

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD, A PARTIR DE  
MODIFICACIONES EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO, EN UN TRAMO DE 2 KM, EN  
EL MUNICIPIO DE ANAPOIMA, CUNDINAMARCA.**

**MARTHA LILIANA GANTIVA CASAS  
IC-086-2014/1  
MELIZA ALEJANDRA POVEDA MANCERA  
IC-069-2014/1**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, AGOSTO DE 2014**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD, A PARTIR DE  
MODIFICACIONES EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO, EN UN TRAMO DE 2 KM, EN  
EL MUNICIPIO DE ANAPOIMA, CUNDINAMARCA.**

**MARTHA LILIANA GANTIVA CASAS  
IC-086-2014/1  
MELIZA ALEJANDRA POVEDA MANCERA  
IC-069-2014/1**

**Trabajo de Grado presentado para optar al  
Título de Ingeniero Civil**

**Tutor: Ing. EDGAR ALBERTO FONSECA HERRERA**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, AGOSTO DE 2014**

Bogotá D.C, 04 de agosto de 2014

Señores

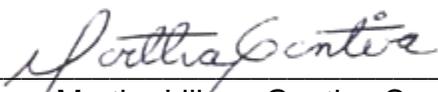
COMITÉ DE OPCIÓN DE GRADO  
**Programa Ingeniería Civil**  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Militar Nueva Granada  
Ciudad

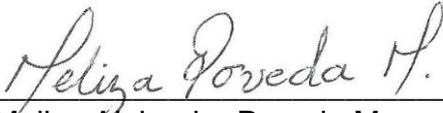
Ref.: Presentación de trabajo de grado

En cumplimiento del reglamento de la facultad para el desarrollo de la opción de grado, nos permitimos presentar para los fines pertinentes el trabajo de grado titulado "Propuesta de mejoramiento de la movilidad, a partir de modificaciones en el diseño geométrico, en un tramo de 2 Km, en el municipio de Anapoima, Cundinamarca".

El tutor del trabajo de grado es el Ingeniero Edgar Alberto Fonseca Herrera.

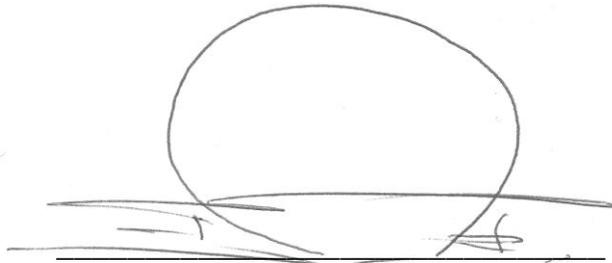
Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Martha Liliana Gantiva Casas  
Código: 1101121

  
\_\_\_\_\_  
Meliza Alejandra Poveda Mancera  
Código: 1101159

## APROBACIÓN

El trabajo de grado titulado “Propuesta de mejoramiento de la movilidad, a partir de modificaciones en el diseño geométrico, en un tramo de 2 Km, en el municipio de Anapoima, Cundinamarca”, elaborado por las estudiantes Martha Liliana Gantiva Casas y Meliza Alejandra Poveda Mancera, cumple con los requerimientos del programa de Ingeniería Civil y es aprobado por el tutor.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, rounded loop at the top, followed by a horizontal line, and then several smaller, more complex strokes below it.

Ing. Edgar Alberto Fonseca Herrera  
Tutor del proyecto

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo marca el final de una etapa de formación académica y el inicio de nuestra vida profesional como ingenieras civiles, cuyo desarrollo no hubiera sido posible sin la colaboración de personas tan importantes que nos proporcionaron el conocimiento y los medios necesarios para la culminación del mismo.

En primer lugar queremos agradecerle a Dios y a nuestros padres por su infinito apoyo, confianza, esfuerzo y entrega incondicional para que nuestros sueños y metas se cumplan de la mejor manera.

Al Ingeniero Edgar Alberto Fonseca Herrera, quien con su conocimiento y experiencia, nos brindó como tutor y guía en este proyecto, su ayuda y orientación en cada una de las etapas del mismo.

Al ingeniero en multimedia, Kristhian Fernando Felipe Díaz Suarez, por su aporte en las herramientas visuales e interactivas del presente trabajo y su constante compañía y ánimo a lo largo de la elaboración del mismo.

A todo el grupo de docentes de la Universidad Militar Nueva Granada que nos compartieron sus enseñanzas y consejos para nuestra vida profesional.

