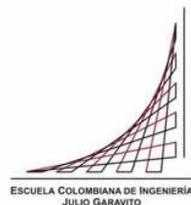


# **Maestría en Ingeniería Civil**

## **Lineamientos de seguridad vial para vías terciarias en placa huella incorporando el diseño geométrico, señalización y sistemas de contención lateral**

**Ing. Gustavo Alfonso Cepeda Ocampo**

**Bogotá, D.C., 15 de julio de 2019**

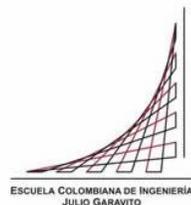


**Lineamientos de seguridad vial para vías terciarias en placa  
huella incorporando el diseño geométrico, señalización y  
sistemas de contención lateral**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con  
énfasis en Tránsito y Transporte**

**Ing. MSc. Maritza Cecilia Villamizar Roperó  
Director**

**Bogotá, D.C., 15 de julio de 2019**



La tesis de maestría titulada “*Lineamientos de seguridad vial para vías terciarias en placa huella incorporando el diseño geométrico, señalización y sistemas de contención lateral*”,  
presentada por el Ing. Gustavo Alfonso Cepeda Ocampo, cumple con los requisitos  
establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y  
Transporte.

---

Director de la tesis  
Ing. MSc. Maritza Cecilia Villamizar Roperó

---

Jurado  
Ing. MSc. Santiago Henao Pérez

---

Jurado  
Ing. MSc. Alberto Boada Rodríguez

Bogotá, D.C., 15 de julio de 2019

## **Agradecimientos**

A Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida con su ayuda.

A mi Madre por apoyarme incondicionalmente en la realización de mis sueños

A mi familia por brindarme siempre su apoyo

A mi directora Ing. Maritza Villamizar por su apoyo, dedicación y colaboración en la elaboración del presente documento.

Al Instituto Nacional de Vías – INVIAS Dirección Territorial Cundinamarca por facilitarme el tiempo y la información para la realización de este trabajo de grado

## **Resumen**

En Colombia se estima que existen un total de 142.284 km de vías terciarias, de las cuales el 24% se encuentra construida en tierra, el 70% se encuentra en afirmado y solo el 6% de estas se encuentra pavimentada; actualmente el 75% de la carga que se mueve por el país lo hace en modo carretero, siendo este el gran motor de la economía que permite a los pequeños productores poder comercializar sus productos.

Según cifras oficiales, en el año 2017 el país ocupaba el puesto 110 dentro del ranking del foro económico mundial en calidad de carreteras, es por esto que el gobierno colombiano está interesado en potenciar el desarrollo económico de las regiones con la construcción de más kilómetros de vías en placa-huella con programas como “Colombia Rural” con una inversión cercana a los 500.000 millones de pesos, pensando en ampliar la cobertura de la red vial terciaria pavimentada.

Con base en lo anterior y pensando en la seguridad de los usuarios que transitan por esta infraestructura se realiza el trabajo de grado presente trabajo de grado, pensado no solo en el aumento de los kilómetros construidos de placa-huella sino en el mejoramiento de las condiciones y la percepción de seguridad vial.

En el desarrollo del documento se realiza una revisión del marco legal que actualmente tiene el país relacionado con el diseño de vías terciarias en placa-huella, encontrándose documentos emitidos por entidades que dependen del Ministerio de Transporte, así mismo se realiza la propuesta de factores técnicos a tener en cuenta para el diseño geométrico, la señalización y los elementos de contención lateral de estas y se aplica en un caso de estudio que fue una vía terciaria ubicada en el municipio de Tena (Cundinamarca).

Como resultado, se obtuvo un diseño seguro, confiable y que aumenta la percepción de seguridad vial de los usuarios, controlando entre otros la velocidad de circulación a un máximo de 40 km/h, posterior a esto se encuentran las recomendaciones generales a tener en cuenta al momento de realizar el diseño a una vía terciaria construida en placa-huella.

**Palabras Clave:** Vías Terciarias, Seguridad Vial, Diseño Geométrico, Señalización.

## **Abstract**

In Colombia it is estimated that there are a total of 142,284 km of tertiary roads, of which 24% is built on land, 70% is in the affirmed and only 6% of these are paved; currently 75% of the cargo that moves through the country does so in road mode, this being the great engine of the economy that allows small producers to market their products.

According to official figures, in 2017 the country ranked 110th in the ranking of the world economic forum in quality of roads, which is why the Colombian government is interested in promoting the economic development of the regions with the construction of more kilometers of track-plate tracks with programs such as "Rural Colombia" with an investment of close to 500,000 million pesos, with the intention of expanding the coverage of the paved tertiary road network.

Based on the above and thinking about the safety of the users who transit through this infrastructure, the work of the present grade degree work is done, thought not only in the increase of the miles built of the footprint but in the improvement of the conditions and perception of road safety.

In the development of the document, a review of the legal framework currently in the country related to the design of third-party tracks on the plate is being made, documents issued by entities that depend on the ministry of transport are found, as well as the proposal of technical factors to take into account for the geometric design, the signaling and the elements of lateral containment of these and it is applied in a case of study that was a tertiary route located in the municipality of Tena (Cundinamarca).

As a result, a safe, reliable design was obtained that increases the perception of road safety for users, controlling, among others, the speed of traffic to a maximum of 40 km / h, after this there are the general recommendations to be taken into account at the time of designing a tertiary path built in plate-footprint.

**Keywords:** Tertiary Roads, Road Safety, Geometric Design, Signaling

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS Y ALCANCE</b>	<b>14</b>
2.1 OBJETIVOS	14
2.1.1 Objetivo principal	14
2.1.2 Objetivos secundarios	14
2.2 ALCANCE	15
<b>3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
3.1 CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL	16
3.1.1 Según su jurisdicción	17
3.1.2 Según sus características geométricas	18
3.1.3 Según el tipo de terreno	18
3.1.4 Según la velocidad de diseño	19
3.1.5 Según su estructura de pavimento	20
3.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA	21
3.3 PROYECTOS ACTUALES DEL ESTADO COLOMBIANO	24
<b>4 MARCO LEGAL</b>	<b>28</b>
4.1 MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO 2008	28
4.2 GUÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS CON PLACA-HUELLA – INVIAS	29
4.3 MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL 2015	30
4.4 GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO APLICACIÓN Y USO DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR	31
<b>5 ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL</b>	<b>32</b>
5.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD	33
5.2 ENTRETANGENCIA	33
5.3 CURVAS CIRCULARES SIMPLES	34
5.4 PERALTE	35
5.5 SOBREANCHO	35
5.6 PENDIENTE LONGITUDINAL	36
5.7 CURVAS VERTICALES	36

5.8	SECCIÓN TRANSVERSAL	37
5.9	OTROS ELEMENTOS	38
<b>6</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>	<b>39</b>
6.1	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	39
6.1.1	Señales preventivas	40
6.1.2	Señales reglamentarias	40
6.1.3	Señales informativas	42
6.2	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	43
6.2.1	Materiales, colores y letras	43
6.2.2	Clasificación	44
6.3	PARÁMETROS DE SEÑALIZACIÓN	46
<b>7</b>	<b>SISTEMAS DE CONTENCIÓN LATERAL</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD VIAL</b>	<b>53</b>
8.1	DISEÑO DE ELEMENTOS DE GEOMETRÍA	53
8.2	ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL Y DISPOSITIVOS	54
8.3	ELEMENTOS DE CONTENCIÓN LATERAL	56
<b>9</b>	<b>CASO DE ESTUDIO</b>	<b>57</b>
9.1	TOPOGRAFÍA	59
9.2	DISEÑO GEOMÉTRICO	60
9.3	DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN	65
9.4	DISEÑO DE SISTEMA DE CONTENCIÓN LATERAL	66
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
<b>11</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>71</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Mapa de la red vial colombiana.....	11
Figura 2 Distribución de la red vial colombiana.....	23
Figura 3 Estado de la red vial terciaria de Colombia.....	24
Figura 4 Ejemplo de una vía terciaria en placa huella.....	25
Figura 5 Porcentaje población rural vs inversión nacional en vías terciarias (2010-2014).26	26
Figura 6 Publicidad programa “Colombia Rural” .....	27
Figura 7 Manual de diseño geométrico .....	28
Figura 8 Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella .....	29
Figura 9 Manual de señalización vial 2015.....	30
Figura 10 Guía técnica para diseño aplicación uso de sistemas de contención vehicular .31	31
Figura 11 Sobreancho de la curva para un carril en vías terciarias .....	35
Figura 12 Ubicación lateral de señales.....	39
Figura 13 Señales preventivas .....	40
Figura 14 Señales reglamentarias.....	41
Figura 15 Señales Informativas .....	42
Figura 16 Lámina 6.502.504 A – Recomendaciones para instalación de defensas.....	50
Figura 17 Algoritmo de selección del nivel de contención de barreras de seguridad.....	52
Figura 18 Localización del municipio de Tena (Cundinamarca).....	57
Figura 19 Participación económica por actividad .....	58
Figura 20 Fotografías de trabajos de campo.....	59
Figura 21 Puntos de topografía .....	60
Figura 22 Trazado total de la vía entre La Gran Vía y Guasimal .....	61
Figura 23 Punto de inicio del proyecto .....	61
Figura 24 Punto final del proyecto .....	62
Figura 25 Perfil longitudinal del tramo completo.....	62
Figura 26 Diseño en planta.....	64
Figura 27 Diseño en perfil.....	64
Figura 28 Diseño de señalización – resalto.....	65
Figura 29 Diseño de señalización – curvas sucesivas .....	66

Figura 30 Diseño de contención lateral – curva cerrada .....	67
Figura 31 Diseño de contención lateral – curva abierta .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Velocidad de diseño .....	20
Tabla 2 Índice de competitividad mundial – ICG .....	22
Tabla 3 Comparativo de Colombia en términos de infraestructura vial .....	22
Tabla 4 Distancias de visibilidad de parada .....	33
Tabla 5 Radios recomendados para vías terciarias .....	34
Tabla 6 Valores de la pendiente máxima permitida.....	36
Tabla 7 Longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales .....	37
Tabla 8 Ancho de calzada .....	38
Tabla 9 Clasificación de la gravedad de los accidentes .....	51
Tabla 10 Parámetros de diseño.....	63
Tabla 11 Tramos y longitudes diseñadas .....	63

# 1 INTRODUCCIÓN

Uno de los indicadores más importantes para evaluar el desarrollo económico de un país es el estado y la cobertura de su infraestructura de transporte, nuestro país transporta el 75% de la carga que produce por modo carretero, lo que infiere que el crecimiento de la economía local está directamente ligada con la forma en cómo se movilizan nuestros productos, según cifras oficiales, el crecimiento del PIB para el año 2017<sup>1</sup> fue de 1.8%; si comparamos nuestra economía con la de otros países, tenemos que Colombia ocupa el puesto 59 según el índice de competitividad Doing Business<sup>2</sup>; en cuanto a la infraestructura de transporte, la nación ocupa el puesto 110 de 137 según el índice de competitividad mundial – ICG.

Actualmente Colombia tiene un total de 205.937 km de carreteras divididas en vías primarias con un total de 18,516 km, 45,137 km de red secundaria y 142,284 km de red terciaria; siendo esta conocida la red alimentadora de las grandes troncales que conectan los centros de producción con ciudades principales o con los puertos del país.

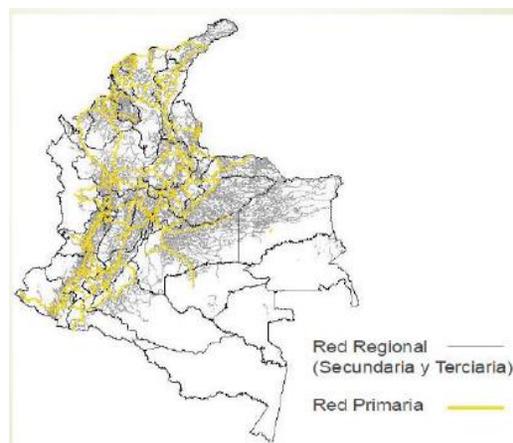


Figura 1 Mapa de la red vial colombiana

Fuente: Vías terciarias en Colombia: una encrucijada. Pantoja 2017.

<sup>1</sup> Según documento transporte en cifras Ministerio de Transporte 2018

<sup>2</sup> Índice de competitividad que proporciona una medición objetiva de las regulaciones para hacer negocios y su aplicación en 190 economías”

Al hacer un diagnóstico de la situación actual de las vías colombianas, se puede evidenciar que se ha avanzado en la construcción y mejoramiento de nuestra infraestructura vial primaria, pero todavía falta hacer una mejor articulación con nuestras redes secundaria y terciaria, que brindan acceso a poblaciones y/o lugares remotos; hacer esto podría potenciar la producción y comercialización de las zonas agrícola y ganaderas, que derivarían en mejores condiciones sociales y económicas para las regiones.

Es por esto que el país actualmente se está preocupando por aumentar los kilómetros construidos de placa-huella con programas como “Colombia Rural”, cuya inversión asciende a 500.000 millones de pesos que serán invertidos en los próximos 4 años con actividades de mantenimiento, mejoramiento y construcción de vías terciarias a través de convenios interadministrativos con entidades territoriales.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, es donde nace la pregunta de investigación del presente documento y es: ¿cómo se está garantizando la seguridad vial de los usuarios que actualmente utilizan este tipo de caminos o carreteras para poder suplir sus necesidades de transporte ya sea para actividades comerciales, recreativas o simplemente para poder atender situaciones propias del desarrollo de una comunidad?, es por esto que se realiza este trabajo de grado, a continuación se presenta la distribución de la tesis realizada.

Como estructura del documento, se exponen en el capítulo 2 los objetivos y el alcance del trabajo realizado, en el capítulo 3 se muestra el análisis del problema que viven actualmente las vías terciarias de nuestro país indicando la clasificación de las vías, seguido de una revisión de la situación actual de las vías terciarias y por último los proyectos que se están realizando actualmente en nuestro país.

El capítulo 4 presenta la revisión del marco normativo en materia de documentos técnicos, los cuales son utilizados en la actualidad como reglamento para el diseño de vías terciarias con placa-huella desde el punto de vista del diseño geométrico, del diseño de señalización y del diseño de los sistemas de contención lateral.

El capítulo 5 identifica los requerimientos en materia de diseño geométrico que incluyen aspectos de seguridad vial para los usuarios de las vías terciarias según los criterios del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Colombia 2008.

El capítulo 6 realiza una revisión de los tipos de señalización vertical, demarcación y otros dispositivos que se encuentran en el Manual de Señalización Vial “Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia” adoptado bajo la resolución 1885 del 17 de junio de 2015, que garanticen las condiciones de seguridad vial.

Seguidamente, en el capítulo 7 se propone el uso de sistemas de contención vehicular amigables con el medio ambiente que ayuden a mejorar la percepción y las condiciones de seguridad vial para vías terciarias que sean de bajo costo.

En el capítulo 8 se presentan los lineamientos de seguridad que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el diseño geométrico de una vía terciaria construida con placa huella así como los parámetros para garantizar un diseño seguro por medio del uso de señalización.

El capítulo 9 presenta la aplicación de la metodología propuesta en un caso de estudio ubicado en el municipio de Tena del departamento de Cundinamarca utilizando las herramientas disponibles.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se deben tener en cuenta para realizar un diseño de vías terciarias con placa-huella de forma segura para el usuario.

## 2 OBJETIVOS Y ALCANCE

### 2.1 Objetivos

#### *2.1.1 Objetivo principal*

Plantear los lineamientos básicos de diseño geométrico, señalización y seguridad vial para vías terciarias contribuyendo así a la disminución de los índices negativos de seguridad vial.

