139

Se procedió a determinar el módulo resiliente de la base y subbase, para lo cual se recomendó un valor mínimo de CBR de al menos 40%. Este valor se encontró en la tabla siguiente (MOP, 2002).

**Figura 45**

*Numero estructural de base y subbase*



*Nota:* (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

### 3.7.4.1. Cálculo del módulo resiliente para mezcla asfáltica

Determinamos la frecuencia de aplicación de la carga.

$$f = \frac{v}{2\pi}$$

$$f = \frac{30}{2\pi} = 4.77\text{Hz} \approx 5\text{Hz}$$

Para determinar la temperatura efectiva de la capa asfáltica, se realizó el cálculo en grados Celsius. Dado que la vía estaba ubicada en Cuenca, se consideró una temperatura ambiente de 17 °C. Se asumió un espesor mínimo de 100 mm y se sustituyó este valor en la ecuación correspondiente para obtener la temperatura efectiva.

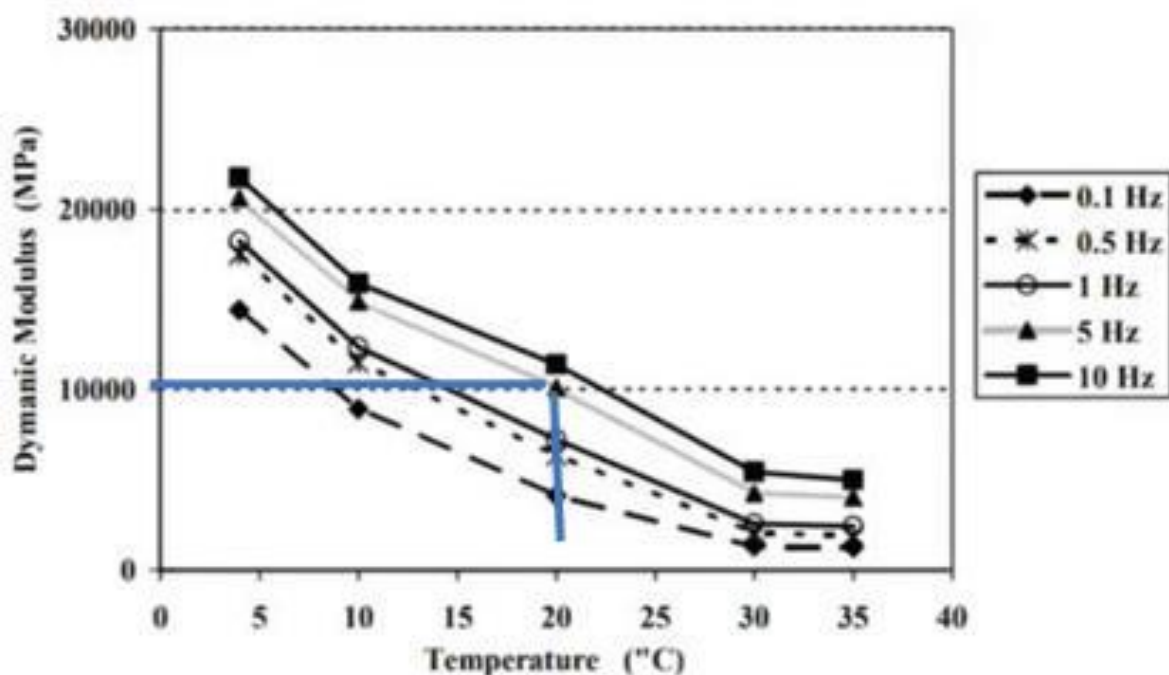
$$T_s = (-0.0093 * \frac{T^2}{a} + 1.569 * \frac{T^2}{a} - 1.568) * (-0.084 * \ln(hs) + 1.55)$$

$$T_s = (-0.0093 * 17^2 + 1.569 * 17 - 1.568) * (-0.084 * \ln(hs) + 1.55)$$

$$T_s = 20^\circ\text{C}$$

**Figura 46**

*Módulo de resiliente de la capa asfáltica*



*Nota:* (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

Después de haber determinado que el módulo resiliente fue de 10,000 MPa, se procedió a calcular el número estructural ( $a_1$ ). Para ello, se convirtió el módulo resiliente de MPa a PSI multiplicando por 145, obteniéndose un valor de 1,450,000 PSI.

$$a_1 = 0.184 * \ln(Mr) - 1.9547$$

$$a_1 = 0.184 * \ln(Mr1450000) - 1.9547$$

$$a_1 = 0,655572164$$

### 3.7.5. Cálculo de los coeficientes de drenaje

Esto sugirió que la calidad del drenaje fue satisfactoria, y el nivel de agua en la vía se encontró también en un rango relativamente alto, por encima del 25%.

**Tabla 37**

*Calidad de drenaje según su exposición*

Calidad del Drenaje	% del Tiempo que la estructura del Pavimento está expuesta a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	1.40 - 1.35	1.35- 1.30	1.30- 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25- 1.15	1.15- 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15- 1.05	1.05- 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05- 0.80	0.80- 0.60	0.60

Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95- 0.75	0.75- 0.40	0.40
-----------	----------------	---------------	---------------	------

**Nota:** (AASHTO, Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos., 1993)

Se obtiene el valor de  $m_2 - m_3 = 1$  en el índice de drenaje.

### 3.7.6. Cálculo del número estructural requerido

Para el cálculo se utilizará la formula a continuación:

$$\text{Log}W18 = ZR * S0 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.2 + \left( \text{Log} \left( \frac{\Delta PSI - 1.5}{-2.1} \right) \right) + 2.32$$

$$* \text{Log}(Mr) - 8.07$$

$$0.40 \left( \frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)$$

Reemplazando en la formula todos los parámetros nos da como resultado los siguientes números estructurales:

**Tabla 38**

*Números estructurales requeridos*

CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO				
PAVIMETO		Ecuació 6		
<b>Carpeta asfáltica</b>				
LOG(ESALS)		LOG(W18)		
5,979		5,988	SN1	1,88
<b>Base</b>				
LOG(ESALS)		LOG(W18)		
5,979		5,992	SN2	2,31
<b>Sub - base</b>				
LOG(ESALS)		LOG(W18)		
5,979		5,979	SN3	2,73

**Nota:** Autoría propia

Se utilizará la ecuación a continuación para determinar los espesores:

$$H1 = \frac{SN1}{a1}$$

$$H2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2}$$

$$H3 = \frac{SN_3 - SN_2}{a_3 * m_3}$$

**Tabla 39**

*Espesores*

<b>CALCULO DE ESPESORES</b>				
<b>Capeta asfáltica</b>				
H1	2,87	in	<b>7</b>	cm
<b>Base</b>				
H2	3,05	in	<b>14</b>	cm
<b>Sub - base</b>				
H2	3,56	in	<b>14</b>	cm

*Nota:* Autor

Para determinar los espesores reales se empleará las siguientes ecuaciones:

- $SN_1 *= a_1 * H_1$
- $SN_2 *= a_2 * H_2 * m_2 * SN_1$
- $SN_3 *= a_2 * H_2 * m_2 * SN_1$

**Tabla 40**

*Estructural real*

CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL REAL				
<b>REAL</b>				
<b>Pavimento</b>				
H1	3	in	SN1*	1,97
<b>Base</b>				
H2	6	in	SN2*	2,80
<b>Sub - base</b>				
H2	6	in	SN3*	3,52

*Nota:* Autor

**Tabla 41**

*Resultados*

Material	Esesor	Esesor	SN	SN* real
	in	cm	requerido	$SN * \geq SN$
<b>Pavimento</b>	3	7,5	1,88	1,97
<b>Base</b>	6	15	2,31	2,8
<b>Sub - Base</b>	6	15	2,73	3,52

*Nota:* autoría propia

**Tabla 42**

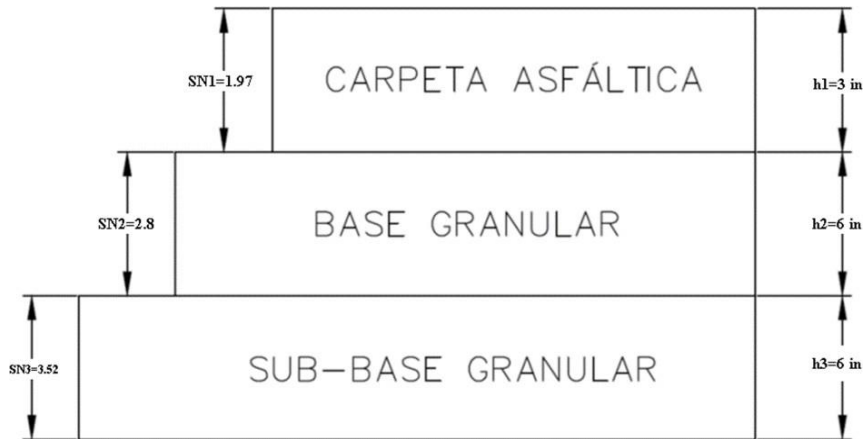
*Parámetro de diseño*

$LOG(W) \geq LOG(ESALS)$	<b>CUMPLE</b>	$D2 \geq \frac{SN2 - SN1}{A2 * M2}$	<b>CUMPLE</b>
$D1 \geq \frac{SN1}{A1}$	<b>CUMPLE</b>	$SN1' + SN2' \geq SN2$	<b>CUMPLE</b>
$SN1 = A1 * D1 \geq SN1$	<b>CUMPLE</b>	$D3 \geq \frac{SN3 - (SN1 + SN2)}{A3 * M3}$	<b>CUMPLE</b>

*Nota:* Autoría propia

**Figura 47**

*Espesores de las carpetas*



*Nota:* Autoría propia

### 3.8. Estructuras de evacuación de aguas pluviales

#### 3.8.1. Cunetas

Para el desarrollo del diseño hidrológico, se utilizaron registros de estaciones meteorológicas proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI). La estación más próxima al área de estudio fue la M0419, conocida como "Girón", la cual contó con datos históricos de precipitación comprendidos entre los años 1995 y 2013