A todos aquellos que de una forma u otra contribuyeron en nuestro proceso de formación y en esta etapa de nuestra vida, siendo partícipes de este logro, nuestros más sentidos y sinceros agradecimientos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.3. OBJETIVOS.....	13
1.3.1. General.....	13
1.3.2. Específicos.....	13
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.5. DELIMITACIÓN.....	15
1.6. METODOLOGÍA.....	16
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
2.1. MOVILIDAD.....	18
2.1.1. Tipos de movilidad.....	18
2.1.2. Transporte.....	21
2.1.3. Tránsito.....	22
2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS.....	24
2.2.1. Según su funcionalidad.....	24
2.2.2. Según el tipo de terreno.....	26
2.3. MEJORAMIENTO DE CARRETERAS EXISTENTES.....	28
2.3.1. Justificación de un proyecto de mejoramiento.....	28
2.3.2. Criterios generales.....	29
2.3.3. Fases y actividades para el diseño geométrico del mejoramiento.....	29
2.4. INTERSECCIONES VIALES.....	33
2.4.1. Consideraciones para el diseño de las intersecciones.....	33
2.4.2. Tipos de intersecciones.....	35
2.4.3. Factores que deben considerarse en el diseño.....	44
2.5. LA ACCESIBILIDAD Y EL DISEÑO UNIVERSAL.....	45
<b>3. MARCO LEGAL.....</b>	<b>47</b>
<b>4. DISEÑO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO.....</b>	<b>50</b>
4.1. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	50
4.2. RECOPIACIÓN LOS ESTUDIOS DE LA VÍA EXISTENTE.....	55
4.3. CONTROLES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO.....	57

4.3.1.	Velocidad de diseño.....	57
4.3.2.	Vehículo de diseño.....	60
4.3.3.	Distancias de visibilidad .....	65
4.4.	CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO .....	70
4.4.1.	Diseño geométrico en planta .....	70
4.4.2.	Diseño geométrico en perfil .....	72
4.4.3.	Diseño de la sección transversal .....	75
4.4.4.	Especificaciones técnicas para el diseño de intersecciones viales.....	77
4.5.	ESPECIFICACIONES Y CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE ACCESIBILIDAD .....	82
4.5.1.	Accesibilidad en el espacio público.....	82
4.5.2.	Andenes y senderos peatonales.....	82
4.5.3.	Vados.....	84
4.5.4.	Escaleras, rampas y rampas escalonadas.....	85
4.5.5.	Cruces peatonales .....	88
4.5.6.	Equipamiento urbano .....	90
4.6.	DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO.....	91
4.6.1.	Alternativa 1 .....	91
4.6.2.	Alternativa 2 .....	148
4.6.3.	Alternativa 3 .....	167
4.7.	ESTIMATIVO DE LOS COSTOS DEL PROYECTO .....	204
4.7.1.	Presupuesto oficial alternativa 1 .....	205
4.7.2.	Presupuesto oficial alternativa 2 .....	207
4.7.3.	Presupuesto oficial alternativa 3 .....	208
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>211</b>
5.1.	MATRIZ MULTI – CRITERIO .....	212
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>215</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>216</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>218</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa del Municipio de Anapoima. ....	2
<b>Figura 2:</b> VRP y VRS.....	5
<b>Figura 3:</b> secuencia de imágenes que representa el problema de congestión vehicular en el tramo de estudio en el municipio de Anapoima, Cundinamarca. 11	
<b>Figura 4:</b> evidencia del problema en la movilidad peatonal y ciclística en el tramo a mejorar.....	13
<b>Figura 5:</b> Localización Geográfica del Tramo en Estudio. ....	15
<b>Figura 6:</b> Reconocimiento Red Vial Primaria en el Departamento de Cundinamarca. ....	25
<b>Figura 7:</b> Red vial terciaria del departamento de Cundinamarca.....	26
<b>Figura 8:</b> Intersección en cruz semaforizada.....	36
<b>Figura 9:</b> Intersección a nivel canalizada en “Y” con separador. ....	39
<b>Figura 10:</b> Intersección en cruz .....	39
<b>Figura 11:</b> Representación de una Glorieta. – Intersección a Nivel.....	41
<b>Figura 12:</b> intersección tipo “trompeta” .....	43
<b>Figura 13:</b> Esquema básico de una intersección tipo trébol. ....	44
<b>Figura 14:</b> Acercamiento del mapa topográfico esc. 1:2000 al área de estudio-. Municipio de Anapoima. ....	51
<b>Figura 15:</b> digitalización de curvas de nivel y malla vial en el área de estudio. ....	52
<b>Figura 16:</b> Esquema gráficos de volúmenes de tránsito para el departamento de Cundinamarca.....	56
<b>Figura 17:</b> Trayectoria de giro de un vehículo liviano .....	61
<b>Figura 18:</b> Dimensiones y trayectoria de giro de un bus mediano.....	62
<b>Figura 19:</b> Dimensiones y trayectorias de giro para camión categoría 2. ....	63
<b>Figura 20:</b> Dimensiones y trayectorias de giro para camión categoría 3. ....	64
<b>Figura 21:</b> Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	67
<b>Figura 22:</b> Distancia de visibilidad en intersecciones a nivel.....	69

