

# **GEOMETRIA PARA LOS RETORNOS CON DOBLE CALZADA EN COLOMBIA**

**EDNA ROCIO ARCOS LOPEZ**

**Ingeniera Civil**

**GUILLERMO ROJAS PIÑEROS**

**Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**ESPECIALIZACION INGENIERIA DE PAVIMENTOS**

**BOGOTA**

**2014**

# **GEOMETRIA PARA LOS RETORNOS CON DOBLE CALZADA EN COLOMBIA**

**EDNA ROCIO ARCOS LOPEZ**

**Ingeniera Civil**

**GUILLERMO ROJAS PIÑEROS**

**Ingeniero Civil**

**Trabajo de grado para optar al titulo de  
Especialista en Ingeniería de Pavimentos**

**Asesor**

**EDGAR FONSECA HERREA M.Sc**

**Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
ESPECIALIZACION INGENIERIA DE PAVIMENTOS**

**BOGOTA**

**2014**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bogotá 2014**

**A Dios.**

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

**A mi madre Lucy López**

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

**A mi padre Edgar Arcos**

*Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

**A mis hermanas Sandra y Fernanda**

*Por ser el ejemplo de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles.*

**¡Gracias a ustedes!**

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD**

*Mayor General (R) EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL*  
*RECTOR*

*Brigadier General (R) ALBERTO BRAVO SILVA*  
*VICERRECTOR GENERAL*

*Brigadier General (R) HUGO RODRIGUEZ DURAN*  
*VICERRECTOR ADMINISTRATIVO*

*Dra. MARTHA LUCIA BAHAMON JARA*  
*VICERRECTORA ACADEMICA*

*Dr. FERNANDO CANTOR RINCON*  
*VICERRECTOR DE INVESTIGACIONES*

*Mayor General (R) JAIRO ALFONSO APONTE PRIETO*  
*DECANO FACULTAD DE INGENIERIA*

*Ingeniero MAURICIO PLAZA TORRES Ph.D*  
*DIRECTOR DE POSGRADOS FACULTAD DE INGENIERIA*

## **ADVERTENCIA**

*LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA NO SE HAE RESPONSABLE DE LAS OPINIONES Y CONCEPTOS EXPRESADOS POR LOS AUTORES EN SUS RESPECTIVOS TRABAJOS DE GRADO; SOLO VELA PORQUE NO SE PUBLIQUE NADA CONTRARIO AL DOGMA NI A LA MORAL CATOLICA Y PORQUE EL TRABAJO NO CONTENGA ATAQUES PERSONALES Y UNICAMENTE SE VEA EN EL ANHELO DE BUSCAR LA VERDAD CIENTIFICA. (ARTICULO 60 "DE LA RESPONSABILIDAD SOBRE LOS TRABAJOS DE GRADO" REGLAMENTO ESTUDIANTIL).*

## CONTENIDO

<i>RESUMEN</i> .....	13
<i>INTRODUCCION</i> .....	14
1. <i>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</i> .....	15
2. <i>JUSTIFICACION</i> .....	16
3. <i>OBJETIVOS</i> .....	17
3.1 <i>Objetivo General</i> .....	17
3.2 <i>Objetivo Especifico</i> .....	17
3.3 <i>Alcance</i> .....	17
4. <i>MARCO TEÓRICO</i> .....	18
5. <i>METODOLOGÍA</i> .....	27
<i>CONCLUSIONES</i> .....	30
<i>ANEXOS</i> .....	31
<i>REFERENCIAS</i> .....	32
<i>BIBLIOGRAFIA</i> .....	33

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> <i>Antecedentes</i> .....	15
<b>Tabla 2.</b> <i>Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno</i> .....	21
<b>Tabla 3.</b> <i>Longitud mínima del carril de aceleración</i> .....	23
<b>Tabla 4.</b> <i>Longitud mínima de un carril de desaceleración</i> .....	25
<b>Tabla 5.</b> <i>Parámetros de Diseño Geométrico</i> .....	27



## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>FIGURA 1.</b> <i>Esquema de un carril de aceleración</i> .....	22
<b>FIGURA 2.</b> <i>Esquemas de carriles de desaceleración.</i> .....	24
<b>FIGURA 3.</b> <i>Imagen Vía Chía - Cajica</i> .....	26
<b>FIGURA 4.</b> <i>Vía Briceño - Sogamoso</i> .....	26