**Tabla 43**

*Parámetros geométricos para el diseño de la cuneta*

Hormigón Simple		Donde su rugosidad es:		$n = 0,02$	Rugosidad
Tipo de sección		Triangular.			
Taludes		$Za = 5$		$Zb = 2$	
INTENSIDAD		$257,38$	en	TR	100 años
				en	30 min
Area Cuenca	$4,518$	$km^2$			
$L =$	$3,5$	$km$			
$L =$	$3500$	$m$			

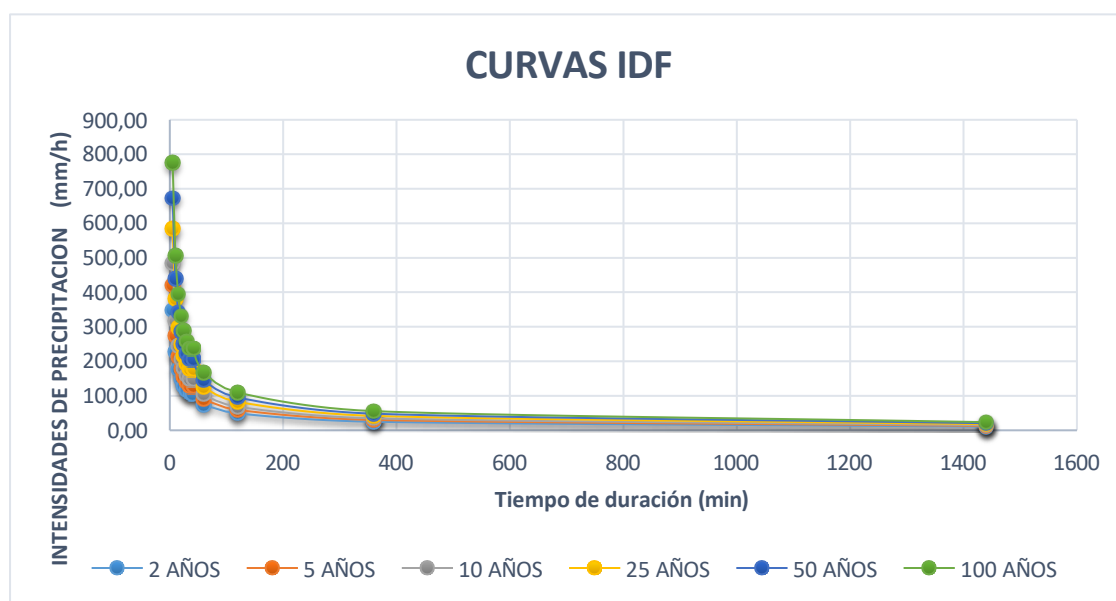
*Nota:* Autoría propia

### 3.8.1.1. Curvas IDF

Se consolidaron los registros anuales de la estación meteorológica, identificándose tanto la precipitación máxima anual como la histórica. A partir de estos datos, se aplicó la distribución de Gumbel para estimar las precipitaciones máximas diarias correspondientes a distintos periodos de retorno. Posteriormente, se calcularon las precipitaciones máximas para diversos tiempos de duración y, con ello, las intensidades de lluvia asociadas a cada frecuencia de retorno. Finalmente, estos valores permitieron trazar las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), las cuales fueron para el diseño hidrológico del proyecto (Hidrología, 2017).

**Figura 48**

*Curvas IDF de la cuenca del proyecto*



*Nota:* Autor

### 3.8.1.2. Método racional

Para calcular el caudal de diseño de las estructuras de drenaje, primero se determinó el área de aporte utilizando el software Infra Works, lo cual permitió delimitar con precisión la superficie que contribuye al escurrimiento. Posteriormente, a esta área se le asignó un coeficiente de escorrentía adecuado según las características del terreno y su cobertura. Conociendo la

intensidad máxima de precipitación para la zona y aplicando la ecuación racional, se estimó el caudal máximo esperado, considerando que este método asume una lluvia constante durante el tiempo de concentración del área drenada. Aunque el método racional es ampliamente utilizado por su simplicidad y eficacia para estimar caudales máximos en eventos puntuales, presenta limitaciones frente a condiciones más complejas como lluvias no uniformes o áreas con múltiples subcuencas, lo que puede llevar a discrepancias entre el caudal calculado y el real. No obstante, sigue siendo una herramienta esencial para el diseño hidráulico en proyectos de drenaje (INVIAS, 2009; Biblioteca INIA, s.f.).

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Se estimó el caudal de diseño necesario para dimensionar adecuadamente los sistemas de drenaje del proyecto, considerando los parámetros hidrológicos y las características del área de aporte. Este cálculo permitió definir la capacidad hidráulica requerida para garantizar el funcionamiento eficiente de las estructuras de drenaje bajo condiciones de diseño específicas (Aqua-LAC, 2019; Biblioteca INIA, s.f.; Hidrostand, 2018).

#### **Tabla 44**

*Coefficiente de escorrentía (C) para T = 10 años*

Factor	Extremo	Alto	Normal	Bajo
Relieve	0,28-0,35 Escarpado con gradientes > 30%	0,20-0,28 Montañoso con gradientes entre 10% y 30%	0,14-0,20 Con cerros y gradientes entre 5% y 10%	0,08-0,14 Relativamente plano con gradientes < 5%
Infiltración	0,12-0,16 Suelo rocoso o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable	0,08-0,12 Suelos arcillosos o limosos con baja capacidad de infiltración, mal drenados	0,06-0,08 Normales, bien drenados, textura mediana, limos arenosos, suelos arenosos	0,04-0,06 Suelos profundos de arena u otros suelos bien drenados con alta capacidad de infiltración
Cobertura vegetal	0,12-0,16 Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura	0,08-0,12 Poca vegetación, terrenos cultivados o naturales, menos del 20% del área con buena cobertura vegetal	0,06-0,08 Regular a buena, 50% del área con praderas o bosques, no más del 50% cultivado	0,04-0,06 Buena a excelente, 90% del área con praderas, bosques o cobertura similar
Almacenamiento superficial	0,10-0,12 Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas	0,08-0,10 Bajo, sistema de cauces superficiales pequeños, bien definidos, sin zonas húmedas	0,06-0,08 Normal; posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos	0,04-0,06 Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos
Si T > 10 años multiplicar resultado de C por 1,10 (para 25 años), por 1,20 (para 50 años) y por 1,25 (para 100 años)				

**Nota:** Tomada de (NEVI-12-MTOP, 2013b)

### 3.8.1.3. Dimensiones de la cuneta

El diseño de las cunetas se ajustó a las secciones establecidas en la Tabla 42. Para su dimensionamiento, se consideraron variables como el caudal de diseño, la pendiente de los taludes y la altura de la sección. A partir de estos parámetros, se determinó el caudal máximo que podía conducir la cuneta, el cual debió ser superior al caudal obtenido en el análisis hidrológico, garantizando así su capacidad hidráulica.

Medidas de la cuneta

$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$A = 0,56 \text{ m}^2$$

$$P = 2,93403 \text{ m}$$

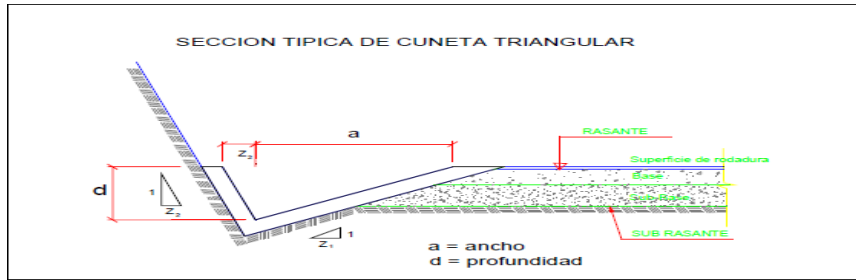
$$S = 0,1$$

$$I = 2,8 \text{ m}$$

$$a = 0,8 \text{ m}$$

### Figura 49

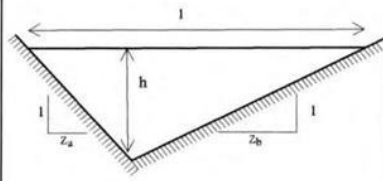
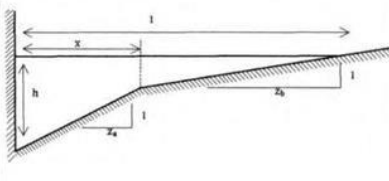
*sección típica de cuneta triangular*



**Nota:** (Diseño de cunetas)

**Tabla 45**

*Capacidad hidráulica de canales triangulares*

Tipo de Cuneta o Canal	
	
Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$
Area ( $\pi$ )	$x + z_b \cdot \left( h - \frac{x}{z_a} \right)$
Perímetro Mojado (P)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$
Radio Hidráulico (R)	$x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left( \frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)$
	$h + \sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2} \cdot h$
	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot (\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2})}$
	$\frac{x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left( \frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)}{h + \sqrt{x^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{z_a^2} \right) + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left( h - \frac{x}{z_a} \right)}$

**Nota:** Tomado de (NEVI-12-MTOP, 2013b)

### 3.8.2. Alcantarillado de alivio.

Para asegurar un drenaje eficiente, se requirió la instalación de 7 alcantarillas de 1m de diámetro en puntos más bajos donde se acumula más el agua a lo largo del trazado vial. Estas estructuras permitieron captar el flujo superficial y el caudal conducido por las cunetas ubicadas en los taludes laterales, facilitando la evacuación del agua de la calzada. (Manual de drenaje para carreteras, Envías, 2013).

### **3.9. Presupuesto total del proyecto**

Se elaboró el presupuesto para el diseño geométrico y estructural de la vía a Chanlud Checa, que abarcó desde la abscisa 0+000 hasta 3+500, en la provincia del Azuay. Con el desarrollo de los estudios técnicos y el dimensionamiento de la vía, se definieron los rubros correspondientes, considerando materiales de construcción, mano de obra, equipos y procesos constructivos. Esta información permitió realizar una estimación detallada del presupuesto total del proyecto, cuyo resumen se presentó en la tabla siguiente.