#### *2.1.2 Objetivos secundarios*

- Revisar el estado del arte de las vías terciarias en Colombia
- Realizar la revisión del estado actual de las vías terciarias en el país según cifras oficiales disponibles y el impacto en el desarrollo económico del país.
- Identificar los requerimientos en materia de diseño geométrico que incluyan aspectos de seguridad vial para los usuarios de las vías terciarias según los criterios del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Colombia 2008.
- Realizar una revisión de los tipos de señalización vertical, demarcación y otros dispositivos que se encuentran en el Manual de Señalización Vial “Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia” adoptado bajo la resolución 1885 del 17 de junio de 2015, que garanticen las condiciones de seguridad vial.
- Proponer el uso de sistemas de contención vehicular amigables con el medio ambiente que ayuden a mejorar la percepción y las condiciones de seguridad vial para vías terciarias que sean de bajo costo.
- Realizar la aplicación de la metodología propuesta en un caso de estudio ubicado en el departamento de Cundinamarca utilizando las herramientas disponibles.

## 2.2 Alcance

El presente documento tiene por objeto brindar lineamientos de seguridad vial al diseño de vías terciarias construidas con el sistema de placa-huella, analizando aspectos relevantes y generales del diseño geométrico basado en la normatividad vigente la cual es el manual de diseño geométrico 2008 del ministerio de transporte resolución 000744 del 04 de marzo de 2009, para el tema de la señalización se basa en el manual de señalización vial resolución 1885 del 17 de junio del año 2015 y para los sistemas de contención lateral se tomará como referencia la guía técnica para el diseño aplicación y uso de sistemas de contención vehicular.

El presente documento no tiene en cuenta para sus análisis ni para las recomendaciones dadas la estructura de pavimento que se adopte para este tipo de desarrollos, tampoco se hace referencia a ningún elemento estructural como puentes, muros o gaviones y de igual forma no tiene en cuenta el sistema de drenaje que se adopte.

Para el caso de estudio, este realizó con información secundaria suministrada por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS Dirección Territorial Cundinamarca como consta en la certificación que se encuentra en los anexos a este documento, la cual es fruto del convenio interadministrativo No. 2244 de 2014 que tuvo por objeto: *“Mejoramiento, mantenimiento y conservación de la vía la Gran Vía – El Madroño – Tres Esquinas – La Alberca – La Hacienda – Guasimal, en el municipio de Tena del departamento de Cundinamarca”* celebrado entre el INVIAS y el municipio de Tena por un valor de \$ 900.000.000.

Al no contar con información de las áreas de geotécnica ni de hidráulica, el diseño presentado no contiene chaflanes, análisis de movimientos de tierras ni tampoco análisis de sección transversal con obras hidráulicas o cunetas.

### **3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

Según el manual de diseño geométrico de Colombia del ministerio de transporte 2008, las vías terciarias “...*Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias...*”, esta red vial está compuesta por las carreteras veredales o vecinales que intercomunican las cabeceras municipales con cada una de sus respectivas veredas, centros turísticos y/o puntos de interés general o particular; es por esto que son consideradas como alimentadoras de la red vial secundaria y de la red troncal de nuestro país, en este punto radica su importancia teniendo en cuenta que representan una base vital de la economía del país y es muy poco lo que en materia de mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento se ha realizado.

La red vial terciaria ha venido deteriorándose progresivamente por falta de recursos económicos, incapacidad de los entes gubernamentales para la asignación de recursos, la informalidad con que estas han sido construidas y la carencia de información del estado e inventario.

Para comprender la problemática que afronta nuestro país, es necesario conocer el estado actual de las vías terciarias que hacen parte de la red vial nacional; a continuación, se presenta la recopilación de información recolectada para el desarrollo del presente documento.

#### **3.1 Clasificación de la red vial nacional**

Las vías nacionales en Colombia se pueden clasificar según su jurisdicción, según sus características geométricas, según el tipo de terreno, según el tipo de velocidad de diseño y según su estructura de pavimento, a continuación, se presentan cada una de las clasificaciones para mayor entendimiento de los siguientes capítulos a tratar:

### **3.1.1 Según su jurisdicción**

#### *3.1.1.1 Red primaria*

Según el manual de diseño geométrico 2008, son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.

Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto.

Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas.

#### *3.1.1.2 Red secundaria*

Según el manual de diseño geométrico 2008, son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.

Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

#### *3.1.1.3 Red terciaría*

Según el manual de diseño geométrico 2008, son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.

Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias.

### **3.1.2 Según sus características geométricas**

#### **3.1.2.1 Autopistas**

Son carreteras que están construidas para la circulación a altas velocidades por automóviles y vehículos de carga, conectan capitales de departamento, se caracterizan por no tener acceso a propiedades colindantes, las intersecciones son a desnivel y no contiene cruces peatonales ni de líneas de ferrocarril a nivel

#### **3.1.2.2 Vías multicarril**

Son las que se encuentran en nuestro país, se caracterizan por tener calzadas separadas para cada sentido de circulación, cuentan con 2 o 3 carriles por sentido y los accesos pueden ser controlados parcialmente.

#### **3.1.2.3 Vías bidireccionales**

Son vías que contienen una sola calzada, un carril por sentido o con una configuración de un carril en un sentido y dos en el sentido contrario, pero sin ningún elemento de separación, los accesos a predios no están controlados.

#### **3.1.2.4 Vías unidireccionales**

Son vías con una calzada y un carril en un solo sentido, generalmente se presentan como vías locales y su configuración está determinada por la pendiente longitudinal que es bastante alta.

### **3.1.3 Según el tipo de terreno**

Para el caso de nuestro país, la topografía resulta ser un factor fundamental a la hora de realizar un diseño, razón por la cual nuestras carreteras se pueden clasificar según el terreno por donde transitan de la siguiente manera:

#### *3.1.3.1 Terreno plano*

Son vías cuya pendiente longitudinal se encuentra entre el 0% y el 5% de pendiente, se caracterizan por tener alineamientos rectos de gran longitud y tener como soporte un terraplén.

#### *3.1.3.2 Terreno ondulado*

Su pendiente longitudinal oscila entre 5% y 25%, no presenta dificultades a la hora de realizar el trazado, se presentan alineamientos rectos en combinación con curvos, el movimiento de tierras es moderado.

#### *3.1.3.3 Terreno montañoso*

Es caracterizado por tener una pendiente que varía entre el 25% y 75% de pendiente, cuenta con pendientes transversales y longitudinales fuertes con un movimiento de tierras alto y con limitaciones de espacio a la hora de realizar cualquier tipo de alineamiento.

#### *3.1.3.4 Terreno escarpado*

La pendiente para este tipo de terreno es mayor al 75%, las dificultades en el trazado son máximas y contiene muchas limitaciones por el espacio disponible, el movimiento de tierras juega un papel fundamental.

### ***3.1.4 Según la velocidad de diseño***

En el manual de diseño geométrico del ministerio de transporte del año 2008, se puede encontrar una caracterización de una carretera dependiendo su velocidad de diseño, el tipo de terreno por el cual transcurre y la jerarquía de esta; en la tabla que se presenta a continuación se encuentra la velocidad de diseño según el tipo de vía y el tipo de terreno.

Tabla 1 Velocidad de diseño

Categoría de la carretera	Tipo de Terreno	Velocidad de diseño (km/h)												
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
Primaria de dos calzadas	Plano													
	Ondulado													
	Montañoso													
	Escarpado													
Primaria de una calzada	Plano													
	Ondulado													
	Montañoso													
	Escarpado													
Secundaria	Plano													
	Ondulado													
	Montañoso													
	Escarpado													
Terciaria	Plano													
	Ondulado													
	Montañoso													
	Escarpado													

Fuente: Manual de diseño geométrico 2008.

### 3.1.5 Según su estructura de pavimento

#### 3.1.5.1 En Tierra

Este tipo de vías no poseen estructura, los sistemas de drenaje son naturales, la subrasante se convierte en la rasante y son transitables en épocas de verano.

#### 3.1.5.2 En afirmado

Estas vías se encuentran en material llamado comúnmente como recebo con especificaciones de una capa granular bien gradada y la cual debe mantenerse nivelando constantemente, debe tener un buen sistema de drenaje para que en épocas de invierno la vía se mantenga.

### 3.1.5.3 *En pavimento flexible*

Consiste en una estructura de pavimento que presenta una configuración de una subbase de material granular apoyada en una subrasante, una base granular con un nivel de compactación óptima y una carpeta de rodadura en material asfáltico que consta de materiales fino ligados con materiales bituminosos.

### 3.1.5.4 *En pavimento rígido*

Este tipo de vía se caracteriza por tener una placa de concreto con acero de refuerzo como carpeta de rodadura, en cuanto al soporte de esta es igual al de los pavimentos asfálticos, tiene una durabilidad más alta comparándola con otros tipos de estructuras, entre las vías en pavimento rígido se encuentran las placas huellas y las losas de sistemas de transporte masivo como Transmilenio.

### 3.1.5.5 *En pavimento articulado*

Están compuestos por una carpeta de rodadura construida con bloques de ladrillo de arcilla prensada llamados adoquines o bloques de concreto prefabricado apoyados generalmente sobre una capa de arena.

## **3.2 Situación actual del estado de la Infraestructura**

Actualmente, nuestro país transporta el 75% de la carga que produce por medio de modo carretero, teniendo un crecimiento anual del PIB del 1.8% para el año 2017 (*transporte en cifras, estadísticas 2017 – Ministerio de Transporte*); si comparamos nuestra economía con la de los demás países del mundo, tenemos que Colombia ocupa el puesto 59 según el índice de competitividad Doing Business que es quien “proporciona una medición objetiva de las regulaciones para hacer negocios y su aplicación en 190 economías”, en cuanto a la infraestructura, Colombia ocupa el puesto 110 de 137 según el índice de competitividad mundial – ICG.

Tabla 2 Índice de competitividad mundial – ICG

No.	País	Score
1	Suiza	5.9
61	Colombia	4.3
137	Yemen	2.9

Fuente: Foro Económico mundial 2017.

Tabla 3 Comparativo de Colombia en términos de infraestructura vial

Sector Transporte (Posición mundial)	2015	2016	2017
Calidad en general de la infraestructura	110	113	109
Calidad de carreteras	126	120	110
Calidad en infraestructura ferroviaria	106	104	96
Calidad en infraestructura portuaria	85	83	77
Calidad en infraestructura aérea	74	76	81
Disponibilidad de sillas aerolínea por km/semana	37	35	37

Fuente: Foro Económico mundial 2017.

Si se analiza el estado de la red vial terciaria como un sistema de carreteras alimentadoras, el mejoramiento de estas es de carácter prioritario y se considera pertinente, no solo pensando en un mayor alcance físico sino pensando en el complemento en el diseño y construcción de estas que incorpore aspectos como el de la seguridad vial de los usuarios, de igual forma es de recordar que se necesita dar la máxima utilización a la infraestructura disponible debido a la modernización de la red vial primaria y secundaria con el concepto de vías concesionadas 4G.

El estado actual de las vías terciarias ha obligado a los habitantes de las zonas apartadas a transportar los productos que producen por vías que se encuentran en mal estado, lo que ocasiona un deterioro en la calidad de los alimentos perecederos y con esto el aumento en su costo final, afectando directamente la competitividad de estos productos frente a otros que llegan importados, esto desincentiva la tecnificación y producción agrícola.

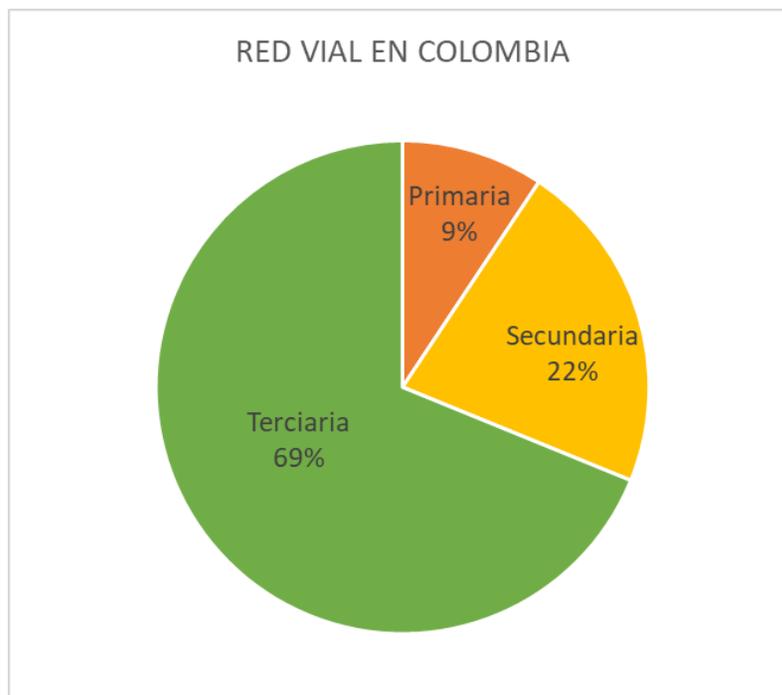


Figura 2 Distribución de la red vial colombiana

Fuente: Elaboración Propia con datos del INVIAS 2018.

Según información del ministerio de transporte, para el año 2017 Colombia contaba con un total de 205,937 kilómetros de vías, con un total de 18,516 kilómetros de red primaria, 45,137 kilómetros de red secundaría y 142,284 kilómetros de red terciaria.

Como es de notar, el 69% del total de la red vial nacional es de carácter terciario, lo que implica que este es un sector al que se le debe prestar mayor atención empezando por mejorar las condiciones de seguridad ya que en la actualidad las vías terciarias de nuestro país han sido construidas de manera artesanal, su tráfico no supera, en promedio, trescientos vehículos por día, el ancho de calzada es en promedio de 3 a 6 metros y su estructura suele ser suelo natural, con un aporte de material granular.

Una de las problemáticas de la infraestructura de los caminos vecinales es la de cobertura de red pavimentada o la que se encuentra en afirmado, pero en buenas condiciones, según cifras del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, el 24% de estas se encuentran construidas en tierra, el 70% se encuentran en afirmado y solo el 6% se encuentra pavimentada; en

cuanto al estado de las vías terciarias, en general su estado se encuentra entre bueno y malo.

Otra problemática que afrontan las vías terciarias colombianas es que actualmente solo se piensa en ampliar la cobertura con la construcción de más kilómetros de placa huella sin tener en cuenta los problemas en cuanto a seguridad vial de los usuarios se trata, es de notar que existe una cantidad de accidentes de tránsito cuya causa probable se asocia a las condiciones de la vía (ver Figura 3), razones como malas prácticas de construcción o alineamientos poco seguros los que hacen que se estén elevando los índices de siniestralidad a lo largo de los corredores.

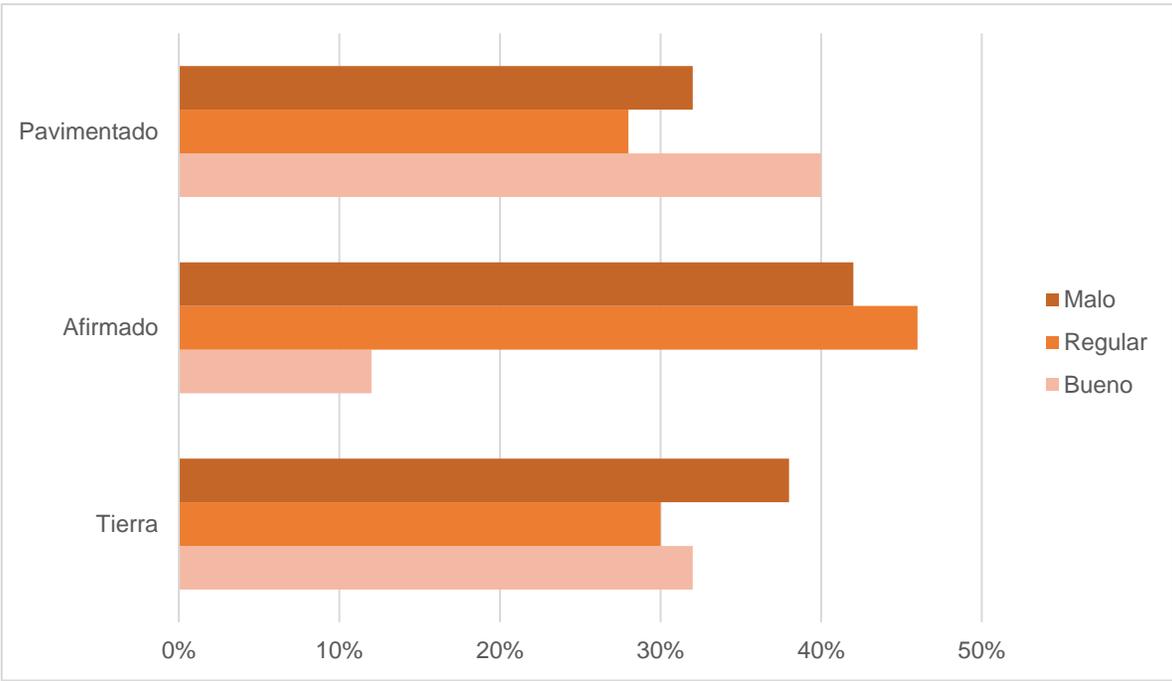


Figura 3 Estado de la red vial terciaria de Colombia

Fuente: Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2017

### 3.3 Proyectos actuales del estado colombiano

La red vial terciaria del país se encuentra bajo la gestión de Instituto nacional de vías – INVIAS con un 18% de participación la cual fue transferida del antiguo Fondo Nacional de Caminos Vecinales, los departamentos cuentan con un total de 9% y los municipios tienen

a su cargo el 65% del total; también existe una red vial de índole privado de caminos que ha sido construida para fines específicos, como los son accesos a proyectos de la industria petrolera y minera, dentro de estas cifras no se tienen en cuenta los caminos que fueron construidos por el desarrollo del conflicto armado ni los que lo fueron por desarrollo de actividades ilegales.