## GLOSARIO

**PERALTE:** *Es la inclinación transversal, en relación con la horizontal, que se da a la calzada hacia el interior de la curva, para establecer el equilibrio entre las fuerzas actuantes y de esta manera proporcionar seguridad a la marcha del vehículo.*

**BOMBEO:** *En tramos rectos, la sección de la calzada normalmente tiene pendientes transversales que le sirven para facilitar el drenaje de las aguas lluvias hacia las cunetas a esta pendiente se le denomina bombeo normal y varía entre 2% y 4%.*

**BERMA:** *Fajas comprendidas entre los bordes de la calzada y las cunetas. Sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodadura, controlan la humedad y las posibles erosiones de la calzada.*

**CALZADA:** *Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos. Generalmente pavimentada o acondicionada con algún tipo de material de afirmado.*

**CAPACIDAD:** *Número máximo de vehículos que puede circular, por un punto o tramo uniforme de la vía en los dos sentidos por unidad de tiempo, bajo las condiciones imperantes de vía y de tránsito.*

**CARRETERA:** *Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.*

**CARRIL:** *Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.*

**CORONA:** *Corresponde al conjunto formado por la calzada y las bermas.*

**CURVA DE TRANSICIÓN:** *Son aquellas que proporcionan una transición o cambio gradual en la curvatura de la vía, desde un tramo recto hasta una curvatura de grado determinado, o viceversa. Son ventajosas porque mejoran la operación de los vehículos y la comodidad de los pasajeros, por cuanto hacen que*

*varíe en forma gradual y suave, creciente o decreciente, la fuerza centrífuga entre la recta y la curva circular, o viceversa.*

**CURVA HORIZONTAL:** *Trayectoria que une dos tangentes horizontales consecutivas. Puede estar constituida por un empalme básico o por la combinación de dos o más de ellos.*

**CURVA VERTICAL:** *Curvas utilizadas para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos; permiten la seguridad, comodidad y la mejor apariencia de la vía. Casi siempre se usan arcos parabólicos porque producen un cambio constante de la pendiente.*

**DERECHO DE VÍA:** *Faja de terreno destinada a la construcción de la vía y sus futuras ampliaciones.*

**DISEÑO DE PLANTA:** *Proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por trayectorias curvas.*

**DISEÑO EN PERFIL:** *Proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.*

**DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL:** *Definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal.*

**GÁLIBO:** *Altura existente entre el fondo de viga y el fondo del lecho en el caso del cruce sobre ríos o esteros. En pasos a desnivel sobre un camino, es la distancia entre la menor cota de fondo de vigas y la cota más alta del pavimento del camino sobre el cual se cruza.*

**INTERSECCIÓN:** *Dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran ya sea en un mismo nivel o bien en distintos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellos circulan.*

**LINEA DE CHAFLANES:** *Líneas que unen las estacas de chaflán consecutivas, las cuales indican hasta dónde se extiende lateralmente el movimiento de tierras por causa de los cortes o de los terraplenes.*

**LINEA DE PENDIENTE:** *Es aquella línea que, pasando por los puntos obligados del proyecto, conserva la pendiente uniforme especificada y que de coincidir con el*

*eje de la vía, los cortes y los terraplenes serían mínimos, razón por la cual también se le conoce con el nombre de línea de ceros.*

**LONGITUD DE APLANAMIENTO:** *Longitud necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane con respecto al eje de rotación.*

**NIVEL DE SERVICIO:** *Refleja las condiciones operativas del tránsito vehicular en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad, los deseos del usuario y la seguridad vial.*

**OBRAS DRENAJE:** *Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua superficial sobre la franja de la carretera y restituir la red de drenaje natural, la cual puede verse afectada por el trazado.*

**OBRAS DE SUBDRENAJE:** *Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua del suelo a fin de garantizar la estabilidad de la banca y de los taludes de la carretera. Ello se consigue interceptando los flujos subterráneos, y haciendo descender el nivel freático.*

**PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES:** *Máxima diferencia algebraica entre las pendientes longitudinales de los bordes de la calzada y el eje de la misma.*

**PENDIENTE TRANSVERSAL DEL TERRENO:** *Corresponde a las inclinaciones naturales del terreno, medidas en el sentido transversal del eje de la vía.*