#### **Tabla 46**

*Presupuesto proyecto*

PROYECTO VIAL CHECA SECTOR VIA A CHANLUD						
PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
<b>1</b>		<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>172.311,99</b>
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2.300,00	3,02	6.946,00
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	13.936,21	1,90	26.478,80
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	69,68	12,53	873,10
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	18.207,66	1,72	31.317,18
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	18.207,66	2,22	40.421,01
1.6	500003	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	254.907,27	0,26	66.275,89
<b>2</b>		<b>ESTRUTURA VIAL</b>				<b>549.595,69</b>
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	16.100,00	1,31	21.091,00
2.2	500006	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	161,00	25,01	4.026,61
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	5.177,99	23,45	121.423,89
2.4	500040	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	2.415,00	29,69	71.701,35
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	2.415,00	35,93	86.770,95
2.6	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	16.100,00	1,22	19.642,00
2.7	500039	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	16.100,00	13,96	224.756,00
2.8	500013	Brocal de hormigón para pozos (h=20cm) y tapa (h=10cm) cónicos, D=700mm, Tipo A	u	1,00	105,35	105,35
2.9	500017	Recuperación de pozo, d = 600 mm	u	1,00	78,54	78,54
<b>3</b>		<b>DRENAJES VIAL</b>				<b>46.021,86</b>
3.1	504006	Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar	m3	90,00	17,50	1.575,00
3.2	504019	Excavación mecánica, zanja 0-2 m, material sin clasificar, cuchara 40cm	m3	55,00	3,64	200,20
3.3	500001	Cargado de material con cargadora	m3	92,00	3,02	277,84
3.4	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	200,00	2,22	444,00
3.5	500003	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	80,00	0,26	20,80
3.6	552338	Cama de arena e=3cm	m2	60,34	1,55	93,53
3.7	513040	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado)	kg	725,00	2,36	1.711,00
3.8	507003	Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 35cm e:10cm. (inc. Encofrado y desencofrado)	m3	201,81	31,50	6.357,02
3.9		Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 20cm e:10cm. (inc. Encofrado y desenco0frado)	m3	281,08	29,09	8.176,62
3.10	512001	Encofrado metalico para cunetas	ml	2.300,00	4,62	10.626,00
3.11	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	156,00	10,21	1.592,76
3.12	DN1035	Tubería circular PVC D=1035mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)	ml	22,00	431,76	9.498,72
3.13	DN840	Tubería circular PVC D=840mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)	ml	14,00	389,17	5.448,38
<b>4</b>		<b>SEÑALIZACION</b>				<b>124.626,42</b>
4.1	500018	Señalización vertical	u	10,00	85,56	855,60
4.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	3.000,00	4,22	12.660,00
<b>5</b>		<b>MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES</b>				<b>55.555,41</b>
	550A30	Alquiler de baterías sanitarias movil, incluye instalacion, desinstalacion y accesorios	u	2,00	310,46	620,92
5.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto	u	1,00	24,49	24,49
5.2	500020	Señalización con cinta	ml	2.000,00	16,90	33.800,00
5.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20,00	6,46	129,20
5.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	1.200,00	16,90	20.280,00
5.5	500023	Difusión Social	global	1,00	700,80	700,80
<b>SUBTOTAL</b>						<b>948.111,37</b>
<b>IVA</b>					15%	<b>142.216,71</b>
<b>TOTAL</b>						<b>1.090.328,07</b>
` ` Un millon noventa y cinco mil quinientos veinte y ocho con siete 1/100 ` `						
Son:						

*Nota:* Autoría propia

### 3.10. Conclusiones

El proyecto de diseño geométrico, ejecutado en el tramo de las progresivas 0+000 a 3+500 en la parroquia Checa (provincia del Azuay), se apoyó fielmente en las Normas de Diseño

Geométrico de Carreteras del MTOP (2003). La decisión de fijar la velocidad de diseño en 25km/h se basó en la accidentada topografía de la zona —donde las pendientes alcanzan hasta un 40%— y consideró tanto el reducido volumen de tránsito como la imposibilidad de futuros ensanches impuesta por límites legales ya definidos.

La solución propuesta respondió cabalmente a los requerimientos técnicos y sociales del entorno. Se priorizó la mejora de la conectividad para las comunidades rurales, impulsando el desarrollo económico, en especial de la ganadería, mediante una vía que agilizó los desplazamientos y promovió el comercio local. En cuanto a la estructura, se optó por un pavimento flexible formado por una carpeta asfáltica de 3 pulgadas, una base granular clase I de 6 pulgadas y una subbase clase II de 6 pulgadas, solución alineada con la demanda proyectada de tránsito —estimada en 101 vehículos para el año 2043— y pensada para ofrecer durabilidad y funcionalidad.

Un elemento central en la viabilidad de la iniciativa fue el presupuesto obtenido, el cual ascendió a \$1,090,328.07. Esta cifra permitió materializar una obra que conjuga eficiencia técnica y sostenibilidad a largo plazo, demostrando la capacidad de traducir conocimientos teóricos y prácticos de la formación profesional en soluciones reales, adaptadas al contexto social y físico.

La crítica al ser optimistas con el proyecto: la inversión y el diseño mejoraría la calidad de vida y el comercio, proyectos de esta envergadura pueden enfrentar retos proconstrucción. Aunque la destreza técnica y la inversión inicial son cruciales, la verdadera perpetuidad y el florecimiento del impacto residen menos en la Genesis y mas en la vigilancia incansable del mantenimiento.

### **3.11. Recomendaciones**

Para una ejecución adecuada y sostenible del proyecto vial, se recomendó iniciar con un proceso de socialización comunitaria que permitiera informar y sensibilizar a los moradores sobre los impactos temporales de la obra, minimizando así conflictos sociales durante su desarrollo. Fue fundamental que, durante la fase de construcción, se coordinara la instalación del sistema de alcantarillado y la mejora de la red de agua potable, con el fin de evitar intervenciones futuras que afectaran la integridad del pavimento y garantizaran una mejora directa en la calidad de vida de los habitantes. Es recomendable acotar señalización vertical de acuerdo a la normativa y concientizar de respetar la señalización vial. Durante la ejecución de los trabajos, se dispuso toda la señalización temporal correspondiente a labores en vía, protegiendo tanto a los trabajadores como a los usuarios. Aunque no se consideró el diseño de aceras debido al bajo flujo peatonal actual, se recomendó prever esta infraestructura en futuras ampliaciones, especialmente si se proyectaba un crecimiento demográfico en la parroquia. Además, en el sector del kilómetro 1, se requirió que la entidad constructora realizara estudios específicos para el diseño e implementación de un muro de contención que garantizara la estabilidad de la vía y la protección de propiedades cercanas. Finalmente, se exhortó al GAD Parroquial de Checa a realizar un mantenimiento rutinario de la vía, enfocado en el desbroce de vegetación y limpieza de cunetas, como medida preventiva ante los efectos de las lluvias, asegurando así un buen nivel de servicio y prolongando la vida útil del pavimento.

#### **4. Bibliografía**

Asociación Estadounidense de funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (1993). Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento (3.<sup>a</sup> ed.). AASHTO.

Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. Consejo de Investigación de Recursos Hídricos Urbanos. (1992). Diseño y construcción de sistemas de gestión de aguas pluviales urbanas.

[https://www.google.com.ec/books/edition/Design\\_and\\_Construction\\_of\\_Urban\\_Storage/mwa/vWtXEohjy5cC](https://www.google.com.ec/books/edition/Design_and_Construction_of_Urban_Storage/mwa/vWtXEohjy5cC)

Armijos, CX (2024). Diseño geométrico de la vía Girón-Curiquingue de la abscisa 8+560 hasta 10+700 km, perteneciente al cantón Girón, provincia del Azuay [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana].

Balcázar, JE y Pachacama, AJ (2023). Diseño geométrico y estructural de la vía “Agustín Albán Borja (S42)” desde la abscisa 0+020 hasta la abscisa 2+600, ubicada en la parroquia Chillogallo, cantón Quito, provincia Pichincha [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24203/1/TTS1138.pdf>

Braja Das, M. (2013). Fundamentos de ingeniería geotécnica (4.<sup>a</sup> ed.). Aprendizaje Cengage.

Carballo, P., & Cobos, C. (2024). Diseño geométrico y de pavimento en la vía del barrio Pirincay [Trabajo de titulación, Universidad del Azuay].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24203/1/TTS1138.pdf>

Cárdenas Grisales, J. (2013). Diseño geométrico de carreteras. Ediciones ECOE.

Fonseca, EJ (2014). Análisis de parámetros de diseño geométrico de vías para vehículos articulados tipo A-Bus [Trabajo de titulación, Universidad del Azuay].

Geómetra. (2024). Agricultura de precisión y GNSS para industrias.  
<https://geometer.com/agricultura-de-precision-y-gnss-para-industrias>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011a). Señalización vial. Parte 1: Señalización vertical. INÉN.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011b). Señalización vial. Parte 2: Señalización horizontal. INÉN.
- Instituto Nacional de Vías. (2009, diciembre). Manual de drenaje para carreteras. <https://onl.dnp.gov.co/sites/comunidadvirtual/comunidadvirtual/Tecnologas%20%20i ntervenciones/Manual%20de%20drenajes%20para%20carreteras.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2024). Anuarios meteorológicos. <https://servicios.inamhi.gob.ec/anuarios%20metereologicos/>
- Jiménez, M. (2009). Estimación del módulo resiliente para materiales granulares de pavimentos flexibles. *Revista Vial*, 25 (1), 45–56. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/42614>
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. MOPC.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2003). Norma de diseño geométrico de carreteras. MTOP.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). Norma ecuatoriana vial NEVI-12-MTOP, volumen 2. MTOP.
- Universidad de los Andes. (2017). Diseño geométrico y estructural de pavimento de la vía San de grado [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/79d269ae-28c0-499d-b905-cc9cd5b1e850/content>
- Wolf, PR y Ghilani, CD (2016). Topografía elemental: una introducción a la geomática (14<sup>a</sup> ed.). Pearson.