Actualmente, la pavimentación de vías terciarias es realizada con recursos de la nación por medio de convenios interadministrativos celebrados entre los municipios y el INVIAS, según datos oficiales, entre los años 2010 y 2014 se suscribieron un total de 2.626 convenios con 1034 municipios con un alcance total de intervención de 31.000 km de los cuales 1.300 km corresponden a la construcción de placa – huella (ver Figura 4) y 90 km de pavimentación.

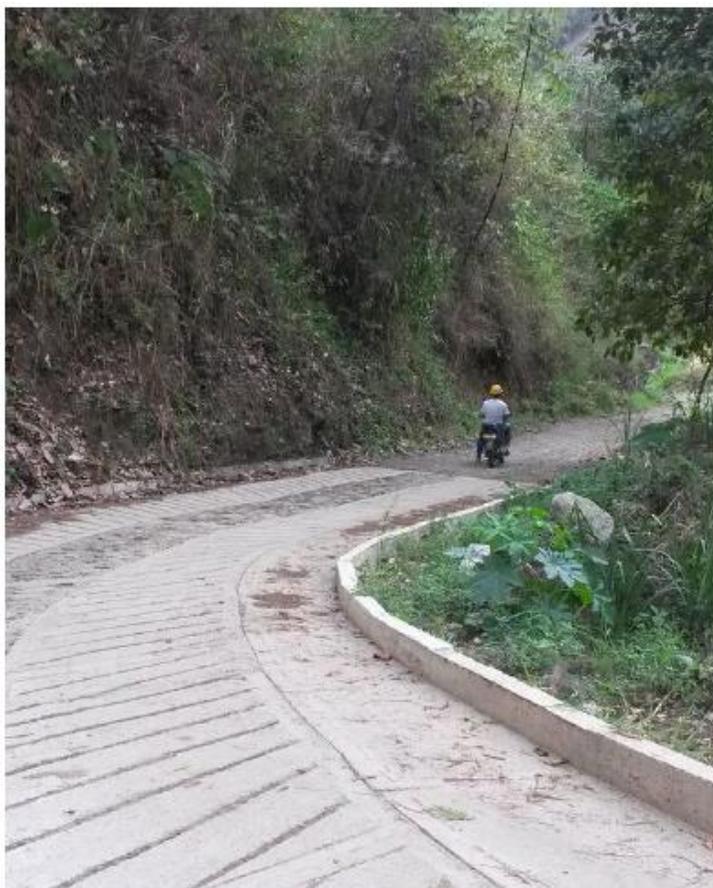


Figura 4 Ejemplo de una vía terciaria en placa huella

Fuente: Tranvias – SAS, 2016

Los recursos destinados para la rehabilitación, mejoramiento, construcción y mantenimiento provienen de la nación a través del ministerio de transporte y del sistema general de regalías (SGR), para que un municipio sea beneficiario, se deben presentar ante los órganos colegiados de administración y decisión regional (OCAD) los proyectos para obtener el financiamiento de los mismos, priorizando entre otros las poblaciones vulnerables o en estado de riesgo.

Las inversiones en la red terciaria ascienden a los \$2.223.758 millones de pesos entre los años 2013 y 2017 según lo reportado por el programa de contratos-plan, entre los años 2012 y 2013 se invirtieron un total de \$2.284.999 millones de pesos del sistema general de regalías y el monto invertido por el ministerio de transporte por medio del INVIAS entre los años 2010 y 2015 es de 2.948.101 millones de pesos.

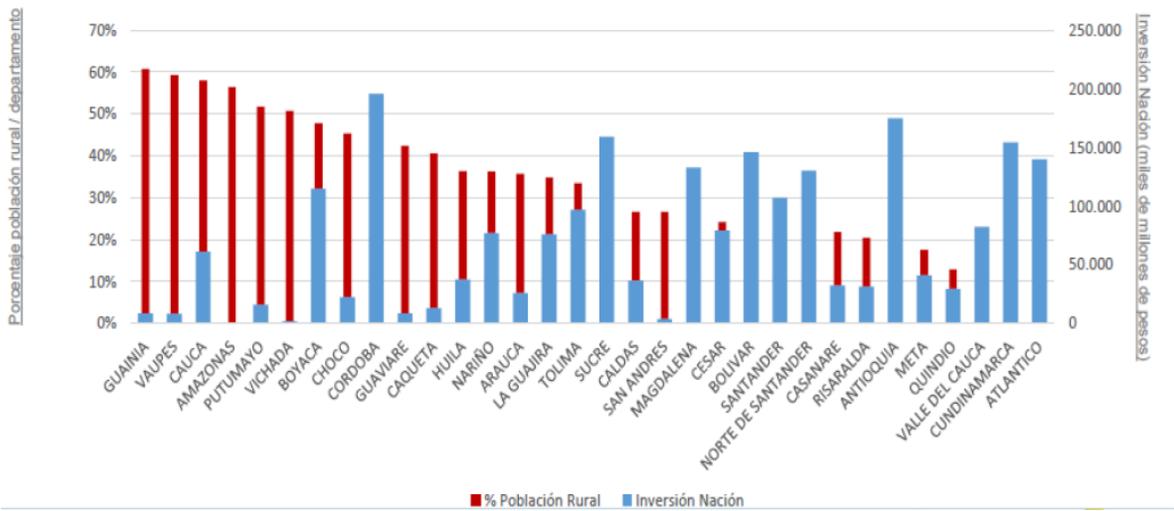


Figura 5 Porcentaje población rural vs inversión nacional en vías terciarias (2010-2014)

Fuente: DNP 2016

Según documentos oficiales del ministerio de transporte y el departamento nacional de planeación, en el futuro se tiene proyectada la inversión de mas de 50 mil millones de pesos para la construcción de más de 2300 kilómetros de vías terciarias a través del plan 50/51 denominado “Vías terciarias para la paz”, de igual forma se tiene proyectada la inversión de

500.000 millones de pesos a través del programa “Colombia Rural”, que tiene por objeto el desarrollo de la industria agrícola, potenciar el emprendimiento y aumentar el turismo durante el periodo 2018-2022, actualmente se encuentra en espera que se descongelen los recursos por parte del ministerio de hacienda para su implementación.



Figura 6 Publicidad programa “Colombia Rural”

Fuente: INVIAS, 2019

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, hace reflexionar acerca de cómo se está garantizando la seguridad vial de los usuarios que actualmente utilizan este tipo de caminos o carreteras de la red terciaria para poder suplir sus necesidades de transporte ya sea para actividades comerciales, recreativas o simplemente para poder atender situaciones propias del desarrollo de una comunidad, teniendo en cuenta que la construcción de esta no ha sido de forma homogénea, puesto que los caminos vecinales y/o vías terciarias tienen diferentes tipos de especificaciones según la entidad ejecutora.

Es por esto que se propone la realización de un trabajo de grado que indique los *“LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD VIAL PARA VÍAS TERCIARIAS EN PLACA HUELLA INCORPORANDO EL DISEÑO GEOMÉTRICO, SEÑALIZACIÓN Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN LATERAL”*, pensado no solo en el aumento de los kilómetros de placa-huella construida sino garantizando desde el diseño mismo la seguridad vial de los usuarios.

## 4 MARCO LEGAL

Dentro de los documentos que rigen el diseño geométrico, la señalización y los elementos de contención lateral para las vías terciarias se tienen los siguientes:

### 4.1 Manual de diseño geométrico 2008

Adoptado mediante resolución 000744 del 04 de marzo de 2009 emitida por el Ministerio de Transporte, es la norma técnica correspondiente para el trazado de los proyectos de rehabilitación, mejoramiento y construcción de la red vial nacional.

Contiene los criterios para el diseño geométrico de carreteras, estableciendo los parámetros para garantizar la consistencia y configuración armoniosa de todos los elementos de la vía.

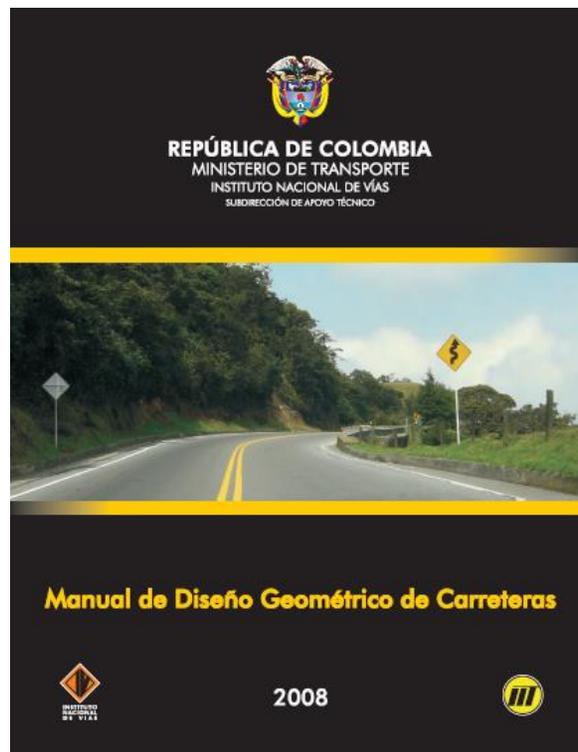


Figura 7 Manual de diseño geométrico

Fuente: Ministerio de transporte, 2008

## 4.2 Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella – INVIAS

La Guía de diseño de pavimentos con Placa-huella fue adoptada por medio de la resolución 0004401 del 17 de octubre del año 2017 emitida por el ministerio de transporte, en su contenido se encuentran las recomendaciones para la descripción del pavimento con placa-huella, el diseño estructural, la calificación de la capacidad de soporte de la subrasante, el diseño de drenaje superficial y contiene ejemplos y tablas de cálculo para el diseño de las mismas.

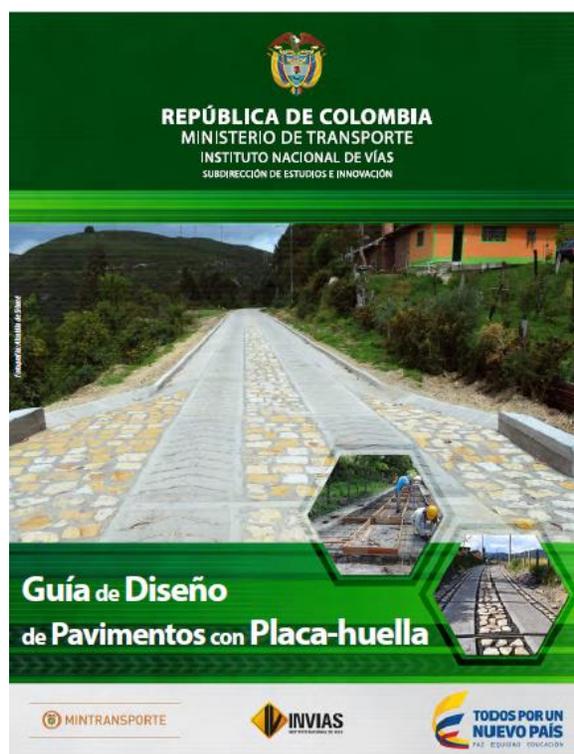


Figura 8 Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella

Fuente: Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2016

El capítulo 3 de este documento técnico está dedicado a presentar recomendaciones en cuanto a diseño geométrico se trata, el contenido es el siguiente: 1. Levantamiento topográfico, 2. Elaboración de diseño en planta, 3. Localizar sobre la vía el eje proyectado, 4. Nivelar el eje y dos líneas paralelas espaciadas dos metros con cincuenta centímetros (2,50 m) a cada lado del eje, 5. Elaborar el diseño en perfil del eje de la vía, 6. Dibujar los planos planta-perfil, 7. Dibujar la modulación de placa-huella en cada uno de los elementos

que integran la planta de la vía, 8. Elaborar la cartera de coordenadas de la línea de base, 9. Cartera de localización y 10. Cartera de rasante; estas recomendaciones se realizan para realizar la construcción de la placa-huella, más sin embargo no contiene datos relevantes para la realización de un diseño seguro como por ejemplo la definición de una velocidad mínima o máxima; sin embargo se menciona puesto que es un documento técnico y oficial.

#### 4.3 Manual de señalización vial 2015

Este manual es adoptado por la resolución 1885 del 17 de junio del año 2015 emitida por el ministerio de transporte, este documento técnico contiene los lineamientos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto de señalización de un corredor vial, dictando los parámetros mínimos para garantizar la seguridad vial de los usuarios de la vía; en su contenido se encuentran parámetros para señalización vertical, demarcación, dispositivos para el control del tránsito y ejemplos típicos para planos de manejo de tráfico.



Figura 9 Manual de señalización vial 2015

Fuente: Ministerio de transporte, 2015

#### 4.4 Guía técnica para el diseño aplicación y uso de sistemas de contención vehicular

El documento técnico fue emitido en el año 2012 por el Fondo de Prevención Vial y tiene como finalidad establecer los criterios de diseño de los sistemas de contención vehicular con base en experiencias internacionales, además presenta las medidas de seguridad de las zonas laterales del corredor vial haciendo énfasis en el concepto de zonas seguras; sin embargo el documento no contiene recomendaciones sobre que sitios se deben disponer este tipo de dispositivos.