<b>Figura 23:</b> Sección transversal de una vía con andenes.....	77
<b>Figura 24:</b> Esquema de un carril de aceleración .....	78
<b>Figura 25:</b> Esquema básico de carril de desaceleración.....	79
<b>Figura 26:</b> Isleta Direccional.....	81
<b>Figura 27:</b> Isleta separadora.....	81
<b>Figura 28:</b> Esquema de andenes y senderos peatonales .....	82
<b>Figura 29:</b> Vado longitudinal.....	84
<b>Figura 30:</b> Vado vehicular. ....	85
<b>Figura 31:</b> Esquema de las escaleras de huella y contrahuella simples .....	86
<b>Figura 32:</b> Esquema de una escalera de contrahuella simple y huella amplia .....	87
<b>Figura 33:</b> Esquema de una rampa .....	88
<b>Figura 34:</b> Esquema de una rampa escalonada.....	88
<b>Figura 35:</b> Esquema de un cruce peatonal a nivel .....	89
<b>Figura 36:</b> Visualización trayectoria vía principal – carrera 5ª. Alternativa 1. ....	92
<b>Figura 37:</b> Alineamientos de la calle 12. - Alternativa 1.....	94
<b>Figura 38:</b> Detalle Retornos U – calle 12.- Alternativa 1.....	96
<b>Figura 39:</b> Alineamientos carrera 2ª.- Alternativa 1. ....	97
<b>Figura 40:</b> Detalle Retorno U – carrera 2ª.- Alternativa 1. ....	99
<b>Figura 41:</b> Conectante AV N-S (carrera 5ª) – Vía A E-W (Calle 12).- Alternativa 1. .....	100
<b>Figura 42:</b> Conectante Calle 12 – AV carrera 5ª.- Alternativa 1.....	101
<b>Figura 43:</b> Conectante carrera 2ª – carrera 5ª.- Alternativa 1.....	103
<b>Figura 44:</b> Conectante del Retorno 1.- Alternativa 1. ....	104
<b>Figura 45:</b> Retorno 1.- Alternativa 1. ....	105
<b>Figura 46:</b> Retorno 2.- Alternativa 1. ....	106
<b>Figura 47:</b> Intersección Vial.- Alternativa 1.....	107
<b>Figura 48:</b> Rasante carrera 5ª.- Alternativa 1. ....	110
<b>Figura 49:</b> Rasante calle 12.- sentido W-E.- Alternativa 1.....	112
<b>Figura 50:</b> Rasante calle 12.- sentido E-W.- Alternativa 1.....	112