**SUBRASANTE:** *Superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.*

**TALUD:** *Paramento o superficie inclinada que limita lateralmente un corte o un terraplén.*

**TANGENTE VERTICAL:** *Tramos rectos del eje del alineamiento vertical, los cuales están enlazados entre sí por curvas verticales.*

**TRAMO HOMOGÉNEO:** *Longitud del trazado de la carretera al que por las características topográficas se le asigna una determinada Velocidad de Diseño (VTR).*

**TRANSICIÓN DEL PERALTE:** *Tramo de la vía en la que es necesario realizar un cambio de inclinación de la calzada, para pasar de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte.*

**VEHÍCULO DE DISEÑO:** *Tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, se podría decir que imaginario, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de vehículos de su clase.*

**VEHÍCULO:** *Todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas o mercancías de un punto a otro.*

**VELOCIDAD DE DISEÑO:** *Velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad.*

**VISIBILIDAD:** *Condición que debe ofrecer el proyecto de una carretera al conductor de un vehículo de poder ver hacia delante la distancia suficiente para realizar una circulación segura y eficiente.*

## RESUMEN

*El objetivo de este trabajo fue hacer un análisis comparativo de dos tipos de retorno el que más ampliamente se utiliza en las vías nacionales y una propuesta de diseño como alternativa, buscando que cumpla con los estándares nacionales e internacionales, dicho análisis se realizó teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y la mejor alternativa presupuestalmente hablando.*

## INTRODUCCION

*El crecimiento del país en los últimos años ha superado las expectativas trazadas por los responsables de proyectar dichos crecimientos, esto se debe en gran parte a los múltiples TLCs que se concretaron o están por concretarse con diversos países y comunidades, esto hace que la economía fluctuó positivamente, transformando el país a nivel internacional en un mercado desarrollado.*

*Pero, ¿que conlleva esta responsabilidad?*

*La gran responsabilidad que afronta el país es estar preparado ante las expectativas que ha generado internacionalmente, es preocupante porque a nivel infraestructura el país está muy por debajo de los estándares que debe manejar una nación con el crecimiento económico que viene presentando.*

*La infraestructura vial del país es muy deficiente, numerosas vías del país no cumplen los estándares internacionales en cuanto a diseño y especificaciones técnicas, ocasionando esto retraso en el movimiento de los productos desde los puertos al interior del país, sumado a lo anterior el índice de accidentalidad es alto en nuestras carreteras ya que se suma a lo anterior la difícil topografía que poseemos. Por todo lo anterior se debe atacar el problema de raíz, en la etapa de diseño, los ingenieros diseñadores deben cumplir con los estándares internacionales para que las vías se construyan con correctas especificaciones.*

*Este documento tiene como fin analizar el diseño y la geometría de una parte muy importante de la vía, los retornos, exploraremos las clases de retornos y cual según nuestra investigación es más conveniente tanto a nivel técnico como económico.*

*Este documento tiene como fin establecer un Diseño Geométrico definitivo que se enfoca en la elaboración de los retornos en doble calzada ya que es una de las partes importantes de las vías en Colombia.*

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 TÍTULO:

*Geometría para los retornos con doble calzada en Colombia.*

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

*¿Por qué Colombia no cuenta con una geometría y especificaciones que cumpla con todas las etapas de diseño y trazado de los retornos que nos ayude a mejorar el nivel de servicio y permita adecuarla a las condiciones requeridas por el tránsito actual y futuro?*

### 1.3 ANTECEDENTES:

AUTOR	AÑO	INSTITUCION	TITULO
<i>John Jairo Agudelo Ospina</i>	<i>2002</i>	<i>Universidad Nacional de Colombia – sede de Medellín</i>	<i>Diseño geométrico de carreteras ajustado al manual Colombiano.</i>
<i>Juan Camilo León</i>	<i>2010</i>	<i>INVIAS</i>	<i>Construcción de carreteras y normas de ensayos para materiales de carreteras para obras doble calzada Buga – Buenaventura.</i>
<i>Diana Elcy Lopez Gil .</i>	<i>2008</i>	<i>Universidad de Medellín</i>	<i>Desarrollo de un software para el alineamiento en planta y el alineamiento en perfil de un proyecto de diseño de carreteras con doble calzada</i>