## 5. Anexos

Los datos fueron obtenidos de los anuarios del INAM		
Nombre de la estacion:	Estacion:	Girón
		M0419
Ubicado en las cordenadas geograficas		
Latitud:	3°9'14"S	
Longitud:	79°8'58"W	
Altitud:	2130	m.s.n.m

Los valores historicos de precipitacion del INAMHI		
Anuario meteorologico		
<b>Años</b>	<b>№</b>	<b>INSTIT. PROPIET</b>
1995	35-1995	INAMHI
1996	36-1996	INAMHI
1997	37-1997	INAMHI
1998	38-1998	INAMHI
1999	39-1999	INAMHI
2000	40-2000	INAMHI
2001	41-2001	INAMHI
2002	42-2002	INAMHI
2003	43-2003	INAMHI
2004	44-2004	INAMHI
2005	45-2005	INAMHI
2006	46-2006	INAMHI
2007	47-2007	INAMHI
2008	48-2008	INAMHI
2009	49-2009	INAMHI
2010	50-2010	INAMHI
2011	51-2011	INAMHI
2012	52-2012	INAMHI
2013	53-2013	INAMHI

DATOS ESTACION METEOROLÓGICA											
INSTIT. PROPIET	INAHMI			LATITUD	3° G'14"S	GG-MM.SS	ZONA HIDRO	280			
ESTACION	M041G			COORDENADAS UTM,	LONGITUD	7G° 8'58"W	GG-MM.SS	PROVINCIA	1		
NOMBRE ESTACION	GIRON			ZONA 17 S	ALTITUD	2130	m.s.n.m				

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1995	95,80	38,70	84,30	48,40	69,20	1,40	10,10	-	11,90	22,70	83,10	95,80	95,80
1996	179,20	172,00	203,10	101,10	46,30	14,50	0,60	0,80	6,90	89,20	29,30	0,10	203,10
1997	100,60	114,70	135,00	88,70	18,30	48,20	4,10	-	36,00	61,80	173,70	140,30	173,70
1998	67,60	49,80	193,40	166,90	18,50	1,00	1,70	10,40	0,60	51,40	20,40	28,50	193,40
1999	134,80	151,30	273,10	147,60	87,40	106,80	7,00	2,00	25,70	2,00	0,90	176,50	273,10
2000	37,09	123,40	332,00	121,40	44,40	1,80	-	1,70	88,00	0,80	2,30	61,80	332,00
2001	-	108,20	224,70	98,70	84,80	0,80	1,30	-	9,10	-	89,10	50,00	224,70
2002	51,00	48,50	131,50	125,60	33,30	-	-	-	-	-	60,80	90,60	131,50
2003	48,20	-	-	128,10	39,20	102,70	5,40	-	9,30	-	-	79,90	128,10
2004	70,10	78,60	94,70	139,20	71,90	-	15,00	-	143,00	49,60	26,50	51,90	143,00
2005	25,30	144,10	258,40	40,60	32,60	8,70	-	-	15,60	31,60	12,50	70,50	258,40
2006	97,90	184,00	185,20	211,60	14,90	20,50	3,00	8,20	9,70	31,50	60,90	110,10	211,60
2007	86,20	32,30	144,40	-	74,10	21,20	8,50	3,30	3,30	51,50	83,30	100,80	144,40
2008	142,70	145,90	281,90	63,90	44,50	38,80	10,30	14,60	17,20	48,80	168,50	108,10	281,90
2009	195,10	178,30	187,80	161,80	49,00	21,40	-	3,80	-	-	-	100,00	195,10
2010	138,30	109,80	313,90	56,90	52,60	88,60	86,60	5,40	-	-	176,00	193,70	313,90
2011	313,30	120,50	117,70	210,80	2,50	78,50	30,00	44,40	-	39,40	73,80	117,80	313,30
2012	364,90	372,80	189,90	222,30	32,90	26,50	7,20	9,10	9,30	108,30	93,70	84,70	372,80
2013	146,80	127,60	80,80	11,90	-	61,30	26,00	-	-	60,90	4,70	76,00	146,80
MAX	364,90	372,80	332,00	222,30	87,40	106,80	86,60	44,40	143,00	108,30	176,00	163,70	372,80

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS MEDIANTE GUMBEL													
Cálculo variables probabilísticas		U	Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)		PRECIPITACION MÁXIMA DIARIA					
						Max. Precip.	xi	(xi - x)²	Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$	217,72	mm	1	1995	95,80	95,80	14.863,46	Retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo	
$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$			2	1996	203,10	203,10	213,62	Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)	
			3	1997	173,70	173,70	1.937,39	2	0,37	204,64	0,50	231,25	
			4	1998	193,40	193,40	5	1,50	274,97	0,80	310,72		
			5	1999	273,10	273,10	3.067,41	10	2,25	321,53	0,90	363,33	
		76,58	mm	6	2000	332,00	332,00	13.060,88	25	3,20	380,37	0,96	429,81
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$			7	2001	224,70	224,70	48,78	50	3,90	424,01	0,98	479,13	
			8	2002	131,50	131,50	7.433,16	100	4,60	467,34	0,99	528,09	
		62,05	mm	9	2003	128,10	128,10	8.030,99					
				10	2004	143,00	143,00	5.582,45					
$u = x - 0.5772 * \alpha =$			11	2005	258,40	258,40	1.655,20						
			12	2006	211,60	211,60	37,40						
			13	2007	144,40	144,40	5.375,20						
			14	2008	281,90	281,90	4.119,61						
			15	2009	195,10	195,10	511,47						
			16	2010	313,90	313,90	9.251,40						
			17	2011	313,30	313,30	9.136,34						
			18	2012	372,80	372,80	24.051,11						
			19	2013	146,80	146,80	5.029,05						
		1G		Suma	4136,6	113GG6,2							

PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACION DE LLUVIAS									
Duraciones		Duracion (h)	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración					
ra	Factor			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	0,30	1	X1 = 30%	69,37	93,22	109,00	128,94	143,74	158,43
2	0,39	2	X2 = 39%	90,19	121,18	141,70	167,63	186,86	205,95
3	0,46	3	X3 = 46%	106,37	142,93	167,13	197,71	220,40	242,92
4	0,52	4	X4 = 52%	120,25	161,57	188,93	223,50	249,15	274,61
5	0,57	5	X5 = 57%	131,81	177,11	207,10	244,99	273,11	301,01
6	0,61	6	X6 = 61%	141,06	189,54	221,63	262,19	292,27	322,13
8	0,68	8	X8 = 68%	157,25	211,29	247,07	292,27	325,81	359,10
12	0,80	12	X12 = 80%	185,00	248,57	290,67	343,85	383,31	422,47
18	0,91	18	X18 = 91%	210,43	282,75	330,63	391,13	436,01	480,56
24	1,00	24	X24=100%	231,25	310,72	363,33	429,81	479,13	528,09

INTENSIDAD DE LLUVIA							
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia según el Periodo de Retorno (mm/h)					
Hora	Minuto	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	60	69,3739	93,2151	109,0001	128,9444	143,7402	158,4268
2	120	45,0931	60,5898	70,8500	83,8139	93,4311	102,9774
3	180	35,4578	47,6433	55,7111	65,9049	73,4672	80,9737
4	240	30,0620	40,3932	47,2334	55,8759	62,2874	68,6516
5	300	26,3621	35,4217	41,4200	48,9989	54,6213	60,2022
6	360	23,5101	31,5896	36,9389	43,6978	48,7120	53,6891
8	480	19,6559	26,4110	30,8834	36,5342	40,7264	44,8876
12	720	15,4164	20,7145	24,2222	28,6543	31,9423	35,2060
18	1080	11,6908	15,7085	18,3685	21,7295	24,2229	26,6979
24	1440	9,6353	12,9465	15,1389	17,9089	19,9639	22,0037

Resumen de aplicación de regresión potencial																																			
Periodo de retorno para T = 2 años						Periodo de retorno para T = 5 años						Periodo de retorno para T = 10 años						Periodo de retorno para T = 25 años						Periodo de retorno para T = 50 años						Periodo de retorno para T = 100 años					
T	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	T	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	T	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	T	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	T	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y						
2	60	69,3739	4,0943	4,2438	17,3711	5	120	45,0931	4,7959	3,8534	18,4741	10	180	35,4578	5,2004	3,5611	18,5211	25	240	30,0620	5,4902	3,4021	18,6811	50	300	26,3621	5,8764	3,2681	18,8411	100	360	23,5101	6,2146	3,1611	18,9411
2	120	45,0931	4,7959	3,8534	18,4741	5	180	35,4578	5,2004	3,5611	18,5211	10	240	30,0620	5,4902	3,4021	18,6811	25	300	26,3621	5,8764	3,2681	18,8411	50	360	23,5101	6,2146	3,1611	18,9411	100	480	19,6559	6,8874	2,9811	19,0411
2	180	35,4578	5,2004	3,5611	18,5211	5	240	30,0620	5,4902	3,4021	18,6811	10	300	26,3621	5,8764	3,2681	18,8411	25	360	23,5101	6,2146	3,1611	18,9411	50	480	19,6559	6,8874	2,9811	19,0411	100	720	15,4164	7,5802	2,7411	19,1411
2	240	30,0620	5,4902	3,4021	18,6811	5	300	26,3621	5,8764	3,2681	18,8411	10	360	23,5101	6,2146	3,1611	18,9411	25	480	19,6559	6,8874	2,9811	19,0411	50	720	15,4164	7,5802	2,7411	19,1411	100	1080	11,6908	8,2730	2,5011	19,2411
2	300	26,3621	5,8764	3,2681	18,8411	5	360	23,5101	6,2146	3,1611	18,9411	10	480	19,6559	6,8874	2,9811	19,0411	25	720	15,4164	7,5802	2,7411	19,1411	50	1080	11,6908	8,2730	2,5011	19,2411	100	1440	9,6353	8,9658	2,2611	19,3411
2	360	23,5101	6,2146	3,1611	18,9411	5	480	19,6559	6,8874	2,9811	19,0411	10	720	15,4164	7,5802	2,7411	19,1411	25	1080	11,6908	8,2730	2,5011	19,2411	50	1440	9,6353	8,9658	2,2611	19,3411	100					
2	480	19,6559	6,8874	2,9811	19,0411	5	720	15,4164	7,5802	2,7411	19,1411	10	1080	11,6908	8,2730	2,5011	19,2411	25																	
2	720	15,4164	7,5802	2,7411	19,1411	5	1080	11,6908	8,2730	2,5011	19,2411	10																							
2	1080	11,6908	8,2730	2,5011	19,2411	5																													
2	1440	9,6353	8,9658	2,2611	19,3411	5																													