<b>Figura 51:</b> Rasante carrera 2 <sup>a</sup> .- sentido E – W.- Alternativa 1.....	114
<b>Figura 52:</b> Rasante Conectante AV 5 <sup>a</sup> - Calle 12. - Alternativa 1. ....	115
<b>Figura 53:</b> Transición de peralte de la Conectante AV 5 <sup>a</sup> - calle 12.- Alternativa 1. ....	115
<b>Figura 54:</b> Rasante conectante calle 12 – AV 5 <sup>a</sup> .- Alternativa 1. ....	116
<b>Figura 55:</b> Transición de peraltes – conectante Calle 12 – AV 5 <sup>a</sup> .- Alternativa 1. ...	117
<b>Figura 56:</b> Rasante Conectante carrera 2 <sup>a</sup> – carrera 5 <sup>a</sup> . - Alternativa 1. ....	117
<b>Figura 57:</b> Transición de peraltes de la conectante carrera 2 <sup>a</sup> – carrera 5 <sup>a</sup> . - Alternativa 1. ....	118
<b>Figura 58:</b> Rasante retorno U1 Calle 12. - Alternativa 1.....	119
<b>Figura 59:</b> Transición de Peraltes retorno U1 Calle 12. - Alternativa 1.....	119
<b>Figura 60:</b> Rasante Retorno U2 calle 12. - Alternativa 1. ....	120
<b>Figura 61:</b> Transición de peraltes del Retorno U2 calle 12. - Alternativa 1.....	121
<b>Figura 62:</b> Rasante Retorno U carrera 2 <sup>a</sup> . - Alternativa 1.....	122
<b>Figura 63:</b> Transición de peralte retorno U Carrera 2 <sup>a</sup> . - Alternativa 1.....	122
<b>Figura 64:</b> Rasante Retorno 1. - Alternativa 1.....	124
<b>Figura 65:</b> Transición de Peraltes Retorno 1. - Alternativa 1.....	124
<b>Figura 66:</b> Rasante Retorno 2. - Alternativa 1.....	125
<b>Figura 67:</b> Transición de peraltes del Retorno 2.- Alternativa 1.....	126
<b>Figura 68:</b> Sección Transversal Típica. - Alternativa 1.....	127
<b>Figura 69:</b> Elementos de la sección Transversal.....	128
<b>Figura 70:</b> Visualización de los corredores viales. - Alternativa 1.....	130
<b>Figura 71:</b> Ejemplo de implementación andén y ciclorruta en la intersección. ....	142
<b>Figura 72:</b> Señalización ciclorruta bidireccional.....	142
<b>Figura 73:</b> Localización y dimensiones del ciclo-puente (vista planta). - Alternativa 1. .....	144
<b>Figura 74:</b> Ejemplo dimensiones baranda, pasamanos, descanso y pendientes en el ciclo-puente.....	145
<b>Figura 75:</b> Vista en geométrico del ciclo-puente. - Alternativa 1.....	146
<b>Figura 76:</b> Ubicación de cebras peatonales en la intersección. - Alternativa 1. ....	147

<b>Figura 77:</b> Alineamientos del puente vehicular - Alternativa 2.....	151
<b>Figura 78:</b> Retornos en "U" calle 12 – Alternativa 2.....	152
<b>Figura 79:</b> Retorno en "U" carrera 2 <sup>a</sup> – Alternativa 2.....	153
<b>Figura 80:</b> Esquema sectorización de la zona de interés .....	153
<b>Figura 81:</b> Esquemas de ramal o conectante I, II, III y IV .....	154
<b>Figura 82:</b> Esquema general en planta de la alternativa 2 .....	155
<b>Figura 83:</b> Esquema del perfil de la carrera 5 <sup>a</sup> , sentido N – S. Alternativa 2.....	157
<b>Figura 84:</b> Perfil calle 12, sentido E – W. Alternativa 2.....	158
<b>Figura 85:</b> Perfil carrera 2 <sup>a</sup> , sentido W – E. Alternativa 2 .....	158
<b>Figura 86:</b> Perfiles de las conectantes o ramales I, II, III y IV - Alternativa 2.....	159
<b>Figura 87:</b> Perfil puente vehicular sentido W – E. Alternativa 2.....	160
<b>Figura 88:</b> Visualización corredores viales .....	161
<b>Figura 89:</b> Esquema de ubicacion de los puentes peatonales propuestos - Alternativa 2.....	165
<b>Figura 90:</b> Elementos implementados para la movilidad peatonal .....	166
<b>Figura 91:</b> Panorama diseño.- Alternativa 3. ....	168
<b>Figura 92:</b> Transición de peralte carrera 5 <sup>a</sup> .- Alternativa 3. ....	168
<b>Figura 93:</b> Detalles Calle 12.- Alternativa 3. ....	170
<b>Figura 94:</b> Transición de peralte carrera 2 <sup>a</sup> sentido E-W. Alternativa 3. ....	171
<b>Figura 95:</b> Transición de peralte carrera 2 <sup>a</sup> sentido W-E. Alternativa 3. ....	172
<b>Figura 96:</b> Detalles carrera 2 <sup>a</sup> .- Alternativa 3.....	172
<b>Figura 97:</b> CONECTANTE I.- Alternativa 3.....	174
<b>Figura 98:</b> Transición de peraltes CTE I.- Alternativa 3.....	175
<b>Figura 99:</b> CONECTANTE II.- Alternativa 3.....	176
<b>Figura 100:</b> Transición de peraltes CTE II.- Alternativa 3.....	176
<b>Figura 101:</b> CONECTANTE III.- Alternativa 3.....	177
<b>Figura 102:</b> Transición de peraltes CTE III.- Alternativa 3.....	177
<b>Figura 103:</b> CONECTANTE IV.- Alternativa 3. ....	178
<b>Figura 104:</b> Transición de peraltes CTE IV.- Alternativa 3. ....	179