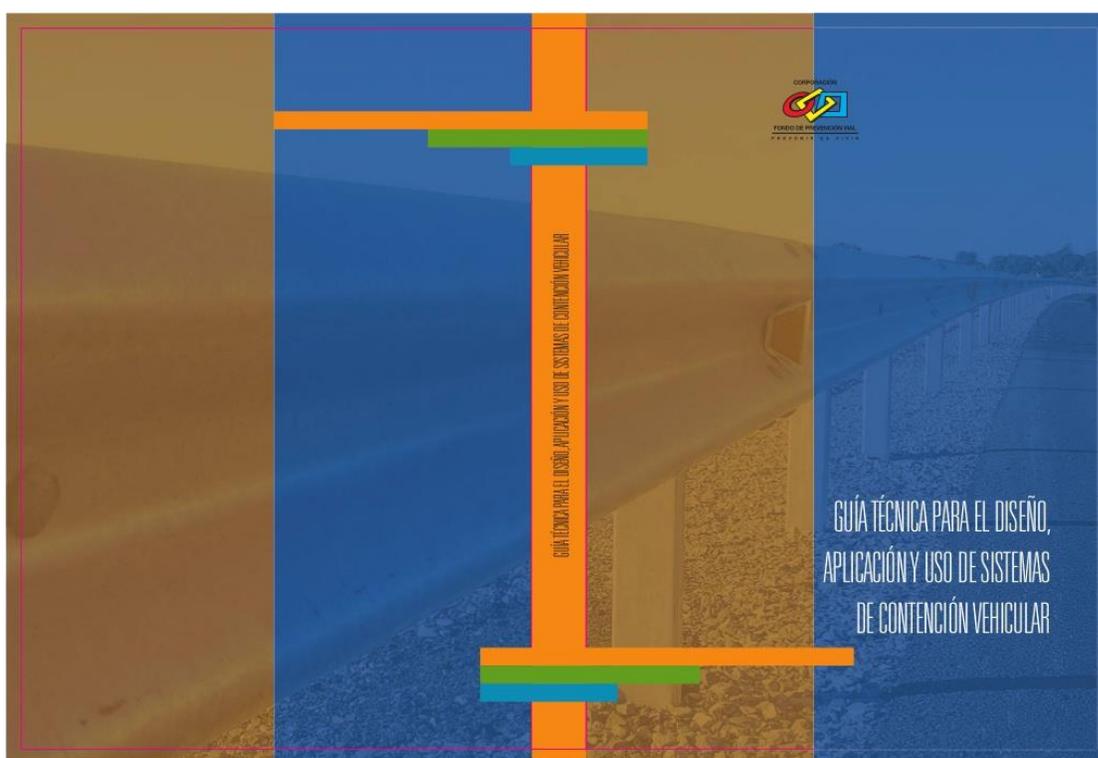


Figura 10 Guía técnica para diseño aplicación uso de sistemas de contención vehicular

Fuente: Fondo de prevención vial, 2012

Además de la normatividad anteriormente descrita, también se tendrán en cuenta las normas técnicas colombianas NTC, normas o manuales internacionales que sean aplicadas en el país y literatura especializada en el diseño geométrico, señalización y contención vehicular para vías terciarias y cuyas recomendaciones sean aplicadas a Colombia.

## 5 ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL

Cuando se analizan las cifras de accidentalidad del país, es importante destacar que existen categorías que tienen implícitas las condiciones de la vía, es por esto que se deben realizar los diseños con los mejores estándares de calidad y pensando siempre en la seguridad de los usuarios, es por esto que se propone analizar el diseño geométrico de las vías terciarias con placa-huella, recalcando que este documento realiza una serie de recomendaciones en el tema de alineamientos garantizando siempre las condiciones óptimas de seguridad en cada uno de sus elementos.

Las vías terciarias o caminos vecinales tienen por objeto principal conectar veredas, centros poblados, caseríos o viviendas con las cabeceras municipales, transportando material de carga o pasajeros, notando un aumento en los viajes que son realizados en motocicleta, razón por la cual las velocidades de operación han aumentado considerablemente teniendo en cuenta que ya no se utilizan vehículos de tracción animal para la movilización.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se indica que el exceso de velocidad es uno de los factores que más afectan las condiciones de seguridad de una carretera, constituyen el 37% de los accidentes ocasionados por la misma según cifras de la agencia nacional de seguridad vial y por lo tanto, se constituye en un factor determinante para el proyecto de diseño y es necesario para definir las especificaciones geométricas del corredor.

Para fines del desarrollo del proyecto, la velocidad puede entenderse como la máxima rapidez que puede mantenerse a lo largo del corredor o en tramos del mismo de manera uniforme con seguridad y durante periodos con bajos volúmenes de tránsito, para las vías terciarias construidas con placa-huella, la máxima velocidad admisible será de 40 km/h, con el fin de brindar seguridad a los usuarios que transitan por estas.

Una vez definida la velocidad de diseño, a continuación, se presenta la definición de los demás elementos de geometría que garantizarán el mejoramiento en las condiciones de seguridad vial de los corredores de la red terciaria construidos con placa-huella.

## 5.1 Distancia de visibilidad

Uno de los parámetros a tener en cuenta a la hora de realizar un diseño geométrico para una vía terciaria con placa-huella, se define como la distancia que necesita un vehículo para que se detenga antes de chocar contra un obstáculo que puede aparecer de un momento a otro en la carretera; este dato se debe estudiar como evaluación del diseño presentado.

Tabla 4 Distancias de visibilidad de parada

Velocidad de Diseño (km/h)	Distancia durante la percepción y reacción (m)	Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia durante el frenado (m)	Distancia de visibilidad de parada $D_p$ (m)	
				Calculada	Redondeada
20	16.68	0.440	8.05	24.73	25
30	22.24	0.440	15.75	37.99	40
<b>40</b>	<b>27.8</b>	<b>0.370</b>	<b>26.60</b>	<b>54.40</b>	<b>55</b>

Fuente: Manual de diseño Geométrico Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2008

La distancia de parada se determinará cuando existan condiciones óptimas de iluminación, sin embargo, cuando se estén analizando curvas verticales cóncavas se deberán considerar condiciones de conducción nocturna.

## 5.2 Entretangencia

Los vehículos que circulan por los tramos rectos pueden llegar a incrementar su velocidad notoriamente, causando un problema de inseguridad no solo por el mismo hecho que exista un exceso de la misma sino por la monotonía que puede llegar a suceder en un tramo recto muy largo, esta condición se logra cuando el usuario ha recorrido un tiempo superior entre los 60 – 75 s, razón por la cual debe limitarse la longitud de las entretangencias y para lo cual se recomienda introducir curvas con un radio bastante amplio que obligue al conductor a corregir suavemente su dirección y el uso de dispositivos de tipo alertador.

Por el contrario, si la entretangencia resulta ser muy corta, esto producirá una sensación de inseguridad al usuario que tendrá que trazar su trayectoria de forma más compleja, para evitar este tipo de situaciones se recomienda: si la curva es sentidos opuestos y el tramo

recto se transita en menos de 5 s, conviene alargar al menos una de las curvas para evitar esta situación; si las curvas son del mismo sentido y el tramo recto se recorre en menos 10 s, se recomienda cambiar las dos curvas por una sola siempre y cuando el espacio disponible así lo permita.

### 5.3 Curvas Circulares Simples

Consultando la bibliografía presentada y el marco normativo aplicado a las vías terciarias con placa-huella, se encuentra que es recomendable el empleo de curvas circulares, esto debido a la practicidad a la hora de realizar el procedimiento constructivo y teniendo en cuenta que en los diseños del corredor vial que se presentarán se determinó una velocidad de diseño de 40 km/h.

El radio mínimo de una curva circular se define como el valor límite de curvatura para una velocidad específica dada de acuerdo con el peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal; a continuación, se presentan los valores recomendados de radio mínimo que deben ser empleados a la hora de realizar el diseño de elementos específicos:

Tabla 5 Radios recomendados para vías terciarias

Velocidad Específica (Km/h)	Peralte Máximo (%)	Coeficiente de Fricción Transversal	Total	Radio Mínimo (m)	
				Calculado	Redondeado
20	6	0.35	0.41	7.7	15
30	6	0.28	0.34	20.8	21
<b>40</b>	<b>6</b>	<b>0.23</b>	<b>0.29</b>	<b>43.4</b>	<b>43</b>

Fuente: Manual de diseño Geométrico Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2008

Según el manual de diseño geométrico del INVIAS, para la condición de 20 km/h, se adopta un valor de radio mínimo de 15 m, debido a las condiciones de desplazamiento por el elemento, permitiendo que se realicen giros sin requerir maniobras forzadas o cambios bruscos de velocidad.

Es importante mencionar que las curvas anteriormente descritas no cuentan con el cálculo del sobreelevamiento el cual se presentará más adelante.

## 5.4 Peralte

La pendiente transversal de la vía se denomina peralte, este se aplica para compensar con una componente del peso de los vehículos la fuerza centrífuga que es generada en las curvas de la vía. Según el manual de diseño geométrico del INVIAS, el peralte máximo recomendado para las vías terciarias con placa-huella es del 6%, el cual permite no incomodar a vehículos que transitan a velocidades menores que la de diseño.

## 5.5 Sobreancho

Se entiende por sobreancho al ensanchamiento que debe realizarse a la calzada para asegurar los espacios libres necesarios para una circulación libre, adecuada y segura de un camión comercial debido a su gran tamaño; según el manual de diseño geométrico de 2008, el sobreancho de una curva para vías terciarias se debe realizar por medio de la figura que se presenta a continuación.

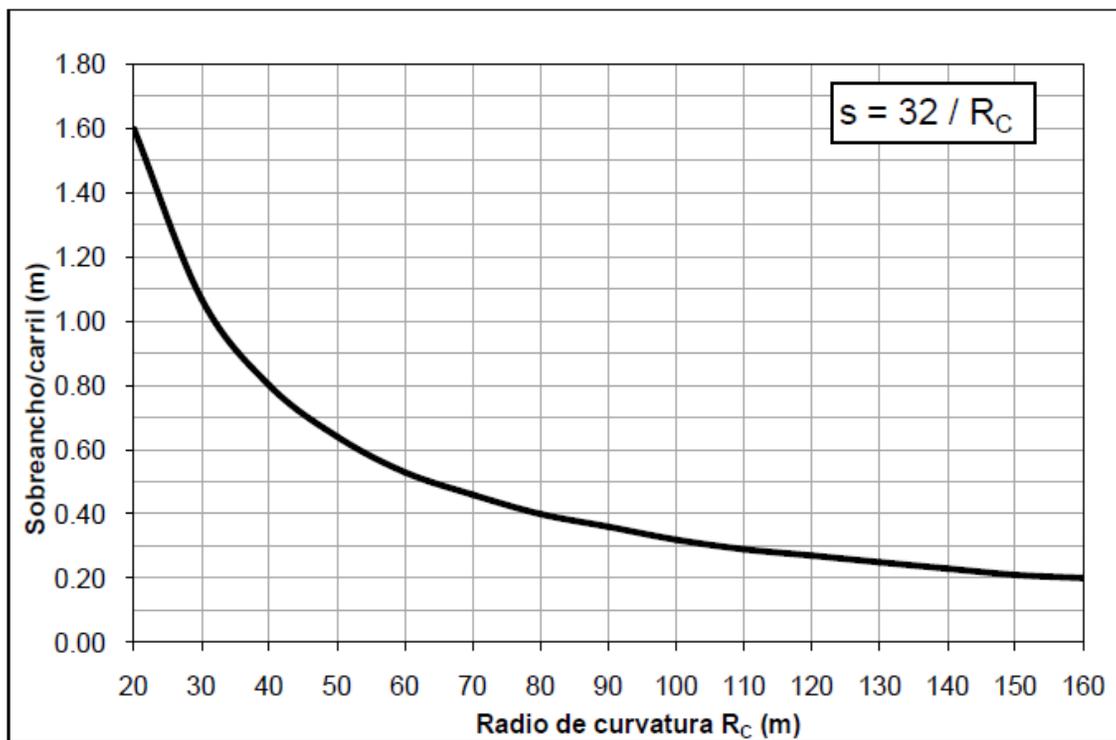


Figura 11 Sobreancho de la curva para un carril en vías terciarias

Fuente: Manual de diseño Geométrico Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2008

## 5.6 Pendiente longitudinal

La pendiente máxima que se presenta en una tangente vertical está determinada por la velocidad de diseño del corredor, el tránsito que circula, el tipo de terreno y la categoría de la carretera; la definición de esta será aquella que brinde las mejores características de construcción, conservación, operación y la más importante la seguridad de los usuarios; en la tabla presentada a continuación se muestran los valores de la pendiente máxima de acuerdo con el manual de diseño geométrico de 2008.

Tabla 6 Valores de la pendiente máxima permitida

Categoría de la Carretera	Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo V <sub>tv</sub> (km/h)				
	20	30	40	50	60
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8
Secundaria	-	-	10	9	8
<b>Terciaria</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

Fuente: Manual de diseño Geométrico Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2008

En cuanto a la pendiente longitudinal mínima, el manual de diseño geométrico de 2008 recomienda que esta sea de 0.3% para la condición de terraplén y de 0.5% para la condición de corte; con el fin de garantizar la evacuación de las aguas de escorrentía.

## 5.7 Curvas verticales

Las curvas verticales que se encuentran en una vía terciaria con placa-huella se ajustan a las condiciones de una parábola, esta condición resulta ser la más segura para el usuario, puesto que se ha demostrado que esta forma es la que más se adapta al cambio gradual de pendiente entre las tangentes de entrada y salida.

Para la determinación de la longitud mínima de las curvas verticales, esta es realizada en función del criterio de operación que se encuentra en el manual de diseño geométrico 2008, esto se realiza con el fin de evitar que el usuario que transite por este elemento experimente una cesación de cambios súbitos de pendiente; para esto, se definirá el parámetro K, mediante el cual se ejercerá el control sobre la distancia de visibilidad de parada y de este

modo se podrá obtener la longitud mínima de la curva vertical; en la siguiente tabla se presenta los valores para el parámetro K y su correspondiente longitud mínima de la curva vertical.

Tabla 7 Longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales

Velocidad específica vcv (km/h)	Distancia visibilidad de parada	Valores de K (min)				Longitud mínima según criterio de operación (m)
		Curva convexa		Curva cóncava		
		Calculado	Redondeado	Calculado	Redondeado	
20	20	0.6	1	2.1	3	20
30	35	1.9	2	5.1	6	20
<b>40</b>	<b>50</b>	<b>3.8</b>	<b>4</b>	<b>8.5</b>	<b>9</b>	<b>24</b>
50	65	6.4	7	12.2	13	30

Fuente: Manual de diseño Geométrico Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2008

Se debe tener en cuenta que en los puntos donde la diferencia algebraica de pendientes menor o igual al 1%, en este caso no se puede hablar de curva vertical sino de punto de quere vertical de la rasante.

## 5.8 Sección transversal

La sección transversal se refiere en este caso a la calzada vehicular, la cual se entiende como la parte de la corona que está destinada para la circulación de los vehículos y la cual contiene dos o más carriles, entíendase por carril a la franja de ancho que es suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

En la tabla que se presenta a continuación, se encuentran los anchos de calzada recomendados expresados en metros para una vía terciaria en placa huella, teniendo en cuenta el tipo de terrero por el cual discurre el corredor de estudio y la velocidad de diseño previamente determinada.

Tabla 8 Ancho de calzada

Categoría de la carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo VTR (km/h)			
		20	30	40	50
Terciaria	Plano			6	
	Ondulado		6	6	
	Montañoso	6	6	6	
	Escarpado	6	6		

Fuente: Manual de diseño Geométrico Instituto Nacional de Vías – INVIAS, 2008

En casos especiales, se debe garantizar por lo menos un ancho promedio de placa-huella de 5.0 m para garantizar la circulación de los vehículos comerciales.

### 5.9 Otros elementos

Entre los elementos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar un diseño se encuentra el bombeo, según el manual de diseño geométrico de 2008, se recomienda el uso de un 2% para superficies en concreto hidráulico como una placa-huella.

Normalmente las vías terciarias en placa-huella no tienen bermas debido al poco espacio disponible que se tiene, sin embargo se puede llegar a manera el concepto de berma – cuneta que tendrá que ser abordado por un estudio hidráulico.

Se recomienda la utilización de bordillos con el fin de brindar confinamiento a la estructura y seguridad al servir de guarda rueda en los sectores donde se construya este tipo de infra estructura.

## 6 SEÑALIZACIÓN

El diseño de señalización que se proponga para las vías terciarias construidas con placa-huella debe cumplir sin excepción con todos los criterios establecidos en el Manual de Señalización Vial resolución 1885 del 17 de junio de 2015 por la cual se adopta el manual de señalización vial, “Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia”.

### 6.1 Señalización Vertical

Son dispositivos instalados a nivel de la vía o sobre ella que reglamentan el tránsito e informan a los conductores mediante simbología o palabras.

La ubicación de las señales estará dada acorde con la velocidad de diseño del proyecto y deberán quedar en posición vertical a 90° con respecto al eje de la vía.