**Tabla 1. Antecedentes.**



## 2. JUSTIFICACION

*Una carretera es un sistema de transporte que permite la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo y que requiere de cierto nivel de seguridad, rapidez y comodidad. Puede ser de una o varias calzadas, cada calzada puede estar conformada por uno o varias carriles y tener uno o ambos sentidos de circulación, de acuerdo a los volúmenes en la demanda del tránsito, la composición vehicular, su clasificación funcional y distribución direccional. De acuerdo a lo anterior se procede al desarrollo normal de un proyecto de diseño geométrico por lo cual se debe tener en cuenta los siguientes parámetros para el buen desarrollo del proyecto:*

- *Estudios Preliminares*
- *Trazado*
- *Alineamiento Horizontal*
- *Alineamiento Vertical*
- *Diseño Transversal*
- *Movimiento de Tierra*

*No solamente los aspectos técnicos priman en la decisión de los tipos de retorno, el aspecto económico y de logística es preponderante, puesto que está en juego el valor del proyecto y el tiempo de ejecución que de acuerdo a la logística se extendería.*

*Realizaremos dos diseños en el mismo tipo de terreno, y haremos una comparación desde todas las variables que influyen en la escogencia del tipo de retorno.*

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo General**

*Mostrar cómo se puede desarrollar una adecuada geometría de los retornos con doble calzada con base en las especificaciones AASHTO y con los últimos avances tecnológicos como un software especializado.*

### **3.2 Objetivo Especifico**

*Diseñar principalmente los elementos físicos de los retornos en Colombia con las condiciones de operación de los vehículos y sobre todo las características del terreno para obtener un buen diseño geométrico de los retornos con dobles calzadas.*

### **3.3 Alcance**

*Presentar en el orden más apropiado de acuerdo al desarrollo normal de un proyecto de diseño geométrico de retornos con doble calzada en Colombia y de modo que comprenda la totalidad de los temas requeridos para éste. En general cubriremos los principales procesos para llegar al alcance de obtener una apropiada geometría, inicialmente se deben hacer estudios principales del retorno a evaluar, trazado, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, diseño transversal y movimiento de tierra. Todos los procedimientos nombrados anteriormente se tendrán en cuenta con los últimos avances tecnológicos como topografía, calculadoras programables y software especializado*

## 4. MARCO TEÓRICO

*El diseño geométrico de una vía es la ordenación de sus elementos básicos: alineamientos en planta, perfil y sección transversal, así como la relación existente entre los elementos físicos del terreno, el volumen de tráfico, el vehículo de diseño, la velocidad de diseño y la reglamentación vigente definida por las entidades que regulan el transporte y tránsito en el país.*

*Las carreteras tanto urbanas como rurales son parte fundamental del entorno que rodea la sociedad y afecta al hombre en sus actividades diarias. Por esta razón la calidad de vida del hombre está influenciado por la calidad de las carreteras que estén a su alrededor; por tanto dependemos de la infraestructura vial y el desarrollo que en esta materia posea la región o ciudad donde este establecida una sociedad. La infraestructura de vías de comunicación de un país, vincula poblaciones, fortalece relaciones y establece interdependencias congruentes con la estructura del territorio. Para lograrlo se hace necesario establecer programas que vinculen la construcción de vías con el avance económico de las regiones y del país, lo que permite el desarrollo e integración de pequeñas regiones, así como el fortalecimiento de otras más importantes y productivas, satisfaciendo las necesidades de un sector productivo como lo es el transporte de bienes servicios, donde el reto ha sido equilibrar la demanda con la oferta, además de proporcionar un transporte cómodo, eficiente, rápido y seguro.*

### 4.1 CLASIFICACION DE CARRETERAS

*Las carreteras se clasifican según su funcionalidad y tipo de terreno. [1]*

#### 4.1.1 Según su funcionalidad

*Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles: [1]*

##### 4.1.1.1 Primarias

*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. [1]*

##### 4.1.1.2. Secundarias

*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. [1]*

#### **4.1.1.3. 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. [1]*

#### **4.1.2. Según el tipo de terreno**

*Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio, es decir que a lo largo del proyecto pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno. [1]*

##### **4.1.2.1. Terreno plano**

*Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores de cinco grados (5°). Exige el mínimo movimiento de tierras durante la construcción por lo que no presenta dificultad ni en su trazado ni en su explanación. Sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento (3%). Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos. [1]*

##### **4.1.2.2. Terreno ondulado**

*Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados (6° - 13°). Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento (3% - 6%). Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado. [1]*

##### **4.1.2.3. Terreno montañoso**

*Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento (6% - 8%). Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a*

los vehículos pesados a operar a velocidades sostenidas en rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes. [1]