<b>Figura 105:</b> Retornos U.- Alternativa 3. ....	180
<b>Figura 106:</b> Transición de peraltes retornos U.- Alternativa 3. ....	181
<b>Figura 107:</b> Transición de peraltes deprimido.- Alternativa 3. ....	182
<b>Figura 108:</b> Rasante carrera 5ª.- Alternativa 3. ....	183
<b>Figura 109:</b> Rasante calle 12.- Alternativa 3.....	184
<b>Figura 110:</b> Rasante carrera 2ª.- Alternativa 3. ....	185
<b>Figura 111:</b> Rasante Conectantes.- Alternativa 3. ....	187
<b>Figura 112:</b> Rasantes Retornos U.- Alternativa 3.....	188
<b>Figura 113:</b> Rasante deprimido sentido W – E. –Alternativa 3. ....	190
<b>Figura 114:</b> Rasante deprimido sentido E – W. –Alternativa 3. ....	190
<b>Figura 115:</b> Detalles sección transversal y cuneta.- Alternativa 3. ....	191
<b>Figura 116:</b> localización cebras peatonales.- Alternativa 3. ....	202
<b>Figura 117:</b> Detalles gráficos del ciclo-puente.- Alternativa 3.....	203

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación vías urbanas en Anapoima .....	6
<b>Tabla 2:</b> Componente estratégico.....	8
<b>Tabla 3:</b> Serie histórica y composición tránsito promedio diario semanal en el departamento de Cundinamarca.....	55
<b>Tabla 4:</b> estructura de pavimento vías existentes.....	57
<b>Tabla 5:</b> Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la clasificación de la carretera y el tipo de terreno .....	58
<b>Tabla 6:</b> Dimensiones principales de los vehículos de diseño.....	60
<b>Tabla 7:</b> Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel.....	66
<b>Tabla 8:</b> Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente. ....	66
<b>Tabla 9:</b> Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles con dos sentidos.....	68

<b>Tabla 10:</b> Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7.30 m, con dispositivo de control en la calzada secundaria. .....	69
<b>Tabla 11:</b> coeficiente de fricción transversal máxima. ....	71
<b>Tabla 12:</b> Pendiente máxima (%) en función de la velocidad de diseño. ....	73
<b>Tabla 13:</b> Longitud mínima de la tangente vertical .....	73
<b>Tabla 14:</b> Valores mínimos de K para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitud mínima de curva vertical. ....	75
<b>Tabla 15:</b> Ancho de calzada (m) .....	76
<b>Tabla 16:</b> Longitud total y de transición para el carril de aceleración, según la velocidad de diseño de la calzada de destino. ....	78
<b>Tabla 17:</b> Longitud total y de transición para el carril de desaceleración, según la velocidad de diseño de la calzada de destino .....	80
<b>Tabla 18:</b> Longitud máxima de tramos.....	83
<b>Tabla 19:</b> Cruces peatonales a desnivel.....	90
<b>Tabla 20:</b> Parámetros para la instalación de equipamiento urbano .....	90
<b>Tabla 21:</b> Alineamiento carrera 5ª – Entretangencias. Alternativa 1. ....	93
<b>Tabla 22:</b> Entretangencias calle 12. - Alternativa 1.....	95
<b>Tabla 23:</b> Entretangencias Alineamiento carrera 2ª.- Alternativa 1.....	98
<b>Tabla 24:</b> Sección transversal típica para vías primarias.....	129
<b>Tabla 25:</b> Sección transversal típica para vías secundarias. ....	129
<b>Tabla 26:</b> Volumen corte y terraplén km 0+700 al km 0+910 sentido N-S carrera 5ª. - Alternativa 1. ....	131
<b>Tabla 27:</b> Volumen corte y terraplén km 0+960 al km 1+120 sentido N-S carrera 5ª. - Alternativa 1. ....	132
<b>Tabla 28:</b> Volumen corte y terraplén km 0+300 al km 0+500 sentido S – N carrera 5ª. - Alternativa 1. ....	133
<b>Tabla 29:</b> Volumen corte y terraplén km 0+100 al km 0+240 sentido E – W calle 12.- Alternativa 1. ....	134