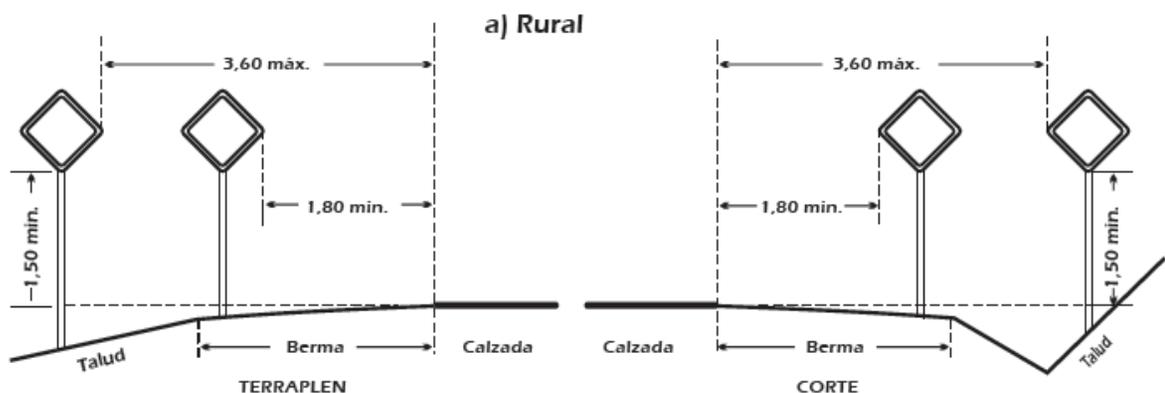


Figura 12 Ubicación lateral de señales

Fuente: Manual de señalización vial – Ministerio de transporte, 2015

Desde el punto de vista funcional, las señales verticales se pueden clasificar en tres grupos de la siguiente manera:

### **6.1.1 Señales preventivas**

Consisten en tableros fijados en postes con símbolos que tiene por objetivo prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro, estas señales se identifican con el código general “SP”.

El tablero utilizado para estas señales es cuadrado con las esquinas redondeadas y se colocará sobre su diagonal en un soporte que al igual que el tablero deberán llenar condiciones de resistencia, durabilidad y presentación. El color de fondo de estas señales es amarillo tránsito según el patrón aprobado y los símbolos y caracteres serán negros.



Figura 13 Señales preventivas

Fuente: Manual de señalización vial – Ministerio de transporte, 2015

### **6.1.2 Señales reglamentarias**

Las señales reglamentarias tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía acerca de las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso, estas señales se identifican con el código general “SR”, el no acatamiento de las señales reglamentarias acarrearán sanciones previstas en el código nacional de tránsito.

La forma de las señales reglamentarias en su mayoría es circular, el color del fondo de las señales restrictivas es blanco en acabado reflejante, el anillo y la franja diametral serán de

color rojo de acuerdo al patrón exigido por las normas, y su símbolo, letras y filetes serán en color negro.



Figura 14 Señales reglamentarias

Fuente: Manual de señalización vial – Ministerio de transporte, 2015

La excepción a las características anteriores corresponde a las siguientes señales:

- SR – 01 “PARE”: Forma octogonal con fondo rojo, orlas y letras blancas
- SR – 02 “Ceda el paso”: Forma de triángulo equilátero con un vértice hacia abajo, fondo blanco, orla roja y letras negras
- SR-04 “NO PASE”: Forma circular, con fondo rojo y símbolo de color blanco
- SR – 38 “Sentido vial único”: Forma rectangular, con el fondo negro y orla y símbolo blancos
- SR – 39 “Sentido vial doble”: Forma rectangular, con el fondo negro y orla y símbolo blancos

La ubicación de las señales se presentará en el sitio donde se deba cumplir con la reglamentación estipulada en la señal.

### 6.1.3 Señales informativas

Las señales informativas son tableros fijados en postes con leyendas y/o símbolos, su función es guiar al usuario de la vía suministrándole información necesaria, refiriéndose a la identificación de las rutas, destinos, direcciones, servicios, sitios de interés especial, intersecciones y cruzamientos, distancias recorridas o por recorrer, prestación de servicios, información cultural y otras que se consideren de importancia. Esta señalización se identifica con el código general "SI".



Figura 15 Señales Informativas

Fuente: Manual de señalización vial – Ministerio de transporte, 2015

La forma de las señales informativas de acuerdo a su clasificación tendrá la siguiente forma:

- Identificación: Escudo
- Postes de referencia: Rectangular
- Destino: Tableros rectangulares con bordes redondeados, de fondo verde oscuro, las letras, números, flechas y filetes en color blanco reflejante
- De información de la ruta: Tableros con forma de escudo de fondo blanco reflejante con simbología y filetes color negro

- De información general: Rectangular. A excepción de las señales indicativas de prestación de servicio cuyo fondo es de color azul mate y los símbolos, letras flechas filetes en color blanco reflejante
- De información Turística: Cuadrada

## **6.2 Señalización horizontal**

Las marcas viales son los pictogramas o dibujos y letras que se pintan en el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes a las vías, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos.

Las marcas viales tienen como función complementar las reglamentaciones o informaciones de otros dispositivos de tránsito, o transmitir mensajes sin distraer la atención del conductor. Cada marca en particular deberá usarse, únicamente para transmitir el respectivo mensaje.

### **6.2.1 Materiales, colores y letras**

Las marcas viales deben hacerse mediante el uso de pinturas. Sin embargo, puede utilizarse otro tipo de material, siempre y cuando cumpla con las especificaciones de color y visibilidad durante el tiempo que sea necesario. Pueden utilizarse unidades individuales que sobresalgan 2.5 cm de la superficie del pavimento, haciendo contacto entre sí formando líneas continuas o segmentadas.

Las marcas deben ser blancas o amarillas; el primero se empleará para indicar separación entre tránsito del mismo sentido, y el segundo para indicar separación entre tránsito de sentidos contrarios sobre una misma calzada. Las letras serán las del alfabeto y deberán cumplir con las especificaciones dadas por las normas vigentes (Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de Vías).

### **6.2.2 Clasificación**

Las marcas viales se clasifican en lineales y transversales, a continuación, se nombran su clasificación:

**Líneas centrales:** Tienen por objeto indicar el eje de la calzada, aunque en calzadas asimétricas no se encuentran en el centro geométrico. Para el caso de las vías transversales en doble sentido usar una línea de color amarillo de ancho 0.12m. En las calzadas de un solo sentido, usar una línea blanca continua de 0.12m de ancho. En líneas centrales discontinuas, la longitud del segmento pintado es de 4.50 m y la longitud del segmento sin pintar de 7.50 m.

**Líneas de carril:** Tienen por objeto delimitar los carriles que conducen el tránsito en la misma dirección. Usar una línea blanca continua en la proximidad de las intersecciones de 0.12m de ancho, para restringir el cambio de carril; y usar una línea segmentada de 4.5 m de largo espaciada cada 7.5 m, en el resto de la vía.

**Líneas de borde de pavimento:** Tienen por objeto indicar el borde exterior del pavimento, para guiar al conductor, especialmente en las horas de la noche. Usar una línea continua de 0.12m a cada lado de cada calzada. En los casos de calzada única ambas serán de color blanco; en caso de dobles calzadas; la línea exterior de color blanco y la línea interior, de color amarillo.

**Líneas de separación de rampas de entrada o de salida:** Tienen por objeto hacer la separación entre el carril de circulación de una vía de alta velocidad y la rampa de entrada o de salida, en donde existen carriles de aceleración o desaceleración para los vehículos. Estas líneas serán de color blanco, intermitentes con tramos de un metro, separadas un metro y con un ancho de 0.20 m.

**Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido:** Básicamente se trata de las mismas líneas de separación de carriles; que en el caso de prohibir la maniobra de adelantamiento serán continuas en el costado desde el que se está prohibiendo.

**Demarcación de bermas pavimentadas:** En los casos en que las bermas tengan un ancho de más de 3m, y con el objeto de no ser confundidas con carriles adicionales; deberán demarcarse con líneas blancas diagonales a la dirección del eje de la vía, con ancho de 30 cm y espaciamiento de 20 m entre cada una de ellas, formando un ángulo de 45 grados con la línea de borde de pavimento.

**Demarcación de transiciones en el ancho del pavimento:** Esta demarcación se usará en zonas en donde el ancho del pavimento esté en transición y se reduce el número de carriles. Se hará con una línea continua, blanca o amarilla según los sentidos de circulación, de 12 cm de ancho como mínimo

**Demarcación de PARE:** Tiene por objeto indicar el sitio de parada de los vehículos anterior a una señal de tránsito que reglamenta la detención antes de entrar a una intersección. Estará ubicada a 1.20 m de la línea interior que define el cruce peatonal y debe atravesar todos los carriles de aproximación, usar una línea blanca continua de 0.60m de espesor.

**Demarcaciones de pasos peatonales:** En las zonas donde se tenga dispositivo de protección para el peatón se emplearán sucesiones de líneas paralelas al tráfico vehicular de 0.4m de ancho y separadas entre sí 0.4m; en caso de no contar con protección se usaran 2 líneas perpendiculares al tráfico con un espesor mínimo de 0.3 m y cuya separación estará definida por el volumen peatonal. En este caso se recomienda el uso de reductores de velocidad al aproximarse al cruce peatonal.

**Demarcaciones de “ceda el paso”:** Como complemento de la señal SR-02 y el pictograma de ceda el paso, se emplearán líneas de 0.4 m de espesor y 0.8 m de longitud, separadas cada 0.4 m; que irán perpendiculares a la salida del carril que está cediendo el paso.

**Marcas de objetos:** Como complemento a las señales preventivas que indican la presencia de objetos sobre o cerca a la vía, se emplearán líneas diagonales de 0.2m de ancho, inclinadas 45 grados hacia el costado en el cual debe encausarse el tráfico para evitar el obstáculo, y alternadas entre los colores amarillo y negro.

**Símbolos y letreros:** Sobre la vía se pueden emplear distintos pictogramas o letreros que

indican la presencia de peatones, la obligación de disminuir la velocidad, zonas especiales, sentidos viales u otras restricciones.

**Flechas de sentido vial:** Se emplearán en los carriles individualmente cuando se presente posibilidad de cambio de carril o destino, sus dimensiones están en el Manual de Señalización vial.

**Ceda el paso:** Finalizando las rampas de salida, y acompañando la señal SR-02, se dispondrá sobre el carril un pictograma de ceda el paso, sus dimensiones están en el Manual de Señalización vial.

Las características de todas las marcas que se utilizan deben cumplir con las especificaciones que se contemplan en el “manual de señalización vial, dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas” adoptado según resolución 1885 del 17 de junio de 2015 emitida por del Ministerio de Transporte y el Instituto nacional de Vías o en tal caso, por las normas vigentes de la nación.

La demarcación de la vía se complementa con la instalación de una tacha reflectiva bidireccional amarilla sobre la línea central de carril espaciadas entre sí con una distancia de veinticuatro (24) metros, sobre los bordes de vía se debe instalar tachas reflectivas unidireccionales, con un espaciamiento de veinticuatro 24 metros entre cada una; de igual manera para la zona de entradas y/o salidas así como en las agujas de las intersecciones, se deben instalar tachas de color blanco espaciadas cada seis (6) metros al exterior de la línea de borde como lo cita el manual se señalización

### **6.3 Parámetros de Señalización**

El desarrollo del estudio de señalización tiene como base el diseño geométrico proyectado, por lo cual comparte algunos de sus parámetros básicos.

Debido a la importancia que las señales y marcas tienen en el funcionamiento de las vías, ya que por medio de ellas se informa a los usuarios la forma correcta y segura de transitar, será responsabilidad de las autoridades encargadas, que las señales y marcas

permanezcan en su sitio y bajo condiciones óptimas de visibilidad y conservación, de tal manera que se garantice su funcionalidad. Cualquier dispositivo debe cumplir cinco requisitos fundamentales que son:

- Satisfacer una necesidad importante
- Llamar la atención
- Transmitir un mensaje claro
- Imponer respeto a los usuarios del camino
- Estar en el lugar apropiado a fin de dar tiempo de reaccionar

Por tal motivo, sus características deben ser tales que su significado sea simple y comprensible, que su tamaño y ubicación sean adecuados y permitan que el usuario disponga de tiempo necesario para reaccionar.

Con la velocidad de diseño definida, se realizan las siguientes recomendaciones para tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de señalización

- Se deben utilizar tableros de acuerdo con la velocidad de diseño seleccionada y con respecto a las recomendaciones de la resolución 1885 del 17 de junio de 2015 por la cual se adopta el manual de señalización vial, “Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia”, con lamina retroreflectiva IX o superior
- Se recomienda la utilización de pintura en frio para las líneas de borde de 12 cm, las flechas, líneas de sendero, PARE y Cebrá; estas deben cumplir con la especificación técnica INVIAS INV 700-13, la cual indica que se debe garantizar una retroreflectividad mayor o igual a 200 milicandelas/m<sup>2</sup>/lux para pintura amarilla y 250 milicandelas/m<sup>2</sup>/lux para pintura blanca.

- Se recomienda la utilización de pintura en con base plástica para los pictogramas de paso peatonas, sendero peatonal, texto de zona escolar y pictograma de zona escolar; estas deben cumplir con la especificación técnica INVIAS INV 700-13, la cual indica que se debe garantizar una retroreflectividad mayor o igual a 200 milicandelas/m<sup>2</sup>/lux para pintura amarilla y 250 milicandelas/m<sup>2</sup>/lux para pintura blanca.
- En caso que el diseño lo requiera, se recomienda utilizar estoperoles de tipo plástico con espigo para garantizar una mayor durabilidad del dispositivo.

## 7 SISTEMAS DE CONTENCIÓN LATERAL

Las defensas son dispositivos de seguridad que se instalan en uno o ambos lados de la carretera, en los lugares donde exista peligro, ya sea por el alineamiento de la vía, altura de los terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos, entre otros, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan del camino y encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto

De acuerdo con lo indicado en el Manual de Carreteras Volumen 6 – Seguridad Vial Capítulo 6.500 sistemas de Contención Vial de la Dirección General de Obras Públicas de Chile de 2015, (se tomó este manual como guía ya que es el que se asemeja a las características de las vías y topografía de Colombia), de esta manera basado en esta misma norma, la instalación de defensas metálicas en zonas de terraplenes se define en función de los siguientes criterios:

Los factores que inciden en la ocurrencia o gravedad de los accidentes en terraplenes son su talud, su altura y la presencia de radios de curva horizontal comprendidos entre el radio mínimo para la velocidad del proyecto y el radio mínimo correspondiente a la velocidad del proyecto más 10 Km.

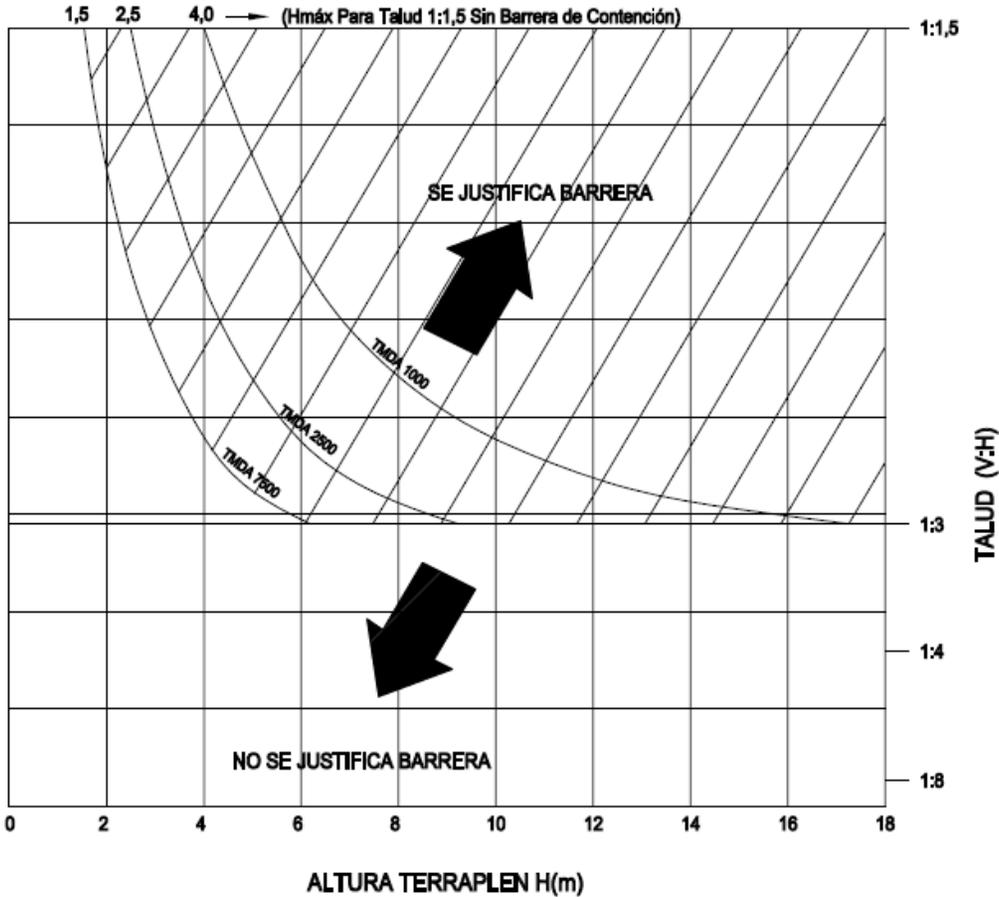
Se considera que pueden requerirse defensas metálicas para taludes más pronunciados que 1:1.5 (V:H), los cuales son considerados como zonas críticas o de volcamiento, pues un vehículo que abandone la vía podría volcarse al circular por ellos. Teniendo en cuenta lo anterior, el Manual de Carreteras Volumen 6 – Seguridad Vial Capítulo 6.500 sistemas de Contención Vial de la Dirección General de Obras Públicas de Chile de 2014, establece un nivel aceptable de riesgo en función de otros parámetros, ya que si se aplican los criterios internacionales para taludes seguros se requeriría el uso de defensas metálicas en casi la totalidad de las vías.