#### **4.1.2.4. Terreno escarpado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento (8%). Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que en aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas y en oportunidades frecuentes. [1]

#### **4.1.3 VELOCIDAD DE DISEÑO**

##### **4.1.3.1 Criterios generales para establecer la consistencia de la velocidad a lo largo del trazado de la carretera**

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido. El diseñador, para garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificar a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo (VTR), es la base para la definición de las características de los elementos geométricos incluidos en dicho tramo. Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño (VTR) se debe atender a los siguientes criterios: [2]

**1)** La longitud mínima de un tramo de carretera con una velocidad de diseño dada debe ser de tres (3) kilómetros para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento diez kilómetros por hora (60 y 110 km/h). [2]

**2)** La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos adyacentes no puede ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h). No obstante lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector del corredor de ruta es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su velocidad de diseño con la de los tramos adyacentes no puede ser mayor de diez kilómetros por hora (10 km/h). [2]

#### 4.1.3.2 Velocidad de Diseño del tramo homogéneo (VTR)

La Velocidad de Diseño de un tramo homogéneo (VTR) está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. A un tramo homogéneo se le puede asignar una Velocidad de diseño (VTR) en el rango que se indica en la Tabla 2.1. En ella se resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país. [2]

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
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											

**Tabla 2.** Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.

#### 4.1.4. INTERSECCIONES A NIVEL Y DESNIVEL

##### 4.1.4.1 Procedimiento general para el diseño de una intersección vial

El enfoque general recomendado para atender el diseño geométrico de una intersección presenta una serie de actividades secuenciales, así: [3]

- Estudio de tránsito de la intersección y análisis de la situación existente, utilizando, si se requieren, programas de computador apropiado. [3]
- Formulación de alternativas de funcionamiento. [3]

- Selección de la alternativa más conveniente. [3]

- Diseño definitivo de la solución adoptada. [3]

#### 4.1.4.2 Criterios básicos de diseño:

1) El ángulo de entrada ( $\alpha$ ) debe estar comprendido entre sesenta y noventa grados ( $60^\circ - 90^\circ$ ). [4]

2) El Radio mínimo de las curvas  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$  debe corresponder al Radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado. [4]

3) La pendiente longitudinal de las calzadas que confluyan debe ser, en lo posible, menor de cuatro por ciento (4.0 %) para facilitar el arranque de los vehículos que acceden a la calzada principal. [4]

4) Salvo que la intersección se encuentre en terreno plano, se debe diseñar en la calzada secundaria una curva vertical cuyo PTV coincida con el borde de la calzada principal y de longitud superior a treinta metros (30 m). [4]

5) La intersección debe satisfacer la Distancia de visibilidad de cruce (DC). [4]

6) Diseño de carriles de cambio de velocidad [4]

#### 4.1.4.3 Carriles de aceleración

Se diseña un carril de aceleración para que los vehículos que deben incorporarse a la calzada principal puedan hacerlo con una velocidad similar a la de los vehículos que circulan por ésta. Los carriles de aceleración deben ser paralelos a la calzada principal. [5]

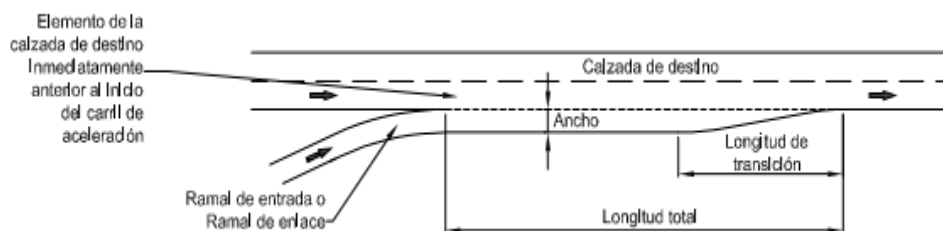


FIGURA 1. Esquema de un carril de aceleración

Para el dimensionamiento del carril de aceleración se pueden utilizar los criterios consignados en la Tabla 2. En el caso de Ramales de entrada la Velocidad Específica del ramal la podrá asumir el diseñador a buen criterio. En el caso de la Velocidad Específica de un Ramal de enlace (VRE), los criterios para su adopción se presentan en el numeral correspondiente a intersecciones a desnivel [5]