Resumen de aplicación de regresión potencial			Regresión potencial						
Periodo de Retorno (años)	Término cte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]	Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
2	874,233	-0,6164	1	2	874,2330	0,6931	6,7733	4,6949	0,4805
5	1174,674	-0,6164	2	5	1174,6738	1,6094	7,0687	11,3767	2,5903
10	1373,592	-0,6164	3	10	1373,5917	2,3026	7,2252	16,6366	5,3019
25	1624,925	-0,6164	4	25	1624,9250	3,2189	7,3932	23,7978	10,3612
50	1811,378	-0,6164	5	50	1811,3785	3,9120	7,5018	29,3474	15,3039
100	1996,455	-0,6164	6	100	1996,4551	4,6052	7,5991	34,9953	21,2076
Promedio	1475,876	-0,6164	Ln (K) =	6,7004	K =	812,7695	m =	0,2055	55,2453

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)													
Periodo de retorno T	Tiempo (minutos)												
	años	5	10	15	20	25	30	35	40	60	120	360	1440
2	347,54	226,70	176,57	147,88	128,88	115,18	104,74	104,74	75,13	49,01	24,90	10,59	
5	419,56	273,68	213,16	178,52	155,58	139,05	126,44	126,44	90,70	59,16	30,06	12,79	
10	483,81	315,59	245,80	205,86	179,41	160,34	145,80	145,80	104,59	68,22	34,66	14,75	
25	584,07	380,99	296,74	248,52	216,59	193,56	176,02	176,02	126,26	82,36	41,84	17,80	
50	673,50	439,33	342,17	286,57	249,75	223,20	202,97	202,97	145,59	94,97	48,25	20,53	
100	776,63	506,60	394,57	330,45	287,99	257,38	234,05	234,05	167,89	109,51	55,64	23,67	



El material que se usara para la construcción de cunetas son:

<b>Hormigón Simple</b>	Donde su rugosidad es:	<b>n= 0,02</b>	Rugosidad
<b>Tipo de sección</b>	Triangular.		
<b>Taludes</b>	<b>Za= 5</b>	<b>Zb= 2</b>	
<b>INTENSIDAD</b>	<b>257,38</b>	en	<b>TR 100 años</b>
		en	<b>30 min</b>
<b>Area Cuenca</b>	<b>4,518 km<sup>2</sup></b>		
<b>L=</b>	<b>3,5 km</b>		
<b>L=</b>	<b>3500 m</b>		

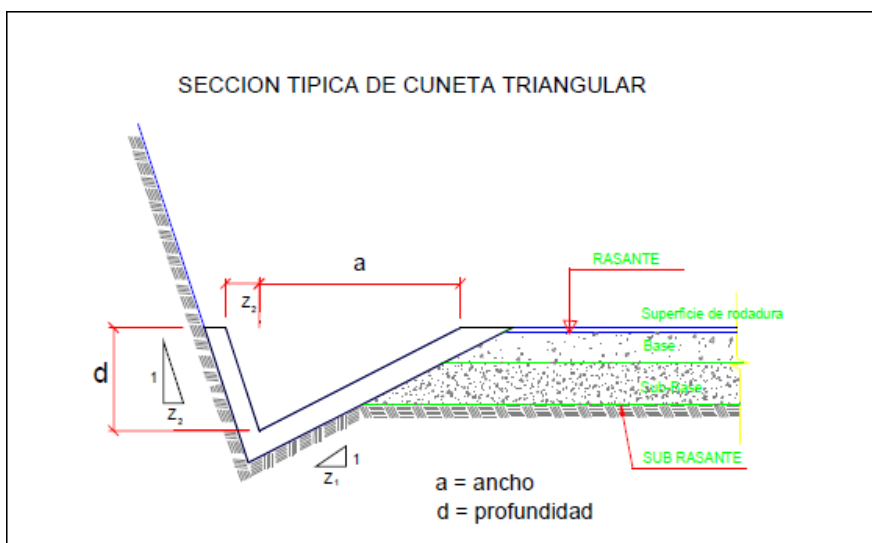


FIGURA N° 27: Sección Típica de Cuneta triangular.

**TRAMO PROG 6 +900 - PROG. 9+200**

EST.=	4	EST.=	5	<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>			
PROG (INICIAL)	6+900	PROG (FINAL)	9+200	IZQUIERDA		DERECHA	
				C/Cuneta	S/contra C.	C/Cuneta	C/contra C.

**Diseño de la cuneta lado izquierdo:**

**imax= 257,38 [mm/h]**

**Coefficiente de escorrentia "C"**

**Aap= 4,51805 [km^2]**

**C= 0,350**      **Segun tabla IX.5**

Se aplicara el metodo racional para determinar el caudal de diseno de las cunetas y las alcantarillas de alivio.

$$Q = C \cdot i \cdot A \cdot L$$

3.6

Donde:  $\left\{ \begin{array}{l} C= 0,35 \\ Aap= 4,51805 \text{ [km}^2\text{]} \\ i= 257,4 \text{ [mm/h]} \end{array} \right.$

**Q= 113,054**

**Qd= 113 [m^3/s]**

**Para disenar la cuneta de este tramo se utilizara la ecuacion de Manning**

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde: **Q= 3,914 [m^3/s]**

Q manning > Q de aporte,

**h= 0,4** m      Modificar

**A= 0,56** m<sup>2</sup>

**P= 2,93403** m

**n= 0,015**

**S= 0,1** se toma la mas critica

**Velocidad 6,99 m/s**

**INGRESE OTRA ALTURA**

**ENTONCES**

**l= 2,8** m

**ANCHO(a)= 0,8** m      Revisar que cumpla el ancho minimo

**Diseño de la cuneta lado derecho:**

<b>imax= 257,38 [mm/h]</b>					
				<b>C= 0,350</b>	
Aap= 4,51805 [km^2]					
Se aplicara el metodo racional para determinar el caudal de diseno de las cunetas y las alcantarillas de alivio.					
$Q = \frac{CxIx A}{3.6}$		Donde:	$\left\{ \begin{array}{l} C= 0,350 \\ Aap= 4,51805 [km^2] \\ i= 257,4 [mm/h] \end{array} \right.$		
<b>Q= 113,054</b>		→	<b>Qd= 113 [m^3/s]</b>		
<b>Para disenar la cuneta de este tramo se utilizara la ecuacion de Manning</b>					
$Q = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{2} \right)^{1/3} * S^{1/2}$		Donde:	<b>Q= 3,914 [m^3/s]</b>		
<b>h=</b>	<b>0,4</b> m				
<b>A=</b>	<b>0,56</b> m <sup>2</sup>	Q manning > Q de aporte,	<b>INGRESE OTRA ALTURA</b>		
<b>P=</b>	<b>2,93403</b> m				
<b>n=</b>	<b>0,015</b>				
<b>S=</b>	<b>0,1</b> se toma la mas critica				$I = (Za + Zb) * h$
<b>ENTONCES</b>					$a = h * \sqrt[3]{S}$
<b>l=</b>	<b>2,8</b> m				
<b>ANCHO(a)=</b>	<b>0,8</b> m	Revisar que cumpla el ancho minimo			

Anexo A2 Conteo Vehicular

Conteo clasificado de giros de trafico







RESUMEN DE GIROS (Vehiculos 06H00 - 20H00)					
INTERSECCION: via a Chanlud					
viernes, 22 de diciembre de 2023			INTERSECCION: I1		
O - D	S1	S2	S3	S4	Total
E1		0	36	0	36
E2	0		0	0	0
E3	36	0		0	36
E4	0	0	0		0
	36	0	36	0	72

RESUMEN DE GIROS (Vehiculos 06H00 - 20H00)					
INTERSECCION: via a Chanlud					
viernes, 22 de diciembre de 2023			INTERSECCION: I1		
O - D	S1	S2	S3	S4	Total
E1		0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
E2	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
E3	100,00%	0,00%		0,00%	100,00%
E4	0,00%	0,00%	0,00%		0,00%
<b>Hora Pico</b> 6-15 7-15					
18 vehiculos					
6 max					
dia	Hora	Volumen	Q15	VHD	FMV
viernes, 22 de diciembre de 2023	6-15 7-15	18	6	24	0,7500
		3019	1014	4056	0,7443
TABLA DE VALORES DE DISEÑO					
Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD:				18	
Vehiculos/hora Q15 más alto del tráfico Q15max:				6	
Vehículos Volumen horario de diseño VHD:				24	
Vehículos/hora Factor de Hora Pico FHP:				0,7500	



RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS Y MOTOS)