<b>Tabla 30:</b> Volumen corte y terraplén km 0+120 al km 0+360 sentido W – E calle 12. - Alternativa 1.....	135
<b>Tabla 31:</b> Volumen corte y terraplén km 0+000 al km 0+304 sentido E–W carrera 2ª.- Alternativa 1.....	136
<b>Tabla 32:</b> Volumen corte y terraplén retorno U1 Calle 12.- Alternativa 1.....	137
<b>Tabla 33:</b> Volumen corte y terraplén retorno U2 Calle 12. - Alternativa 1.....	137
<b>Tabla 34:</b> Volumen corte y terraplén retorno U3 Carrera 2ª. - Alternativa 1.....	137
<b>Tabla 35:</b> Volumen corte y terraplén retorno 1. - Alternativa 1.....	138
<b>Tabla 36:</b> Volumen corte y terraplén retorno 2. - Alternativa 1.....	139
<b>Tabla 37:</b> Volumen corte y terraplén conectante carrera 5ª- calle 12. - Alternativa 1. ....	140
<b>Tabla 38:</b> Volumen corte y terraplén conectante calle 12 - carrera 5ª. - Alternativa 1. ....	140
<b>Tabla 39:</b> Volumen corte y terraplén conectante carrera 2ª-carrera 5ª.- Alternativa 1. ....	140
<b>Tabla 40:</b> Alineamiento carrera 5ª sentido N – S – Alternativa 2 .....	149
<b>Tabla 41:</b> Alineamiento carrera 5ª sentido S - N – Alternativa 2 .....	149
<b>Tabla 42:</b> Tangentes alineamiento calle 12, sentido W - E. Alternativa 2 .....	150
<b>Tabla 43:</b> Radios alineamiento calle 12, sentido W - E. Alternativa 2.....	150
<b>Tabla 44:</b> Tangentes alineamiento carrera 2, sentido E - W. Alternativa 2 .....	150
<b>Tabla 45:</b> Radios alineamiento calle 12, sentido E - W. Alternativa 2.....	150
<b>Tabla 46:</b> Información conectantes o ramales – Alternativa 2 .....	154
<b>Tabla 47:</b> Parámetros de diseño según la normativa.....	156
<b>Tabla 48:</b> Valores de los diseños de perfil desarrollados para las vías – Alternativa 2 .....	156
<b>Tabla 49:</b> Información de los perfiles de los retornos (Alternativa 2) .....	159
<b>Tabla 50:</b> Volúmenes terraplén y corte para tramos de interés de las vías - Alternativa 2. ....	162
<b>Tabla 51:</b> Volúmenes conectante sector I - Alternativa 2.....	162

<b>Tabla 52:</b> Volúmenes conectante sector II - Alternativa 2.....	163
<b>Tabla 53:</b> Conectante sector III - Alternativa 2.....	163
<b>Tabla 54:</b> Volúmenes conectante sector IV - Alternativa 2 .....	163
<b>Tabla 55:</b> Volúmenes U1 calle 12 - Alternativa 2.....	164
<b>Tabla 56:</b> Volúmenes U2 Calle 12 - Alternativa 2 .....	164
<b>Tabla 57:</b> Volúmenes U carrera 2 - Alternativa 2.....	164
<b>Tabla 58:</b> Dimensiones geométricas del alineamiento carrera 5 <sup>a</sup> .- Alternativa 3. ...	167
<b>Tabla 59:</b> Geometría Alineamientos Calle 12.- Alternativa 3. ....	169
<b>Tabla 60:</b> Geometría Alineamientos Carrera 2 <sup>a</sup> .- Alternativa 3. ....	170
<b>Tabla 61:</b> Características de las conectantes.- Alternativa 3. ....	173
<b>Tabla 62:</b> Características geométricas retornos U.- Alternativa 3.....	179
<b>Tabla 63:</b> Geometría de los alineamientos del deprimido.- Alternativa 3.....	181
<b>Tabla 64:</b> Características rasante carrera 5 <sup>a</sup> .- Alternativa 3. ....	183
<b>Tabla 65:</b> Características rasante calle 12.- Alternativa 3.....	184
<b>Tabla 66:</b> Características rasante carrera 2 <sup>a</sup> sentido E-W.- Alternativa 3. ....	184
<b>Tabla 67:</b> Rasante Conectantes.- Alternativa 3.....	186
<b>Tabla 68:</b> Rasantes Retornos U.- Alternativa 3.....	187
<b>Tabla 69:</b> Características geométricas deprimido sentido W-E.- Alternativa 3. ....	188
<b>Tabla 70:</b> Características geométricas deprimido sentido E-W.- Alternativa 3. ....	188
<b>Tabla 71:</b> Volumen corte y terraplén km 0+780 al km 0+900 sentido N-S carrera 5 <sup>a</sup> .- Alternativa 3. ....	192
<b>Tabla 72:</b> Volumen corte y terraplén km 0+940 al km 1+140 sentido N-S carrera 5 <sup>a</sup> . - Alternativa 3. ....	193
<b>Tabla 73:</b> Volumen corte y terraplén km 0+000 al km 0+140 sentido S-N carrera 5 <sup>a</sup> . - Alternativa 3. ....	193
<b>Tabla 74:</b> Volumen corte y terraplén km 0+300 al km 0+500 sentido S-N carrera 5 <sup>a</sup> . - Alternativa 3. ....	194
<b>Tabla 75:</b> Volumen corte y terraplén km 0+040 al km 0+200 sentido E-W calle 12.- Alternativa 3. ....	195