El ancho de un carril de aceleración debe corresponder al del carril adyacente, pero no menor de tres metros con treinta centímetros (3.30 m). [5]

VÍA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO)								
Velocidad específica del ramal de entrada <sup>(1)</sup> o de enlace <sup>(2)</sup> (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Específica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de aceleración, incluyendo la transición (m)						
50	45	90	70	55	45	-	-	-
60	55	140	120	105	90	55	-	-
70	60	185	165	150	135	100	60	-
80	65	235	215	200	185	150	105	-
100	75	340	320	305	290	255	210	105
120	90	435	425	410	390	360	300	210
VÍA SECUNDARIA (CALZADA DE DESTINO)								
50	45	55	45	45	45	-	-	-
60	55	90	75	65	55	55	-	-
70	60	125	110	90	75	60	60	-
80	65	165	150	130	110	85	65	-
100	75	255	235	220	200	170	120	75
120	90	340	320	300	275	250	195	100

<sup>(1)</sup> Ramal de entrada en el caso de intersecciones canalizadas a nivel.

<sup>(2)</sup> Ramal de enlace en el caso de intersecciones a desnivel (VRE)

**Tabla 3. Longitud mínima del carril de aceleración.**



#### 4.1.4.4 Carriles de desaceleración

Tienen por objeto permitir que los vehículos que vayan a ingresar en un ramal de salida o en un ramal de enlace puedan reducir su velocidad hasta alcanzar la de la calzada secundaria o la del ramal de enlace. Su utilidad es tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de velocidades. [5]

- Tipo directo. Está constituido por un carril recto (o curvo de gran radio), que forma en el borde de la calzada principal un ángulo muy pequeño ( $\beta$ ) (dos a cinco grados ( $2^\circ$  a  $5^\circ$ )) y empalma con el ramal de salida o enlace. [5]

- Tipo paralelo. Es un carril adicional que se añade a la vía principal, con una zona de transición de anchura variable. [5]

En la Tabla 3 se indica la longitud mínima de los carriles de desaceleración independientemente de su tipo y categoría de la carretera en la que empalman. En el caso del Ramal de salida la Velocidad Específica del ramal la podrá asumir el diseñador a buen criterio. En el caso de la Velocidad Específica del Ramal de enlace (VRE), los criterios para su adopción se presentan en el numeral correspondiente a intersecciones a desnivel. [5]

El ancho de un carril de desaceleración debe corresponder al del carril adyacente, pero no menor de tres metros con treinta centímetros (3.30 m). [5]

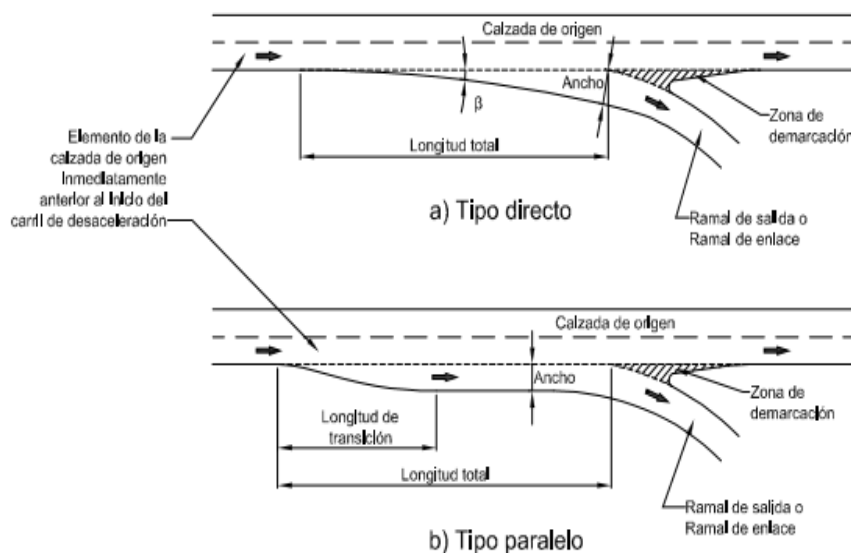


FIGURA 2. Esquemas de carriles de desaceleración.