De acuerdo con lo anterior, en las vías terciarias se recomienda la instalación de defensas

metálicas en las curvas con radios de curvatura pequeños, zonas donde se encuentran obstáculos laterales como, vegetación (árboles), instalaciones de servicios públicos, las estructuras de drenaje como pretilas de los puentes, cabezales de las alcantarillas u obra de similares características, cuyo ancho es inferior al ancho de corona de la vía, para esta situación no se deben poner paralelas a la vía si no en un ángulo de 15 grados esto para evitar que el vehículo se estrellé de frente con la defensa y así encause el vehículo a la vía corrigiendo su trayectoria.

Teniendo en cuenta los taludes utilizados en los terraplén que se encuentran en la vía, se hace la interpretación de la figura que se presenta a continuación, con el fin de definir si es necesario o no el empleo de defensa metálica en el sitio de estudio.

Figura 16 Lámina 6.502.504 A – Recomendaciones para instalación de defensas



Fuente: Manual de vías Chile 2015

Para la selección del nivel de contención se toma como referencia la Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular de Corporación Fondo de Prevención Vial 2012, en el cual se indica primero la selección del nivel de contención, inicialmente se determina la gravedad de los accidentes que pueden ocurrir en el punto tomando como referencia la siguiente tabla

Tabla 9 Clasificación de la gravedad de los accidentes

Nivel de riesgo	Gravedad del Accidente	Condiciones
Riesgo Alto	Muy grave	Caídas por precipicios Caídas desde la plataforma de un puente u estructura similar Colisiones con estructuras a nivel inferior, donde se preste un servicio o se almacenen mercancías peligrosas Nudos e intersecciones complejas.
	Accidente grave para terceros	Invasión de otras vías paralelas (líneas férreas, carreteras, ciclovías) Irrupción en zonas donde se localizan terceros vulnerables (parques recreativos, por ejemplo) Choque con elementos que puedan producir la caída de objetos de gran masa sobre la plataforma de la vía o puente
	Accidente grave	Caídas en masas de agua Choque con pilares de puentes o entradas a túneles
Riesgo normal	Accidente normal	Choque con elementos como: Arboles Postes y soportes de luminarias, señales, rótulos y vigas Muros, paredes de retención, muros de suelo reforzado, muros de tierra armada, tablaestacas, pantallas antirruído. Estructuras del sistema de drenaje Cunetas o canales de sección no traspasable Taludes transversales Vuelco (paso por taludes paralelos no traspasables)

Fuente: Guía técnica para el diseño y uso de sistemas de contención vehicular, FPV 2012

Con los datos anteriormente suministrados, se debe realizar la elección del nivel de contención necesario,

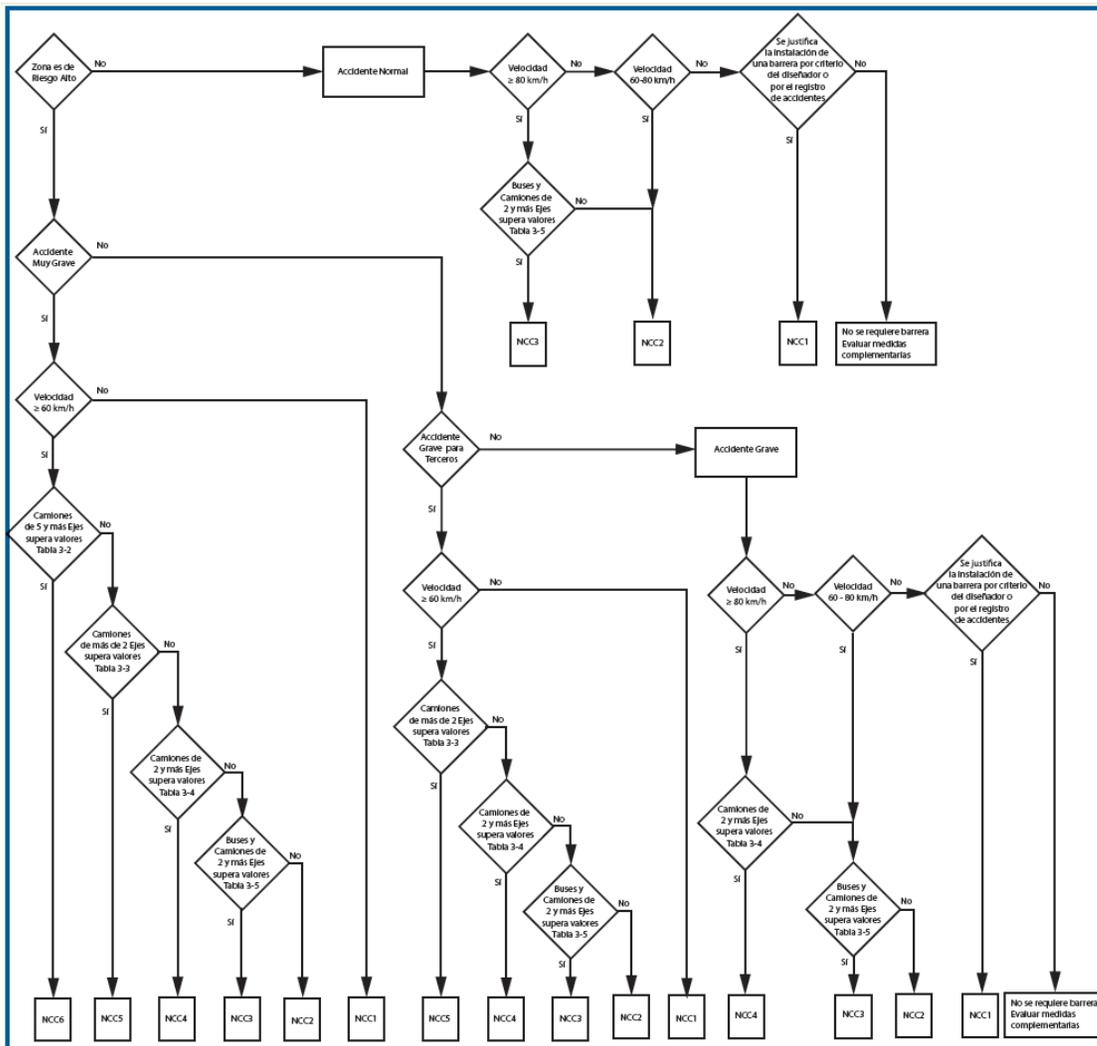


Figura 17 Algoritmo de selección del nivel de contención de barreras de seguridad

Fuente: Guía técnica para el diseño y uso de sistemas de contención vehicular, FPV 2012

## 8 LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD VIAL

Una vez realizada la revisión documental de las diferentes fuentes de información consultadas, es necesario realizar la consolidación y plantear los lineamientos de seguridad vial que resultaran en el diseño de vías terciarias con placa huella y con los cuales se garantizara las condiciones mínimas de seguridad que pueden ser controladas desde el diseño geométrico, la señalización y los elementos de contención lateral que se dispongan a lo largo del corredor de estudio, a continuación, se presentarán los parámetros que deben tenerse en cuenta:

### 8.1 Diseño de elementos de geometría

- La velocidad de diseño en ningún caso podrá ser mayor a 40 km/h
- La distancia de visibilidad de parada que se debe garantizar deber ser de mínimo 55 metros.
- Por tratarse de tramos de vía en muchos casos cortos, se debe garantizar que las entretangencias mínimas sean de por lo menos 50 metros.
- Como radio mínimo de curvatura se debe garantizar el uso de curvas con radios no mayores a 45 metros, de igual forma es recomendable trazar curvas circulares
- En cuanto al peralte, según el MDG2008, se debe utilizar un máximo de 6%
- Cuando la calzada tenga más de 6 metros de sección transversal, se deberá hacer el trazado de un sobreebancho de por los menos 0.8 metros a fin de garantizar la correcta circulación de dos vehículos en sentido contrario, cuando la calzada tenga menos de 6 metros, no se trazará sobreebancho puesto que en esta condición solo se podrá hacer el paso de un vehículo a la vez.

- En cuanto a las pendientes longitudinales se recomienda que estas se encuentren entre los 10 y 14%, sin embargo y teniendo en cuentas las condiciones de nuestra topografía, se podrán hacer excepciones en cuanto al manejo de esta y se implementará un reductor de velocidad a fin de controlar el paso por esta zona.
- la pendiente transversal debe ser de mínimo el 1% para garantizar la correcta evacuación del agua lluvia.
- El ancho de la calzada dependerá del espacio disponible, sin embargo, se podrá tomar como mínimo el valor suministrado por el manual de diseño de pavimentos en placa huella, el cual indica un mini de 5 metros de ancho total
- Para la evacuación del agua de escorrentía, se propone el uso de sistemas tipo cuneta que garanticen la evacuación de estas.

## **8.2 Elementos de señalización vial y dispositivos**

- Por el poco espacio disponible, se propone la ubicación lateral de señales verticales a borde de calzada para no interferir con el paso de vehículos pesados, de igual forma las señales tendrán un tamaño de 75 centímetros.
- Se deben priorizar el uso de señales verticales de tipo preventivo sin llegar al exceso de las mismas, las condiciones que sin excepción se deberán señalar se encuentran curvas horizontales, ubicación de resaltos, advertencia de centros poblados y advertencia de centros educativos,
- En cuanto a las señales reglamentarias tipo SR-30(30), estas se dispondrán a lo largo del corredor vial repitiendo el mensaje cada 2 kilómetros sin importar si la vía terciaria se encuentra pavimentada o no.

- Para el caso de las líneas de borde de vía, estas deberán ser en pintura plástica en frío con aplicación de imprimante para garantizar la fijación de esta en la losa, así mismo se debe garantizar una relación 50/50 entre el antideslizante y la microesfera de vidrio mejorando la visibilidad de estas en horas de la noche.
- Debido a los bajos volúmenes vehiculares que se presentan en las vías terciarias, se propone el uso de pinturas con base plástica para la demarcación de pictogramas de zonas escolares, pasos peatonales y demás elementos que sean especificados por metro cuadrado.
- La lamina retroreflectiva que se debe implementar en las señales verticales será tipo IX o superior, garantizando así la correcta visualización en horas de la noche.
- La disposición de las señales preventivas a lo largo del corredor, no deberá ser menor de 10 metros para garantizar que el usuario que transita sea advertido de la condición señalizada.
- Las tachas reflectivas deberán ser ubicadas en las curvas horizontales cada 6 metros que servirán como respaldo en condiciones de lluvia intensa que impida la visualización de las líneas de borde.
- Para calzadas con anchos menores a 6 metros, no se deberá implementar la señalización de separación de carriles.
- Estoperoles y demás elementos serán con espigo, lo cual da una mejor fijación, estabilidad y durabilidad del dispositivo que se está implementando.
- Los resaltos serán ubicados en zonas donde por las condiciones del trazado se deba reducir la velocidad a juicio del diseñador, estos tendrán una altura máxima de 5 cm y una longitud de mínimo 4 metros pintados de color amarillo.

### **8.3 Elementos de contención lateral**

- Los elementos de contención vehicular serán defensas metálicas de doble onda certificadas con captafaros instalados cada 3.8 metros para su visibilidad en horas de la noche, para condiciones de contención más extremas se pueden utilizar barreras tipo newjersey a los que también se les implementarán captafaros y serán pintados de color negro-amarillo.
- La ubicación de los elementos de contención lateral será en zonas donde se presente peligro de salida de la calzada como por ejemplo curvas circulares donde se deba reducir considerablemente la velocidad, de igual forma sitios donde existan diferencias de nivel mayores a 2.4 metros de altura.
- Cuando sea necesario la construcción de muros de contención, estos tendrán que disponer de elementos de visibilidad tipo captafaros a una distancia de 3.8 metros cada uno, si el muro se encuentra en el lleno, este deberá sobresalir por lo menos 30 centímetros a fin de servir de soporte a la defensa metálica que se deberá disponer en este sitio.

## 9 CASO DE ESTUDIO

Para el desarrollo del presente documento, se tomó como referencia la topografía suministrada por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, la cual fue producto del convenio interadministrativo No. 2244 de 2014 que tuvo por objeto: “*Mejoramiento, mantenimiento y conservación de la vía la Gran Vía – El Madroño – Tres Esquinas – La Alberca – La Hacienda – Guasimal, en el municipio de Tena del departamento de Cundinamarca*” celebrado entre el INVIAS y el municipio de Tena por un valor de \$ 900.000.000 con un plazo hasta el 13 de diciembre de 2015.

El proyecto fue realizado en el municipio de Tena, ubicado en la provincia Tequendama del departamento de Cundinamarca, se encuentra a una distancia aproximada de 42 km de la ciudad de Bogotá, con una extensión total de 55 km<sup>2</sup> divididos en área urbana de 25 km<sup>2</sup> y área rural de 30 km<sup>2</sup>, la cabecera municipal tiene una altura de 1384 m.s.n.m con una temperatura media de 22 °C y una población total de 9359 habitantes aproximadamente.



Figura 18 Localización del municipio de Tena (Cundinamarca)

Fuente: <http://www.tena-cundinamarca.gov.co/municipio/territorio>, 2019

Como actividad económica principal del municipio se tienen la agricultura, la ganadería, las industrias de producción avícola y el turismo debido a su clima agradable y su cercanía a la ciudad de Bogotá; según datos del Departamento Nacional de Planeación (DNP) los ingresos per cápita del municipio ascienden a \$1.047.713, en la figura siguiente se muestra la participación en la económica de cada una de las actividades productivas.