Interseccion: via a Chanlud ESTACION: E1 - I 1 INICIO 0:00:00

FECHA: viernes, 22 de diciembre de 2023 FIN 23:59:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
00H00-01H00	0	0	0	0	0	0	0
01H00-02H00	0	0	0	0	0	0	0
02H00-03H00	0	0	0	0	0	0	0
03H00-04H00	0	0	1	0	0	0	1
04H00-05H00	3	0	2	0	0	0	5
05H00-06H00	5	0	1	0	0	1	7
06H00-07H00	5	0	2	0	0	1	8
07H00-08H00	6	0	1	0	0	5	12
08H00-09H00	3	0	1	0	0	4	8
09H00-10H00	2	0	1	0	0	2	5
10H00-11H00	1	0	0	0	0	2	3
11H00-12H00	0	0	0	0	0	0	0
12H00-13H00	0	0	0	0	0	0	0
13H00-14H00	0	0	0	0	0	0	0
14H00-15H00	2	0	0	0	0	1	3
15H00-16H00	0	0	0	0	0	0	0
16H00-17H00	0	0	0	0	0	1	1
17H00-18H00	0	0	0	0	0	3	3
18H00-19H00	0	0	0	0	0	1	1
19H00-20H00	0	0	0	0	0	0	0
20H00-21H00	0	0	0	0	0	0	0
21H00-22H00	0	0	0	0	0	0	0
22H00-23H00	0	0	0	0	0	0	0
23H00-24H00	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	27	0	9	0	0	21	57
<b>%</b>	47,37%	0,00%	15,79%	0,00%	0,00%	36,84%	100,00%

Composicion incluyendo Motos

Livianos con 27 unidades que representa el 47,37 %

Buses con 0 unidades que representa el 0,00 %

Camiones con 9 unidades, donde estan incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 15,79 %

Motos con 21 unidades que representa el 36,84 %

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS )

Interseccion: via a Chanlud ESTACION: E1 - I 1 INICIO 0:00:00

FECHA: viernes, 22 de diciembre de 2023 FIN 23:59:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
00H00-01H00	0	0	0	0	0	0	0
01H00-02H00	0	0	0	0	0	0	0
02H00-03H00	0	0	0	0	0	0	0
03H00-04H00	0	0	1	0	0	0	1
04H00-05H00	3	0	2	0	0	0	5
05H00-06H00	5	0	1	0	0	1	6
06H00-07H00	5	0	2	0	0	1	7
07H00-08H00	6	0	1	0	0	5	7
08H00-09H00	3	0	1	0	0	4	4
09H00-10H00	2	0	1	0	0	2	3
10H00-11H00	1	0	0	0	0	2	1
11H00-12H00	0	0	0	0	0	0	0
12H00-13H00	0	0	0	0	0	0	0
13H00-14H00	0	0	0	0	0	0	0
14H00-15H00	2	0	0	0	0	1	2
15H00-16H00	0	0	0	0	0	0	0
16H00-17H00	0	0	0	0	0	1	0
17H00-18H00	0	0	0	0	0	3	0
18H00-19H00	0	0	0	0	0	1	0
19H00-20H00	0	0	0	0	0	0	0
20H00-21H00	0	0	0	0	0	0	0
21H00-22H00	0	0	0	0	0	0	0
22H00-23H00	0	0	0	0	0	0	0
23H00-24H00	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	27	0	9	0	0	21	36
<b>%</b>	47,37%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%	58,33%	100,00%

Composicion incluyendo sin Motos

Livianos con 27 unidades que representa el 47,37 %

Buses con 0 unidades que representa el 0,00 %

Camiones con 9 unidades, donde estan incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 25,00 %

RESUMEN DE INTERSECCION DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS Y MOTOS)

Interseccion: via a Chanlud ESTACION: E1 - I 1 INICIO 0:00:00  
 FECHA: viernes, 22 de diciembre de 2023 FIN 23:59:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
00H00-01H00	0	0	0	0	0	0	0
01H00-02H00	0	0	0	0	0	0	0
02H00-03H00	0	0	0	0	0	0	0
03H00-04H00	0	0	2	0	0	0	2
04H00-05H00	6	0	3	0	0	0	9
05H00-06H00	10	0	3	0	0	2	15
06H00-07H00	11	0	4	0	0	5	20
07H00-08H00	11	0	2	0	0	9	22
08H00-09H00	7	0	2	0	0	5	14
09H00-10H00	4	0	2	0	0	6	12
10H00-11H00	1	0	0	0	0	2	3
11H00-12H00	0	0	0	0	0	0	0
12H00-13H00	0	0	0	0	0	0	0
13H00-14H00	1	0	0	0	0	1	2
14H00-15H00	2	0	0	0	0	1	3
15H00-16H00	0	0	0	0	0	0	0
16H00-17H00	1	0	0	0	0	4	5
17H00-18H00	0	0	0	0	0	3	3
18H00-19H00	0	0	0	0	0	2	2
19H00-20H00	0	0	0	0	0	1	1
20H00-21H00	0	0	0	0	0	0	0
21H00-22H00	0	0	0	0	0	1	1
22H00-23H00	0	0	0	0	0	0	0
23H00-24H00	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>114</b>
%	94,74%	0,00%	15,79%	0,00%	0,00%	36,84%	100,00%

Composicion incluyendo Motos

Livianos con 54 unidades que representa el 94,74 %

Buses con 0 unidades que representa el 0,00 %

Camiones con 18 unidades, donde estan incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 15,79 %

Motos con 42 unidades que representa el 36,84 %

RESUMEN DE INTERSECCION DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS)

Interseccion: via a Chanlud ESTACION: E1 - I 1 INICIO 0:00:00  
 FECHA: viernes, 22 de diciembre de 2023 FIN 23:59:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
00H00-01H00	0	0	0	0	0	0	0
01H00-02H00	0	0	0	0	0	0	0
02H00-03H00	0	0	0	0	0	0	0
03H00-04H00	0	0	2	0	0	0	2
04H00-05H00	6	0	3	0	0	0	9
05H00-06H00	10	0	3	0	0	2	13
06H00-07H00	11	0	4	0	0	5	15
07H00-08H00	11	0	2	0	0	9	13
08H00-09H00	7	0	2	0	0	5	9
09H00-10H00	4	0	2	0	0	6	6
10H00-11H00	1	0	0	0	0	2	1
11H00-12H00	0	0	0	0	0	0	0
12H00-13H00	0	0	0	0	0	0	0
13H00-14H00	1	0	0	0	0	1	1
14H00-15H00	2	0	0	0	0	1	2
15H00-16H00	0	0	0	0	0	0	0
16H00-17H00	1	0	0	0	0	4	1
17H00-18H00	0	0	0	0	0	3	0
18H00-19H00	0	0	0	0	0	2	0
19H00-20H00	0	0	0	0	0	1	0
20H00-21H00	0	0	0	0	0	0	0
21H00-22H00	0	0	0	0	0	1	0
22H00-23H00	0	0	0	0	0	0	0
23H00-24H00	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>72</b>
%	94,74%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%	58,33%	100,00%

Composicion incluyendo sin Motos

Livianos con 54 unidades que representa el 94,74 %

Buses con 0 unidades que representa el 0,00 %

Camiones con 18 unidades, donde estan incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 25,00 %







Factor mensual					En funcion del consum de combustibles en la provincia de conteo																
					Consumo combustibles Azuay 2022																
MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA																	
ENE	5.041.034	426.907	3.821.603	9.289.543																	
FEB	4.880.836	433.298	3.541.383	8.855.516																	
MAR	5.355.979	453.869	3.841.103	9.650.951																	
ABR	5.032.952	413.959	3.736.007	9.182.917																	
MAY	5.078.272	399.376	4.163.812	9.641.460																	
JUN	5.196.709	387.913	4.223.877	9.808.499																	
JUL	5.547.513	419.991	4.503.173	10.470.677																	
AGO	5.452.805	428.022	4.448.420	10.329.247																	
SEP	5.349.559	389.638	4.417.146	10.156.342																	
OCT	5.259.979	392.703	4.126.129	9.777.810																	
NOV	5.417.543	396.626	4.330.418	10.144.587																	
DIC	5.907.968	444.561	4.457.393	10.809.921																	
TOTAL	63.520.145	4.986.862	49.610.461	118.117.467																	
CONSUMO PROMEDIO MENSUAL				9843122,208																	
F. MENSUAL				0,91056375																	
<b>TPDA<sub>2020</sub> = To * Fh * Fd * Fs * Fm</b>																					
TPDA 2020 = To x	1,05 x 1 x 1,10714285714286 x 0,910563750496727																				
TPDA 2020 = To x	1,10																				
<b>Resumen de trafico observado HORA PICO</b>																					
viernes, 22 de diciembre de 2023					INTERSECCION: via a Chanlud E1 + E2 + E3 + E4																
	E1	E2	E3	E4	SUMA																
L	11	0	11	0	22																
B	0	0	0	0	0																
2E	4	0	4	0	8																
3E	0	0	0	0	0																
4E - 6E	0	0	0	0	0																
TOTAL	15	0	15	0	30																
<b>Resumen de trafico General por Estacion</b>																					
Livianos	Buses	Camiones			Total																
		2 Ejes	3 Ejes	Trailer																	
59	0	20	0	0	79																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">LIVIANOS</th> <th rowspan="2">EUSES</th> <th colspan="2">CAMIONES</th> <th rowspan="2">AILER</th> </tr> <tr> <th>2 EJES</th> <th>3 EJES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										LIVIANOS	EUSES	CAMIONES		AILER	2 EJES	3 EJES					
LIVIANOS	EUSES	CAMIONES		AILER																	
		2 EJES	3 EJES																		
<b>RESUMEN DE TRAFICO EN LA INTESECCION</b>																					
	E1	E2	E3	E4																	
L	27	0	27	0																	
B	0	0	0	0																	
2E	9	0	9	0																	
3E	0	0	0	0																	
4E - 6E	0	0	0	0																	
TOTAL	36	0	36	0	TOTAL CARROS	72															
<b>CORRECCION DE TRAFICO</b>																					
	E1	E2	E3	E4	SUMA																
L	30	0	30	0	59																
B	0	0	0	0	0																
2E	10	0	10	0	20																
3E	0	0	0	0	0																
4E - 6E	0	0	0	0	0																
TOTAL	40	0	40	0	79																