Velocidad específica del ramal de salida <sup>(1)</sup> o de enlace <sup>(2)</sup> (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Específica del elemento de la calzada de origen inmediatamente anterior al inicio del carril de desaceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de desaceleración, incluyendo la transición (m)						
50	45	70	50	45	45	-	-	-
60	55	90	70	70	55	55	-	-
70	60	105	90	90	75	60	60	-
80	65	120	105	105	90	75	65	-
100	75	140	125	125	110	95	80	75
120	90	160	145	145	130	130	110	90

<sup>(1)</sup> Ramal de salida en el caso de intersecciones canalizadas a nivel.

<sup>(2)</sup> Ramal de enlace en el caso de intersecciones a desnivel ( $V_{RE}$ )

**Tabla 4.** Longitud mínima de un carril de desaceleración.

#### 4.1.4.5. EJEMPLOS DE RETORNO UTILIZADOS ACTUALMENTE EN COLOMBIA

*Los retornos más utilizados en las vías colombianas son a nivel, los cuales se realizan en los separadores de las vías.*

**FIGURA 3.** *Imagen Vía Chía - Cajica*



*Retorno a desnivel utilizado en vía nacional.*

**FIGURA 4.** *Vía Briceño - Sogamoso*



## 5. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto, se elaboraron los planos de planta – perfil de construcción del mejoramiento, en las formas y tamaños establecidos por el INVIAS, en escalas H: 1:1000 y V: 1:100, conteniendo el alineamiento horizontal y vertical de la vía, elementos de curvatura, ancho de calzada, bermas y cunetas, secciones transversales, diagramas de curvatura, diagramas de transición de peralte y otros.

### 5.2.1 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL: PLANTA

En el Anexo No. 1 se consignan los elementos de las curvas horizontales del corredor existente: Radio, velocidad específica y ubicación PI; tuvieron en cuenta para el diseño. Las curvas utilizadas en el diseño son espirales simétricas las cuales se adoptaron al trazado de la poligonal del proyecto. En los planos planta-perfil del proyecto se pueden observar los elementos de cada curva horizontal.

### 5.2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Los Parámetros de Diseño Geométrico del proyecto, están de acuerdo con los requerimientos indicados en la tabla 5

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Tipo de terreno	N. A.	PLANO
Velocidad de diseno	Km/hr	30
Radio minimo de curvatura	m.	21
Entretangencia Minima	m.	42 - 125
Peralte Maximo	%	6
Pendiente máxima rampa peralte	%	1,28
Pendiente mínima rampa peralte	%	0,35
Pendiente longitudinal máxima	%	6
Pendiente longitudinal mínima	%	0,3
Longitud mimia de curva vertical	m.	20
Longitud mínima de tangente vertical	m.	60
Kconvexa	Adimensional	2
Kconcava	Adimensional	6

**Tabla 5. Parámetros de Diseño Geométrico.**

### **5.2.3 Velocidad**

*Para efectos del trazado de la vía y de acuerdo al diseño, se le asignó al tramo una velocidad de diseño de 30 KPH, en esta velocidad se basaron los criterios para el trazado de los alineamientos y la curvatura dada al proyecto; sin embargo es necesario resaltar en este punto, que tal como lo contempla el Manual de Diseño Geométrico de INVIAS 2008, esta velocidad es tomada solo como velocidad de referencia para efecto de los cálculos de curvatura y otros elementos de diseño, pero como es bien sabido, la Velocidad de Diseño, difiere en la realidad, con la velocidad de operación real que va a tener la vía, por esta razón y para efectos prácticos se adoptó el criterio dado por el Manual de Diseño Geométrico, el parámetro de velocidad específica, que es tomada como una aproximación a las velocidades de operación reales de la vía.*

### **5.2.4 Curvatura Horizontal**

*Dadas las condiciones del numeral anterior, se adoptó como elemento de diseño para el empalme de los alineamientos horizontales la clotoide como curva de transición, por ser esta curva la que ofrece mayor comodidad y seguridad al usuario en comparación con las curvas circulares simples. Para todos los casos de puntos de intersección de acuerdo con las deflexiones proyectadas, se implementaron curvas compuestas tipo espiral – círculo – espiral, cumpliendo las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de INVIAS para este tipo de curvas de transición.*

### **5.2.5 Alineamiento Vertical**

*La pendiente longitudinal máxima establecida en los términos de referencia y especificaciones de proyecto es del 6.0%, mientras que la pendiente longitudinal mínima para garantizar drenaje es del 0.3%. Sin embargo, en los sectores donde la vía se desarrolle en terraplén y en terreno es plano, la condición de la sección transversal garantiza el drenaje transversal, se puede adoptar una pendiente longitudinal mínima de cero (0%).*