<b>Tabla 76:</b> Volumen corte y terraplén km 0+080 al km 0+337.26 sentido W-E calle 12.- Alternativa 3. ....	196
<b>Tabla 77:</b> Volumen corte y terraplén km 0+040 al km 0+120 sentido W-E carrera 2ª.- Alternativa 3. ....	197
<b>Tabla 78:</b> Volumen corte y terraplén km 0+000 al km 0+210.92 sentido E-W carrera 2ª.-Alternativa 3.....	197
<b>Tabla 79:</b> Volumen corte y terraplén conectante I.-Alternativa 3. ....	198
<b>Tabla 80:</b> Volumen corte y terraplén conectante II.-Alternativa 3. ....	198
<b>Tabla 81:</b> Volumen corte y terraplén conectante III.-Alternativa 3.....	199
<b>Tabla 82:</b> Volumen corte y terraplén conectante IV.-Alternativa 3. ....	199
<b>Tabla 83:</b> Volumen corte y terraplén Retorno U1.-Alternativa 3.....	199
<b>Tabla 84:</b> Volumen corte y terraplén Retorno U2.-Alternativa 3.....	200
<b>Tabla 85:</b> Volumen corte y terraplén Retorno U3.-Alternativa 3.....	200
<b>Tabla 86:</b> Volumen corte y terraplén Deprimido sentido E-W.-Alternativa 3. ....	200
<b>Tabla 87:</b> Volumen corte y terraplén Deprimido sentido W-E.-Alternativa 3. ....	201

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Diseño Alternativa 1.

**Anexo 2:** Diseño Alternativa 2.

**Anexo 3:** Diseño Alternativa 3.

**Anexo 4:** Estimativo de costos Alternativa 1.

**Anexo 5:** Estimativo de costos Alternativa 2.

**Anexo 6:** Estimativo de costos Alternativa 3.

## INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo e integración de cualquier región, es indispensable y necesario contar con una red vial que permita servir a la demanda vehicular y peatonal en forma segura, eficiente y confortable.

Es por ello que el propósito del presente trabajo de grado es mejorar la movilidad en el municipio de Anapoima, a partir de modificaciones en la geometría de las vías existentes, con el fin de brindar transitabilidad y total comunicación del casco urbano, entre las zonas residenciales y culturales, sin verse afectado por los altos flujos vehiculares que pasan por la vía principal, a través del diseño de varias alternativas de mejoramiento, de la cual se escogerá la más favorable que ofrezca un mayor beneficio y desarrollo a la comunidad.

En este trabajo sobre la movilidad también se involucraran temas de accesibilidad, de los cuales se obtendrán los requerimientos mínimos para que los peatones, sean niños, personas de la tercera edad o que cuenten con algún tipo de discapacidad física, puedan transitar con plena seguridad, confortabilidad e igualdad, mejorando la calidad de vida de todos los usuarios dentro del espacio público.

Dentro de este proyecto se contemplaron estos requisitos de accesibilidad ya que permite que el espacio público se aproveche al máximo y les brinde movilidad a TODOS los usuarios de este, creando así ciudades sostenibles, pues en muchos casos cuando se quiere mejorar la movilidad en una región, se olvida que la movilidad no es solo vehicular, sino que involucra todo un conjunto en el que participan peatones, ciclistas, entre otros.

Para el diseño de las alternativas de mejoramiento se tuvieron siempre en cuenta las especificaciones técnicas del Manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS y la Guía de movilidad peatonal urbana del IDU, de tal manera que se garantice la seguridad de los usuarios en todo momento.



hace que exista alto flujo vehicular, por lo que deben presentar planes de contingencia que solucione, paulatinamente, los desplazamientos entre la ciudad y los municipios. Para ello se han planteado alternativas como los Planes Retorno, solución que hasta hoy es usada y puesta en marcha en épocas de difícil tránsito.