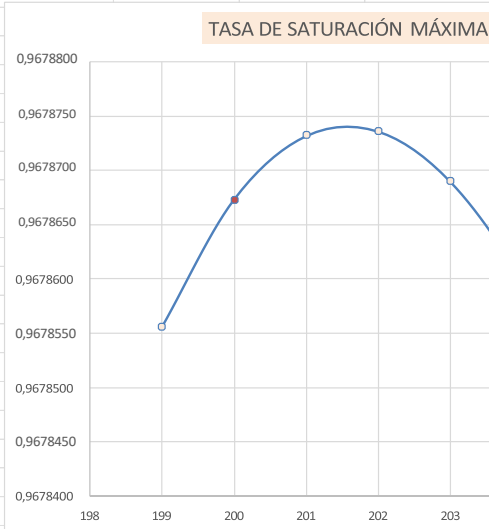
$T_m = \text{Vehiculos} * 1000 / \text{poblacion}$   
 $T_s = \text{Tasa de saturacion}$   
 $T_m \text{ ajustado} = T_s / (1 + \text{EXP}(a+b*t))$   
 Proyeccion de vehiculos livianos  
 $P = \text{Pob} * T_m \text{ ajustado} / 1000$

<b>b</b>	=	-0,077
<b>a</b>	=	2,402
<b>r2</b>	=	0,93677929
<b>r</b>	=	0,96787359
<b>TS</b>	=	202

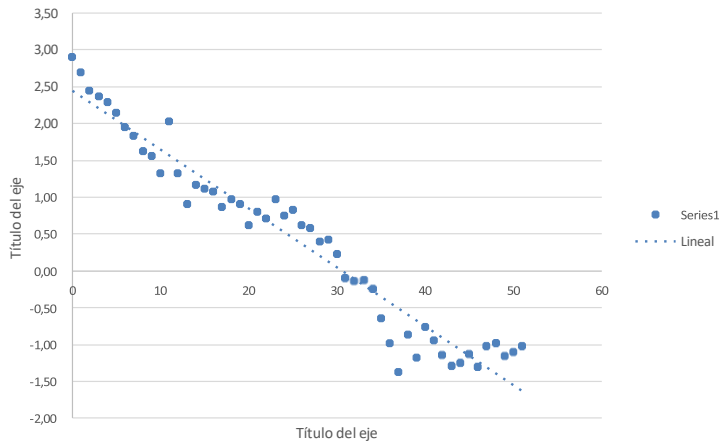
$Y = a + bt$

DIGITE TS= **202**  
tasa de saturacion

<b>199</b>	0,9678556
<b>200</b>	0,9678673
<b>201</b>	0,9678732
<b>202</b>	0,9678736
<b>203</b>	0,9678690
<b>204</b>	0,9678597
<b>205</b>	0,9678462



**REGRESION LINEAL**



TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2023-2028	3,23%	2,25%	2,25%
2028-2033	2,95%	2,25%	2,25%
2033-2038	2,74%	2,25%	2,25%
2038-2043	2,59%	2,25%	2,25%
2043-2047	2,48%	2,25%	2,25%

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2023-2024	3,37%	2,25%	2,25%

			DATOS DE TRAFICO						
			AÑO 2023		TOTAL	Porcentajes			
			TPD TOTAL	111					
2 Ejes	50	%	AUTOS	61	54,8%	Distribucion Camiones			
	20	75,00%	BUSES	0	0,0%				
		25,00%	CAMIONES	50	45,2%				
3E	0	100,00%	2DA	15	13,7%				43,3%
4E	12	100,00%	2DB	5	4,6%				14,4%
5E	12	50,00%	3 - A	0	0,0%				0,0%
		50,00%	4 - C	12	10,8%				34,2%
6E	6	30,00%	2S2	6	5,4%				17,1%
		30,00%	2R3	6	5,4%				17,1%
		30,00%	3S2	2	1,6%				5,1%
		40,00%	3R3	2	1,6%	5,1%			
			3S3	2	2,2%	6,8%			

FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHICULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR
	tons	(P/6.6) <sup>1/4</sup>	tons	(P/8.2) <sup>1/4</sup>	tons	(P/15) <sup>1/4</sup>	tons	(P/23) <sup>1/4</sup>	
BUS	4	0,13	9	1,45					1,59
2DA	3	0,04	7	0,53					0,57
2DB	7	1,27	11	3,24					4,50
3A	7	1,27			20	3,16			4,43
4C	7	1,27					24	1,19	2,45
2S2	7	1,27	11	3,24	20	3,16			7,66
2R3	7	1,27	11	3,24	20	3,16			10,90
			11	3,24					
3S2	7	1,27			20	3,16			7,59
					20	3,16			
3R3	7	1,27	11	3,24	20	3,16			10,82
					20	3,16			
3S3	7	1,27			20	3,16	24	1,19	5,61

Vehículo	Factor FEC	Porcentaje	Distribucion Camiones	
AUTOS	0,1349	54,8%		
BUSES	1,59	0,0%		
CAMIONES		45,2%		
2DA	0,57	13,7%		43,3%
2DB	4,50	4,6%		14,4%
3 - A	4,43	0,0%		0,0%
4 - C	2,45	10,8%		34,2%
2S2	7,66	5,4%		17,1%
2R3	10,90	5,4%		17,1%
3S2	7,59	1,6%	5,1%	
3R3	10,82	1,6%	5,1%	
3S3	5,61	2,2%	6,8%	

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONS																	NÚMERO DE CARRILES			
CÁLCULO AV AMERICAS																				
AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO				CAMIONES							W <sub>1</sub> Acumulado	W <sub>2</sub> Carril Diseño			
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3			3S2	3R3	3S3
2023	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	111	61	0	15	35	15	5	0	12	6	6	2	2	2	79.907,95	36.959
2024	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	114	63	0	16	36	16	5	0	12	6	6	2	2	2	161.617,06	72.728
2025	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	117	65	0	16	37	16	5	0	13	6	6	2	2	3	245.167,93	110.326
2026	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	121	67	0	16	37	16	5	0	13	6	6	2	2	3	330.602,09	148.771
2027	3,23%	0,00%	2,25%	2,25%	124	69	0	17	38	17	6	0	13	7	7	2	2	3	417.961,97	188.083
2028	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	127	71	0	17	39	17	6	0	13	7	7	2	2	3	507.290,99	228.281
2029	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	131	73	0	17	40	17	6	0	14	7	7	2	2	3	598.633,52	269.385
2030	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	134	76	0	18	41	18	6	0	14	7	7	2	2	3	692.034,97	311.416
2031	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	138	78	0	18	42	18	6	0	14	7	7	2	2	3	787.541,73	354.394
2032	2,95%	0,00%	2,25%	2,25%	144	80	0	19	43	19	6	0	15	7	7	2	2	3	885.291,26	398.341
2033	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	145	82	0	19	44	19	6	0	15	7	7	2	2	3	985.062,08	443.278
2034	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	149	84	0	19	45	19	6	0	15	8	8	2	2	3	1.087.173,82	489.228
2035	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	152	87	0	20	46	20	7	0	16	8	8	2	2	3	1.191.587,21	536.214
2036	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	156	89	0	20	47	20	7	0	16	8	8	2	2	3	1.298.354,13	584.259
2037	2,74%	0,00%	2,25%	2,25%	160	92	0	21	48	21	7	0	16	8	8	2	2	3	1.407.527,62	633.387
2038	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	164	94	0	21	49	21	7	0	17	8	8	3	3	3	1.519.161,95	683.623
2039	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	168	96	0	22	50	22	7	0	17	9	9	3	3	3	1.633.312,56	734.991
2040	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	172	99	0	22	51	22	7	0	18	9	9	3	3	4	1.750.036,19	787.516
2041	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	176	101	0	23	52	23	8	0	18	9	9	3	3	4	1.869.390,63	841.228
2042	2,59%	0,00%	2,25%	2,25%	181	104	0	23	54	23	8	0	18	9	9	3	3	4	1.991.435,78	896.146
2043	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	185	107	0	24	55	24	8	0	19	9	9	3	3	4	2.116.231,68	952.304
2044	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	190	109	0	24	56	24	8	0	19	10	10	3	3	4	2.243.840,55	1.009.728
2045	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	194	112	0	25	57	25	8	0	20	10	10	3	3	4	2.374.325,78	1.068.447
2046	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	199	115	0	25	59	25	8	0	20	10	10	3	3	4	2.507.752,22	1.128.488
2047	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	203	118	0	26	60	26	9	0	20	10	10	3	3	4	2.644.186,15	1.189.884
2048	2,48%	0,00%	2,25%	2,25%	208	121	0	27	61	27	9	0	21	10	10	3	3	4	2.783.695,37	1.252.663

RESUMEN													
TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	MION LIVIA	AMION PESAD	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3R3	3S2	3S3
208	121	0	27	61	27	9	0	21	10	10	3	3	4
%	57,89%	0,00%	12,73%	29,39%	12,73%	4,24%	0,00%	10,06%	5,03%	5,03%	1,51%	1,51%	2,01%

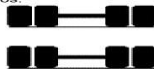
30							PROYECCION DEL 2015 AL 2023					
Camiones							2023	2023	2043			
2 Ejes	3 Ejes	4E	5E	6E			L	2,59%	61			
61	0	20	0	12	12	6	111	B	0	2,25%	0	
50							2E	20	2,25%	20		
LIV	BUS	CAMION				Moto	Bici	Total	3E	0	2,25%	0
		2E	3E	TRAILER					T	0	2,25%	0
		2DA	2DB	4E	5E	6E			79			81
			3 - A	4 - C	2S2	2R3						
						3R3	3S2					
							3S3					

- Ingreso de datos totales de la estacion
- calculo de distribucion de camiones por tipo de vehiculo en %
- Calculo de factores equivalentes de carga por tipo de vehiculo
- calculo de porcentaje de vehiculos
- Calculo del numero de ejes equivalentes a 8,2 Tn

TIPO	DISTRIBUCION MAXIMA DE CARGA POR EJE	
2D		
2DA		

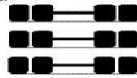
#### Ejes Tandem:

- Es el conjunto de dos ejes simples de ruedas dobles con una separación de centros comprendidos entre 1,00 y 2,45 metros.