*En el Anexo No. 2 (ALINEAMIENTO VERTICAL) se ilustra los elementos geométricos verticales del proyecto.*

## **5.2.6 LONGITUD DE CURVAS VERTICALES**

*Las longitudes mínimas de las curvas verticales se determinan de acuerdo con la tabla 4.4 del Manual de Diseño para Carreteras del INVIAS.*

## **5.2.7 PUNTOS DE QUIEBRE VERTICALES**

*Se utilizaron puntos de quiebre verticales en los casos en los cuales se presenta una diferencia algebraica de pendientes menor o igual al 1% sin dar importancia si su curvatura es cóncava o convexa.*

## **5.2.8 BOMBEO**

*El bombeo a utilizar es del 2% drenando hacia la berma externa para garantizar el correcto escurrimiento del agua superficial a lo largo de la vía. De acuerdo al manual de diseño geométrico del INVIAS 2008.*

## **5.2.9 VISIBILIDAD.**

*Dadas las características topográficas del terreno por el que se desarrolla el proyecto, no se encuentran problemas que restrinjan la visibilidad, sin embargo se utilizaron como elementos de control los criterios dados en el Manual de Diseño, dados en el numeral 3.2, para una velocidad de diseño de 30 KPH.*

## **5.3 PLANOS DE PLANTA - PERFIL**

*Los planos de planta contienen las siguientes características:*

- *Distribución de planchas de localización del proyecto con su respectiva numeración.*
- *Referencia detallada de las abscisas de iniciación y terminación del proyecto.*
- *Orientación del proyecto (norte- sur).*
- *Esquema de la sección transversal típica.*

*Los planos de perfil contienen las siguientes características:*

- *Escalas V 1:100.*
- *Perfil de terreno existente por el eje y la media banca superior e inferior.*
- *Proyecto de rasante con indicación de pendientes.*
- *Elementos de curvas verticales (Abscisas, cotas de PIV, pendiente y Longitud).*

## CONCLUSIONES

*Definitivamente si se busca economía en la realización de las obras la alternativa más acertada son los retornos a nivel, puesto que las actividades de obra son las mismas que se realizan en la construcción de la vía.*

*Los niveles de seguridad de los retornos a nivel son muy bajos, puesto que dichos retornos se realizan entrando por el carril de velocidad y saliendo al carril de velocidad, hecho que aumenta la posibilidad de accidentalidad.*

*Si bien es cierto es las obras del retorno propuesto a tres niveles es más dispendiosa, los niveles de seguridad son más que generosos, no afectan la servicialidad de la vía, puesto que no afecta en ningún momento el flujo vehicular, el tema legal de predios es en lugares puntuales en donde se realizaran los retornos, a diferencia de la otra alternativa la cual nos obliga a mantener el ancho de vía constante.*

*Los estándares internacionales están utilizando los retornos de desnivel, de acuerdo a análisis realizados de accidentalidad y de costo beneficio.*

## **ANEXOS**

**ANEXO 1.** *Alineamiento Horizontal*

**ANEXO 2.** *Alineamiento Vertical*

**ANEXO 3.** *Cartera de Localización*

**ANEXO 4.** *Cotas de Diseño*

**ANEXO 5.** *Parámetros de Diseño*

**ANEXO 6.** *Peraltes*

**ANEXO 7.** *Volúmenes*

**ANEXO 8.** *Planta Perfil Retornos*

**ANEXO 9.** *Secciones Transversales*



## REFERENCIAS

[1] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras*. Bogotá; Ministerio de Transporte, 2008.5 y 6 p.

[2] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras*. Bogotá; Ministerio de Transporte, 2008.37 y 38 p.

[3] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras*. Bogotá; Ministerio de Transporte, 2008.169 p.

[4] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras*. Bogotá; Ministerio de Transporte, 2008.175 p.

[5] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras*. Bogotá; Ministerio de Transporte, 2008.176,177 y 178 p.

## BIBLIOGRAFIA

**INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS.** *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.* Bogotá; Ministerio de Transporte, 2008.

**CARDENAS GRISALES, James.** *Diseño Geométrico de Vías. Primera Edición:* Bogotá D.C., 2002.

**MANUAL DE DISEÑO AASHTO.** 2001

**INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS.** *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.* Bogotá; 1998.