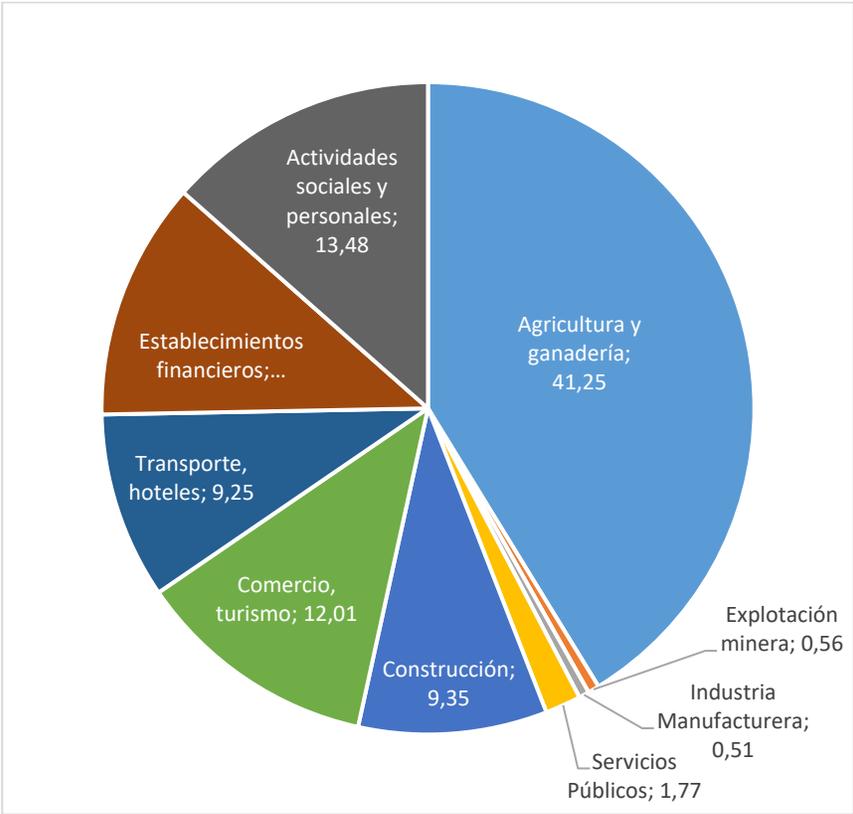


Figura 19 Participación económica por actividad

Fuente: Sistema de estadísticas territoriales Tena, DNP 2016

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se evidencia la necesidad de los habitantes del municipio por transportarse, es por ello que en desarrollo del convenio 2244 de 2014 se realiza la construcción de 1.046 m de placa huella distribuidos en ocho (8) tramos críticos, el sector es transitado por habitantes del sector y por turistas que hacen uso de las instalaciones de centros recreacionales que se encuentran en la vereda; a continuación se presenta la propuesta para el mejoramiento de la seguridad vial de los usuarios que transitan por los tramos construidos en placa huella.

## 9.1 Topografía

El levantamiento topográfico fue realizado por el consorcio CAP-AIH en el año 2016, el equipo utilizado fue una estación total Topcon GTS 4 y un nivel de precisión; las actividades de la comisión de topografía fueron las siguientes:

- Revisión del levantamiento topográfico de los tramos, por cambios en el inicio y final de la intervención.
- Control y verificación del eje materializado y el ancho a construir.
- Control de Niveles de cada uno de los tramos.
- Verificación del eje materializado
- Revisión del levantamiento topográfico del tramo.
- Nivelación y Contra nivelación del tramo inicial a intervenir



Figura 20 Fotografías de trabajos de campo

Fuente: Consorcio CAP-AIH 2016

Como resultado de las actividades de campo, se obtuvo una malla de puntos con coordenadas (norte, este y cota) que servirán como base para la creación de una superficie y con esta realizar el diseño geométrico, el diseño de señalización y el diseño de los sistemas de contención lateral que garanticen las mejores condiciones de seguridad para esta vía terciaria y sus tramos construidos en placa huella.

## 9.2 Diseño geométrico

Tomando con base la topografía suministrada por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, se realizó la construcción de una superficie de terreno que sirviera para realizar el diseño geométrico, cabe aclarar que esta topografía fue realizada con coordenadas arbitrarias tanto planas como en cota; en total de construyeron 8 superficies diferentes para 8 tramos de placa huella a diseñar, a continuación, se muestran los datos crudos suministrados:

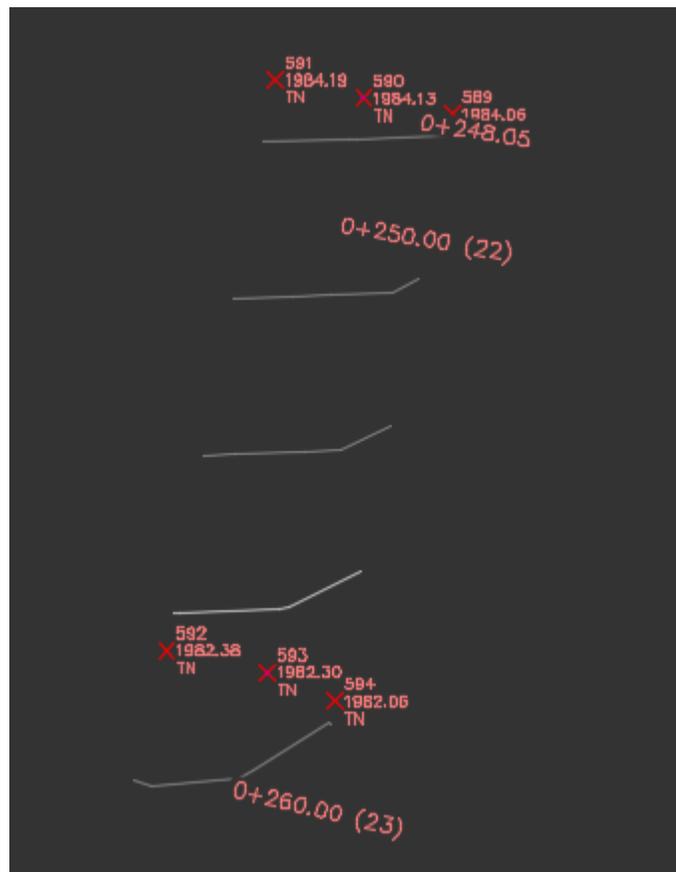


Figura 21 Puntos de topografía

Fuente: Consorcio CAP-AIH 2016

El trazado total de la vía terciaria que comunica a la vereda Guasimal con la inspección de policía conocida como La Gran Vía es de 4.7 km, de los cuales fueron construidos un total de 1.046 m en placa huella y el resto se encuentra en afirmado, en la figura siguiente se muestra el trazado completo.

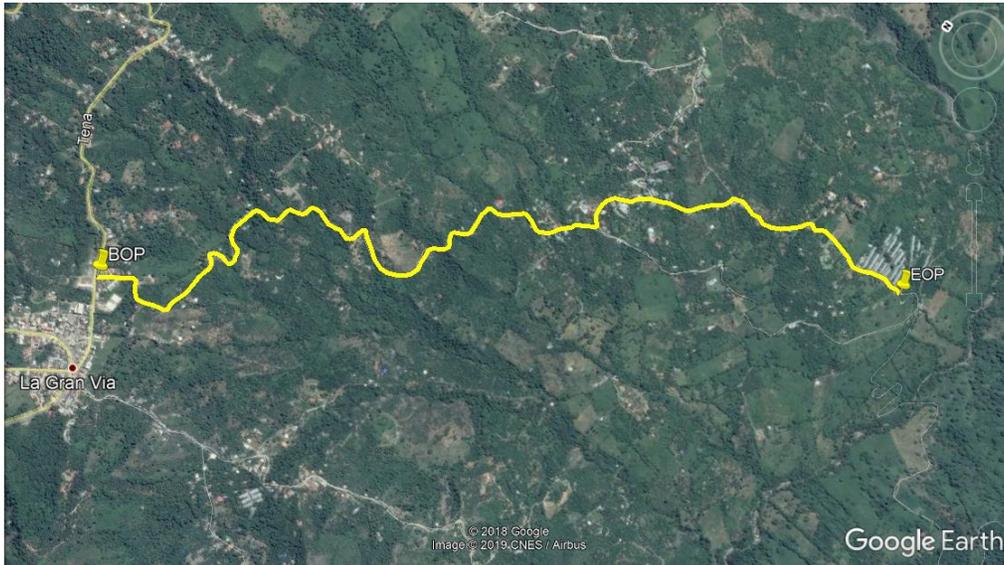


Figura 22 Trazado total de la vía entre La Gran Vía y Guasimal

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

De esta información se define el punto de origen la intersección entre la vía de estudio y la vía que conduce de Bogotá al municipio de La Mesa el cual será definido como BOP con las siguientes coordenadas Latitud:  $4^{\circ} 38' 59.59''$  N, Longitud:  $74^{\circ} 24' 38.46''$  W.



Figura 23 Punto de inicio del proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

Como punto final del trazado de la vía terciaria se encuentra ubicado al final de la vereda Guasimal, el cual se encuentra en el punto final denominado como EOP el cual tiene por coordenadas Latitud: 4° 37' 34.06" N, Longitud: 74° 23' 42.01" W.

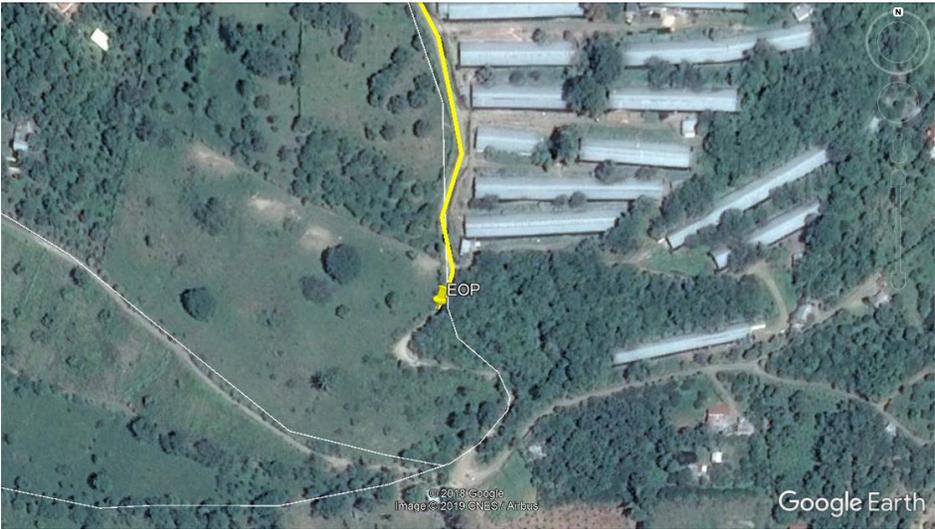


Figura 24 Punto final del proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

A continuación, se muestra el perfil longitudinal total del corredor analizado el cual presenta pendientes altas y que tiene una un desnivel total de 300 m.



Figura 25 Perfil longitudinal del tramo completo

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, en la tabla que se presenta a continuación se muestran los parámetros de diseño que fueron:

Tabla 10 Parámetros de diseño

Parámetro	Unidad	Valor
Tipo de Terreno	-	Ondulado – Montañoso
Velocidad de diseño	km/h	40
Sentido	-	Bidireccional
Ancho de berma	m	N.A
Ancho de calzada	m	5.0
Velocidad de tramo homogéneo VTR	km/h	40
Velocidad específica VCH	km/h	30.0 / 40.0
Carril (a)	m	N.A
Peralte Máximo (e%)	%	6
Bombeo Normal	%	2
Radio Mínimo (Rc)	m	21 / 43
Pendiente Longitudinal Mínima	%	0.3
Pendiente Longitudinal Máxima	%	22.55
K Curva Convexa	-	9
K Curva Cóncava	-	4

Fuente: Elaboración propia 2019

El diseño geométrico de la placa-huella es realizado a los 8 tramos mencionados anteriormente y cuya longitud se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11 Tramos y longitudes diseñadas

Tramo	Longitud (m)
Tramo 1	60.42
Tramo 2	105.60
Tramo 3	110.24
Tramo 4	40.61
Tramo 5	159.00
Tramo 6	49.73
Tramo 7	18.86
Tramo 8	460.04
Total	1004.50

Fuente: Elaboración propia 2019

Como resultado final se tiene que se pudo normalizar el diseño presentado no solo calcando el trazado inicial sino pensando en la consistencia del diseño, se debe tener en cuenta que existe parámetros del diseño que no se pueden cumplir, debido al poco espacio disponible y al concepto que se tiene dentro del diseño de placa-huellas que es el del menor movimiento de tierras por el tema costos, razón por la cual, es en el diseño de señalización se deberán atender estos puntos críticos y se pueden mejorar las condiciones de seguridad del corredor, a continuación se presentan figuras del diseño realizado.

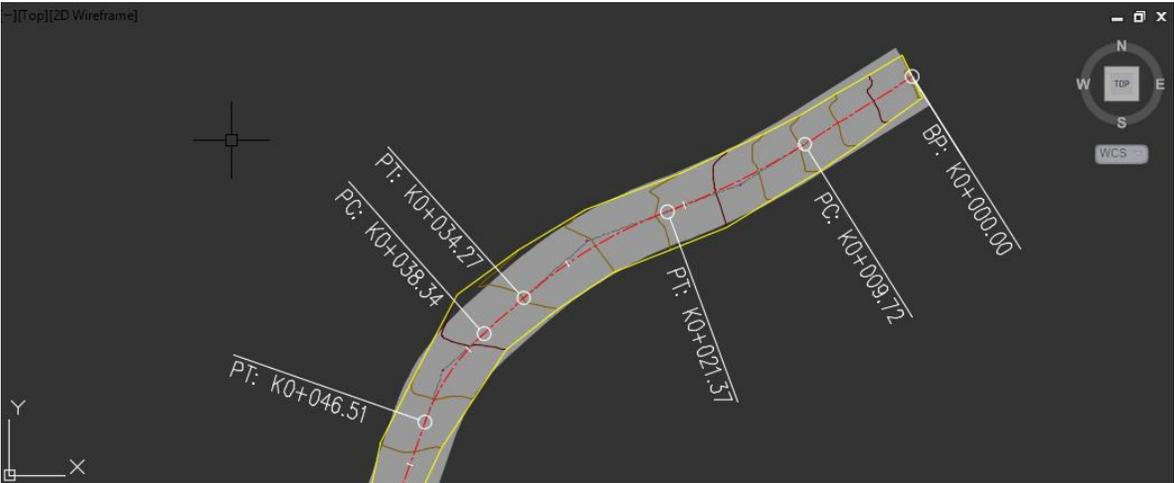


Figura 26 Diseño en planta

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

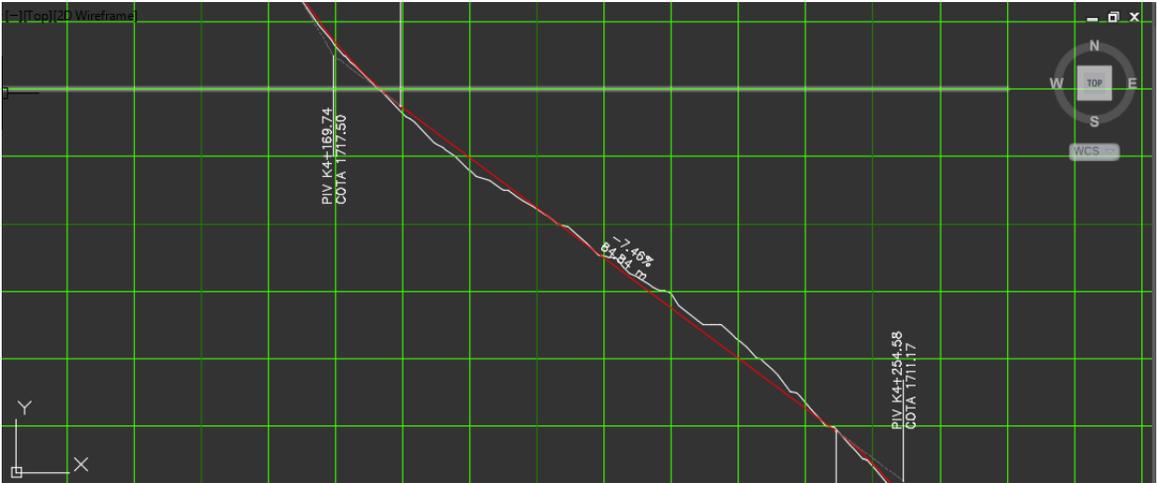


Figura 27 Diseño en perfil

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

### 9.3 Diseño de señalización

Teniendo en cuenta el diseño geométrico realizado, se procede a realizar el diseño de señalización vertical y horizontal, siguiendo los parámetros establecidos por el Manual de Señalización Vial 2015, lo primero a tener en cuenta es que al ser una calzada pequeña y no poder garantizar un ancho de carril de 3 m no se demarca el eje de la vía.