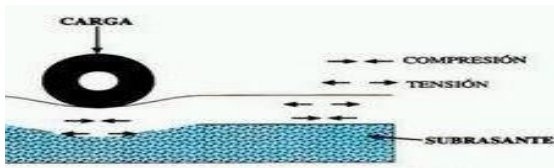
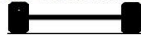
#### Ejes Tridem:

- Es el conjunto de tres ejes simples de ruedas dobles con una separación de sus centros comprendida entre 1,00 y 2,45 metros.



#### Eje Simple:

- Es el que está compuesto por dos ruedas, una en cada extremo del eje.



FACTOR DE CARRIL		
NUM CARRILES	FACTOR DE CARRIL	RANGO
1	1	1
2	1	0,8 - 1
3	0,7	0,6 - 0,8
4	0,6	0,5 - 0,75

TIPO	DISTRIBUCION MAXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCION	WPMO MAXIMO PERMITIDO (Tn)	LIM. SUPER. MAXIMAS PERMITIDAS (Tn)
2D		CAMION DE 2 Ejes pequeño	7	8,00 2,80 3,00
2DA		CAMION DE 2 Ejes MEDIANOS	10	7,50 2,00 3,50
2DB		CAMION DE 2 Ejes GRANDES	18	12,20 2,80 4,10
3A		CAMION DE 3 Ejes	27	15,20 2,00 4,10
4C		CAMION DE 4 Ejes	31	12,20 2,00 4,10
4G		CAMION CON TANDEN DIRECCIONAL Y TANDEN POTEEGUA	32	13,20 3,80 4,10
V2D5		VOHULETA DE DOS Ejes 5.000 kg	18	12,20 2,00 4,10
V3R		VOHULETA DE TRES Ejes 3.000 kg	27	12,20 2,80 4,10
V2S		VOHULETA DE DOS Ejes 3.000 kg	27	12,20 2,00 4,10
T2		TRACTO CAMION DE 2 Ejes	18	8,50 2,80 4,10
T3		TRACTO CAMION DE 3 Ejes	27	8,50 2,00 4,10
S3		REMOLQUE DE 3 Ejes	24	12,20 3,00 4,30
S2		REMOLQUE DE 2 Ejes	20	13,20 3,00 4,30
S1		REMOLQUE DE 1 Eje	11	16,20 3,00 4,30
R2		REMOLQUE DE 2 Ejes	22	10,20 3,00 4,30
R3		REMOLQUE DE 3 Ejes	31	10,20 3,00 4,30
B1		REMOLQUE DE LANZADO DE 1 Eje	11	10,20 3,00 4,30

Tabla 2A. 106 - 03 Nacional de Pesos y Dimensiones: "Posibles combinaciones"

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (m en sus)		
				Longitud	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			39	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			45	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			45	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			35	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			35	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			45	>20,50	3,00	4,30

100
90
70
62,5

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2023-2028	3,23%	2,25%	2,25%
2028-2033	2,95%	2,25%	2,25%
2033-2038	2,74%	2,25%	2,25%
2038-2043	2,59%	2,25%	2,25%
2043-2047	2,48%	2,25%	2,25%

Tomando en cuenta que el número de buses es fija, no se tendrá una tasa de crecimiento de buses

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2023-2028	3,23%	0,00%	2,25%
2028-2033	2,95%	0,00%	2,25%
2033-2038	2,74%	0,00%	2,25%
2038-2043	2,59%	0,00%	2,25%
2043-2047	2,48%	0,00%	2,25%

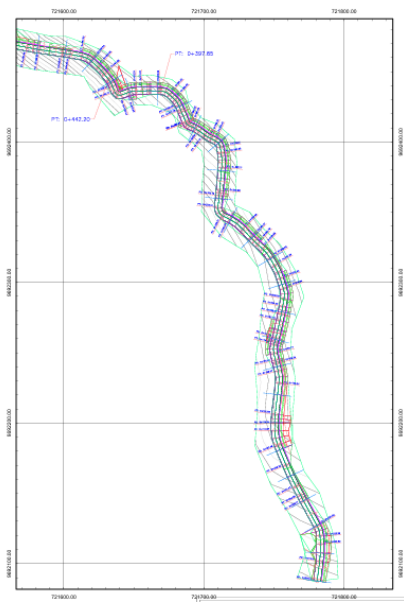
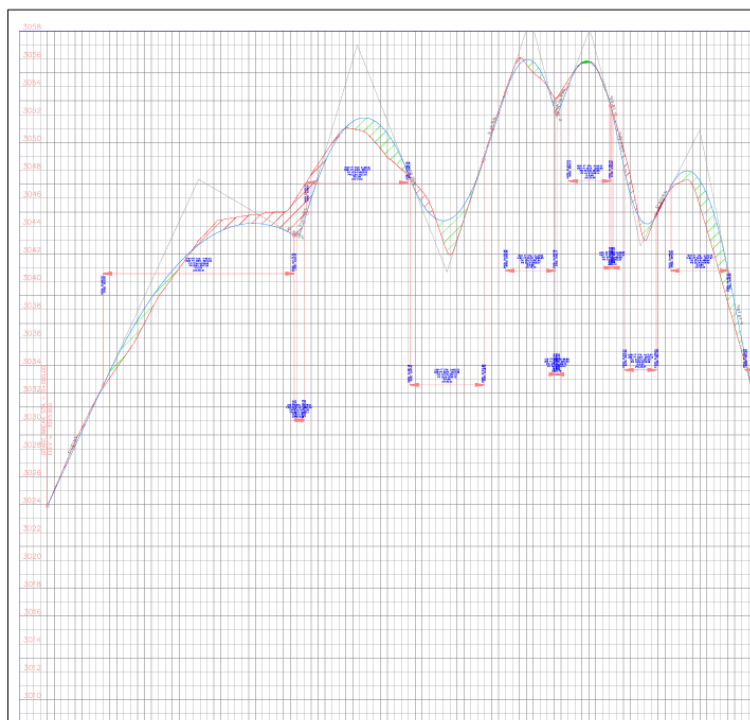
## ANEXO A4 Diseño estructural de la vía método AASHTO

DATOS				
CBR 1	7	Esals	952.304	Datos
CBR 2	7			
CBR 3	7	CBR	7,0	Datos
				%
1 DETERMINACION DE PARAMETROS DE CONFIABILIDAD				
R: Arteria principal	Zona Interurb	0,8	Tabla 1	
Zr:		-0,841	Tabla 1	
Sr: Construcción nueva	Flexible	0,45	Tabla 2	
2 CALCULO DE SERVICIO				
Pg:	4,2	Tabla 4		
PE:	2	Tabla 4		
APSI:	2,2	Ecuación 1		
3 CALCULO DEL MODULO RESILIENTE				
MR	10500	Ecuación 2		
4 CALCULO DEL MODULO RESILIENTE Y EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA BASE Y SUB BASE				
Sub rasante	Recomendado usar BCR >= 95 %			
MR a2	29000	PSI	Tabla 5	
	0,139		Tabla 5	
Base - Sub Ba	Recomendado usar BCR >= 40 %			
MR a3	17000	PSI	Tabla 5	
	0,12		Tabla 5	

5 CALCULO DEL MODULO RESILIENTE DE LA MEZCLA ASFALTICA				
Velocidad:	30	km/h	Supuesto	
F	4,77464829	HZ	=	5 HZ Ecuación 3
E. de capa	100	mm		
T. Ambiente	17	°C		
TS	20	°C	Ecuación 4	
Curva 5 HZ				
Mr	10000	Mpa	Tabla 6	
Mr	1450000	PSI		
a1	0,65572164		Ecuación 5	
6 CALCULOS DE LOS COEFICIENTES DE DRENAJE				
Asumimos:	Drenaje bueno - tiempo expuesto en el pavimento mas de 25 %			
m2-m3=	1	Tabla 7		
7 CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO				
PAVIMENTO	Ecuación 6			
Carpeta asfáltica				
LOG(ESALS)	LOG(W18)			
5,979	5,988	SN1	1,88	
Base				
LOG(ESALS)	LOG(W18)			
5,979	5,992	SN2	2,31	
Sub - base				
LOG(ESALS)	LOG(W18)			
5,979	5,979	SN3	2,73	
8 CALCULO DE ESPESORES				
Capeta asfáltica				
H1	2,87	in	7	cm Ecuación 7
Base				
H2	3,05	in	14	cm Ecuación 8
Sub - base				
H2	3,56	in	14	cm Ecuación 9

9 CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL REAL					
<b>Pavimento</b>					
H1	3	in	SN1*	1,97	<b>Ecuación 10</b>
<b>Base</b>					
H2	6	in	SN2*	2,80	<b>Ecuación 11</b>
<b>Sub - base</b>					
H2	6	in	SN3*	3,52	<b>Ecuación 12</b>
10 TABLA DE RESULTADOS					
Material	Espesor in	Espesor cm	SN requerido	SN* real $SN^* \geq SN$	
Pavimento	3	7,5	1,88	1,97	<b>CUMPLE</b>
Base	6	15	2,31	2,8	<b>CUMPLE</b>
Sub - Base	6	15	2,73	3,52	<b>CUMPLE</b>
11 PARAMETROS					
$LOG(W) \geq LOG(ESALS)$	<b>CUMPLE</b>	$D2 \geq \frac{SN2 - SN1}{A2 + M2}$	<b>CUMPLE</b>		
$D1 \geq \frac{SN1}{A1}$	<b>CUMPLE</b>	$SN1 + SN2 \geq SN2$	<b>CUMPLE</b>		
$SN1 = A1 + D1 \geq SN1$	<b>CUMPLE</b>	$D3 \geq \frac{SN3 - (SN1 + SN2)}{A3 + M3}$	<b>CUMPLE</b>		

## PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA



<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>	
PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO VÍA DUALLE	
PLANO: VISTA EN PLANTA	
AUTOR: LUCAS RIVERA	PROFESOR ADJUNTO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESPONSABLE: ING. DANIEL CARRERA	PROFESOR TITULAR CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ASIGNATURA: TABLA DE ELEVACION	FECHA: 2018
<b>LÁMINA N° 1</b>	