En cuanto a la señalización vertical, se tuvo en cuenta una velocidad de diseño de 40 km/h, las señales preventivas se encuentran a una distancia de 30 m de la condición a prevenir, las señales tipo SR-30 tienen leyenda de 30 o 20 km/h según la condición del corredor de manera integral.

Se propone el uso de resaltes parabólicos de 4 m de largo que ocupen toda la calzada y una altura total de 5 cm, estos pueden ser fabricados en concreto, material granular o material proveniente de una mezcla asfáltica, en cuanto a la pintura se prefiere que sea plástico en frío con antideslizante teniendo en cuenta que una gran cantidad de usuarios con motociclistas.

A continuación, en las siguientes figuras se pueden observar dos casos típicos de señalización que se encuentran en las vías con placa.

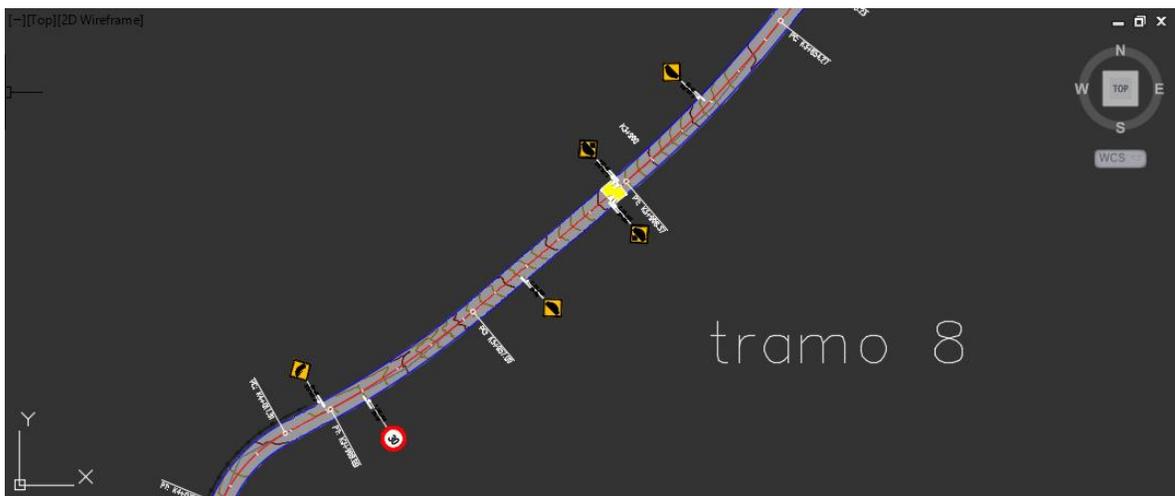


Figura 28 Diseño de señalización – resalto

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

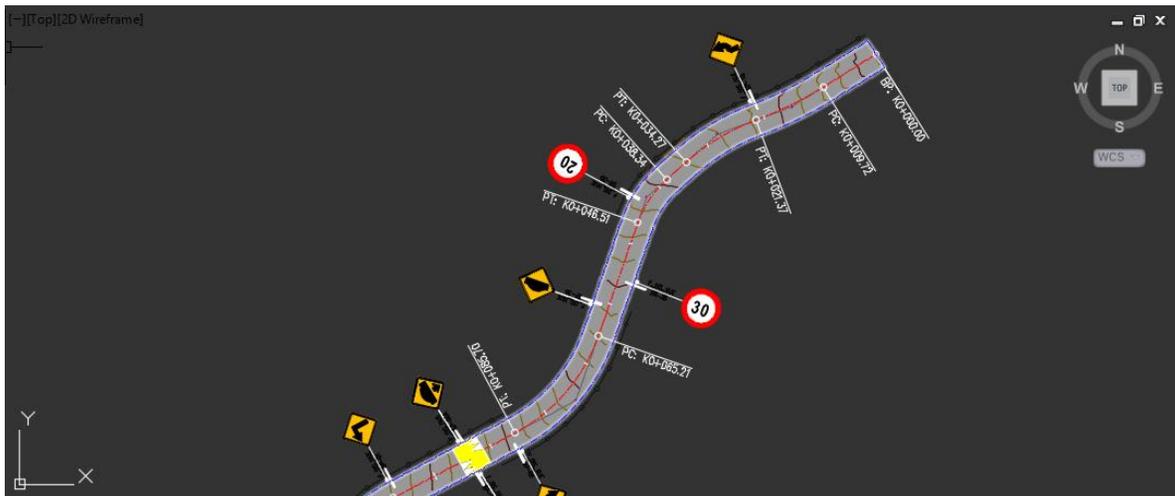


Figura 29 Diseño de señalización – curvas sucesivas

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

El tamaño propuesto por el manual de señalización es de 60 cm de diámetro para las señales verticales, sin embargo, en aras de mejorar las condiciones de seguridad con respecto a la visibilidad y atención del mensaje por parte del usuario, se propone el uso de señales de 75 cm de diámetro, una altura que supere los 1.8 m, así mismo se recomienda el uso de señales con un lamina retroreflectiva grado IX o superior.

#### 9.4 Diseño de sistema de contención lateral

Para el diseño de contención lateral se tuvo en cuenta la geometría propuesta y el espacio disponible, como resultado, se propone el uso de defensas metálicas de doble onda de preferencia certificadas, la ubicación de estas fue en las curvas circulares donde exista la condición de reducción de velocidad.

Con el fin de mejorar las condiciones de visibilidad de la defensa metálica en horas de la noche, se propone el uso de captafaros, dispuestos a lo largo del elemento con una separación de 2 m entre cada uno, de igual forma las defensas metálicas deben contar con su respectivo terminal o sección final, ya que no se recomienda que sean abatidas por el manejo de pendientes o por el poco espacio disponible para esto.

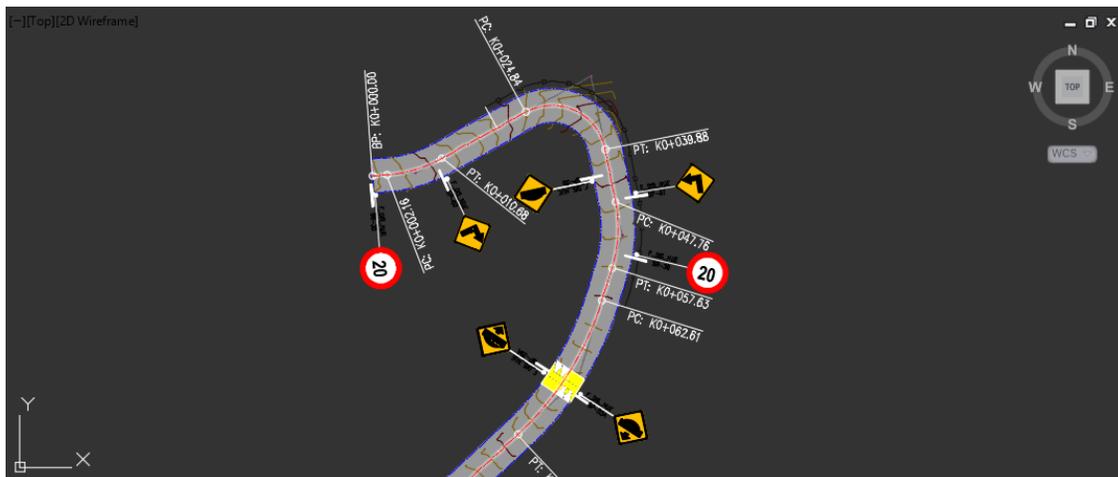


Figura 30 Diseño de contención lateral – curva cerrada

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

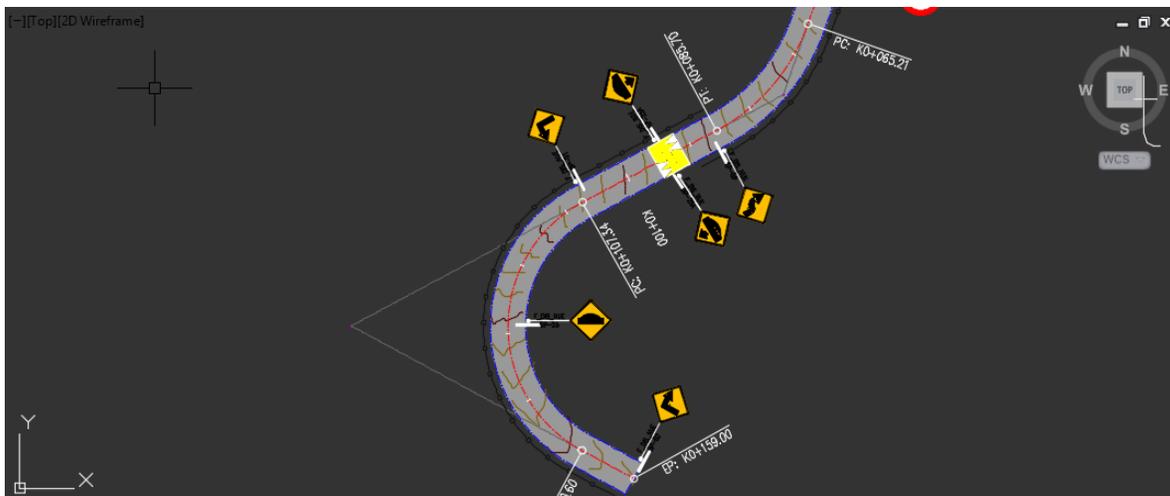


Figura 31 Diseño de contención lateral – curva abierta

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Consorcio CAP-AIH 2016

En las figuras anteriores se pueden observar las condiciones en las cuales se propuso el uso de defensa metálica como elemento de contención lateral, es importante anotar que no se proponen elementos tipo new jersey por no contar con el espacio suficiente.

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Colombia cuenta con un total de 205,937 km de vías de las cuales el 9% corresponde a la red vial primaria, seguida por un 22% que pertenece a la red vial secundaria y con un 69% se encuentran las vías terciarias, es por esto que estas cumplen un papel muy importante dentro de la economía nacional y regional.
- Realizar la construcción de más kilómetros de placa-huella no solo potenciaría la económica local, sino que tendrá un impacto nacional al contar con más cobertura de vías pavimentadas mejorando los tiempos de desplazamiento y generando mejores condiciones sociales para las comunidades beneficiadas.
- Proyectos como “Colombia Rural” son importantes para el país puesto que generan no solo la ampliación de la cobertura, sino que ayudan para la recuperación de zonas afectadas por el conflicto armado.
- Revisando la normatividad vigente, es claro que hacen falta documentos técnicos y la actualización de otros que fundamenten y regulen los diseños geométricos para cualquier tipo de condición.
- El factor determinante a la hora de hacer un diseño geométrico es definir la velocidad de diseño, la cual deberá ser siempre la que garantice las mejores condiciones de seguridad con un trazado que sea armonioso y consistente, para el caso de las vías terciarias construidas en placa-huella, la velocidad máxima no deberá sobrepasar los 40 km/h.
- Para la determinación del radio mínimo de la curva, se debe tener en cuenta la velocidad de diseño adoptada para el corredor y las condiciones de terrero, puesto que en la mayoría de las vías terciarias el espacio disponible es muy corto y siempre se debe procurar por un diseño seguro.

- Según el manual de diseño geométrico del año 2008, el peralte máximo para vías terciarias debe ser del 6%
- El manual de diseño geométrico recomienda como valor máximo de pendiente longitudinal para las vías terciarias el 14%, sin embargo, existen casos especiales en los cuales este valor no se puede cumplir sin incurrir en un movimiento de tierras bastante alto que aumentaría los costos del proyecto, sin embargo y el área de controlar la velocidad de los usuarios que transitan en sentido bajando se recomienda darle un manejo ya sea con curvas horizontales o con dispositivos para controlar la velocidad.
- Se debe siempre garantizar por lo menos un ancho de calzada mínimo de 5 m, esto con el fin de que pueda transitar sin ningún contratiempo un vehículo tipo C3, de igual forma y siempre y cuando el terreno lo permita se debe garantizar el adelantamiento con la implementación de zonas de rebase o sobrecanchos que garanticen esta condición.
- Se recomienda el uso de señales verticales de 75 cm en las vías terciarias para garantizar la visibilidad desde una mayor distancia sobre todo en horas de la noche por tratarse de vías donde la vegetación puede influir negativamente, de igual forma se debe implementar tableros con lamina retroreflectiva IX o superior.
- Al momento de realizar la implementación de las señales verticales se debe garantizar el aislamiento del panel y el tablero para prevenir cualquier situación de riesgo por colisión con el dispositivo.
- Para garantizar que la velocidad de diseño no sea sobrepasada generando una condición de riesgo por exceso de la misma, se recomienda la instalación de resaltos parabólicos con una longitud de 4 m y una altura de 5 cm, construidos en concreto hidráulico e implementados en zonas de tangentes prolongadas o tangentes con pendientes mayores al 8%, acompañados siempre de señales tipo SP-25 y SP-25A.

- Se recomienda el uso de pintura de tipo plástica en frío con antideslizante para la demarcación de zonas escolares o de paso peatonal teniendo en cuenta la durabilidad de esta y los pocos recursos que en materia de señalización se remiten por las entidades territoriales.
- Para el caso de la pintura, se recomienda que esta cumpla con la especificación técnica INVIAS INV 700-13, la cual indica que se debe garantizar una retroreflectividad mayor o igual a 200 milicandelas/m<sup>2</sup>/lux para pintura amarilla y 250 milicandelas/m<sup>2</sup>/lux para pintura blanca.
- Se recomienda el uso de defensas metálicas de doble onda en condiciones donde la altura de la vía y la rasante del terreno natural superen los dos (2) metros, así mismo se deben disponer en zonas de curva horizontal a fin de redireccionar a un vehículo que pierda su trayectoria.
- Si las condiciones del terreno natural lo permiten y el nivel de contención requerido es alto, se recomienda la instalación de barreras fijas tipo new jersey, puesto que este tipo de elementos son más duraderos si se comparan con una defensa metálica.
- Con el fin de garantizar las condiciones de visibilidad de la defensa metálica en horas de la noche, se propone el uso de captafaros, dispuestos a lo largo del elemento con una separación de 2 m entre cada uno, de igual forma las defensas metálicas deben contar con su respectivo terminal o sección final, puesto que no se recomienda que sean abatidas por el manejo de pendientes o por el poco espacio disponible para esto
- En el caso de estudio aplicado se pudo evidenciar los diferentes problemas que se pueden llegar a tener a la hora de realizar el diseño de una vía terciaria con placa-huella

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSV (2018). *Colombia más cerca su infraestructura y la seguridad vial*. Colombia: Agencia Nacional de Seguridad Vial

Cerquera F (2010). *Estudio socioeconómico y de tránsito para carreteras terciarias, aplicación a proyectos de mejoramiento*. Colombia: UPTC.

Corporación Fondo de prevención vial. (2012). *Guía técnica para el diseño aplicación y uso de sistemas de contención vehicular*. Colombia: CFPV

Departamento Nacional de Planeación (2016). *TerriData Sistema de Estadísticas Territoriales Tena (Cundinamarca)*. Colombia: DNP

Etcharren R. (1982). *Caminos Alimentadores*. México: Alfaomega

Etcharren R. (1990). *Manual de caminos vecinales*. México: Alfaomega

Garber, N. & Hoel, L. (2005). *Ingeniería de tránsito y carreteras*. México: Thompson.

Kraemer, C. & Pardillo, J (2003). *Ingeniería de Carreteras Volumen I*. México: Mc Graw Hill

Ministerio de Transporte. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Colombia: Mintransporte

Ministerio de Transporte. (2015). *Manual de señalización vial, dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Colombia: Mintransporte

Ministerio de Transporte. (2017). *Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella*. Colombia: Mintransporte

Ministerio de Transporte. (2017). *Transporte en cifras Estadísticas 2017*. Colombia: Mintransporte

Muñoz, W. (2012). *Diseño geométrico de vías con aplicaciones básicas en Excel y Autocad*. Colombia: ECOE Ediciones.

## 12 ANEXOS