Los representantes políticos de la región del Tequendama, se reunieron a principios del año 2013 para plantear soluciones para la movilidad, cuando la demanda turística es alta. En esta reunión el alcalde de La Mesa, Rodrigo Guarín, y el alcalde de Tena, Víctor Julio Moreno, analizaron la posibilidad de ampliar la vía con un tercer carril, el cual permitirá descongestionar la vía Bogotá – Girardot, a lo cual el Gobernador Álvaro Cruz afirmó que esta obra se realizaría por concesión y se esperaba que a finales del mes de octubre del 2013, la obra se estuviese ejecutando, lo cual, al año 2014, no se ha iniciado con ningún avance de obra.

El alcalde del municipio de Anapoima, Alexander Bermúdez, mencionó que, efectivamente, como corredor turístico, se debería mejorar la fluidez vehicular, lo que conllevaría a un desarrollo a nivel de infraestructura vial, lo que acarrea una mayor generación de ingresos y presencia de más turistas, que alimentan la actividad económica de los municipios.

En pro del desarrollo en el municipio de Anapoima, se llevó a cabo el programa VIAS PARA ANAPOIMA, como lo resalta el alcalde de dicho municipio Hugo Alexander Riveros Bermúdez en su informe de gestión del año 2012, en el cual se le da relevancia a lo referente a la infraestructura vial:

“Se trata de en un proyecto basado en el mejoramiento de la movilidad, pues es un factor principal, que permiten que la región se vuelva competitiva. Dentro de este programa, la principal idea, para avanzar hacia un modelo más competitivo articulado con la nación y el departamento, es avanzar en la rehabilitación de la malla vial terciaria”.

Este programa es una de las banderas del Plan de Desarrollo “Anapoima Compromiso De Todos”, por reconocerlo como la posibilidad de desarrollo para el Municipio, facilitando la comercialización de los productos agropecuarios y la movilidad de personas principalmente la de los niños para que asistan a la escuela.

El desarrollo de este programa, se basó en la gestión con otros niveles de gobierno que lo financien. Además, es importante resaltar que durante los últimos años, el tránsito en el municipio de Anapoima ha sufrido cambios sustanciales principalmente en la zona centro, dadas las adecuaciones y los proyectos que se están implantando en el municipio, por su gran atracción turística.

Para la contextualización de la evaluación del tránsito se hizo necesario, la revisión general, del estado de la oferta y la demanda de transporte, en otras palabras,

realizar una descripción general de la infraestructura vial, de las rutas de transporte, del grado de ocupación de estas vías y de las dinámicas y patrones de movilidad que se producen a partir de las diferentes funciones generadas por la ubicación de los servicios urbanos y el uso del suelo en la ciudad. (Riveros, 2012)

### **Sistema vial urbano**

De manera semejante a la mayor parte de las ciudades y poblaciones de Colombia y en general de América latina, el municipio de Anapoima, inició su desarrollo vial y urbano a partir de una estructura monocéntrica, generada alrededor de la plaza central en donde se fundó la ciudad. Los patrones de crecimiento del municipio y de la infraestructura vial siguen los parámetros reticulares ortogonales promovidos por los asentamientos poblacionales y funcionales que se dieron alrededor de la plaza central. Ver figura 1.

Dado lo anterior el desarrollo del municipio y de la malla vial no obedece a ningún patrón de planificación establecido, sino que obedece a la búsqueda de soluciones para satisfacer las necesidades de movilidad generadas a partir del desarrollo urbano y de las dinámicas de crecimiento del municipio.

Finalmente, el problema de gestión adecuado, de la infraestructura existente por la utilización de los sentidos viales, los cuales, si se planifican en una forma más coherente y unido a otro tipo de medidas, pueden mitigar los problemas de congestión, movilidad y de seguridad vial.

### **Oferta de la infraestructura vial**

La malla vial del municipio de Anapoima, se encuentra constituida por un inventario vial de 391 kilómetros de vías, entre las cuales se encuentran 30 Km de vías departamentales y 361 a cargo del Municipio, de las cuales 120 Km aproximadamente de vías urbanas y 241 Km de vías rurales, con 20 Km de vías urbanas sin pavimentar y 200 de vías rurales sin pavimentar y las demás se les debe realizar mantenimiento continuo y construir obras de arte.

Las vías que constituyen la red vial del Municipio se clasificarán, así:

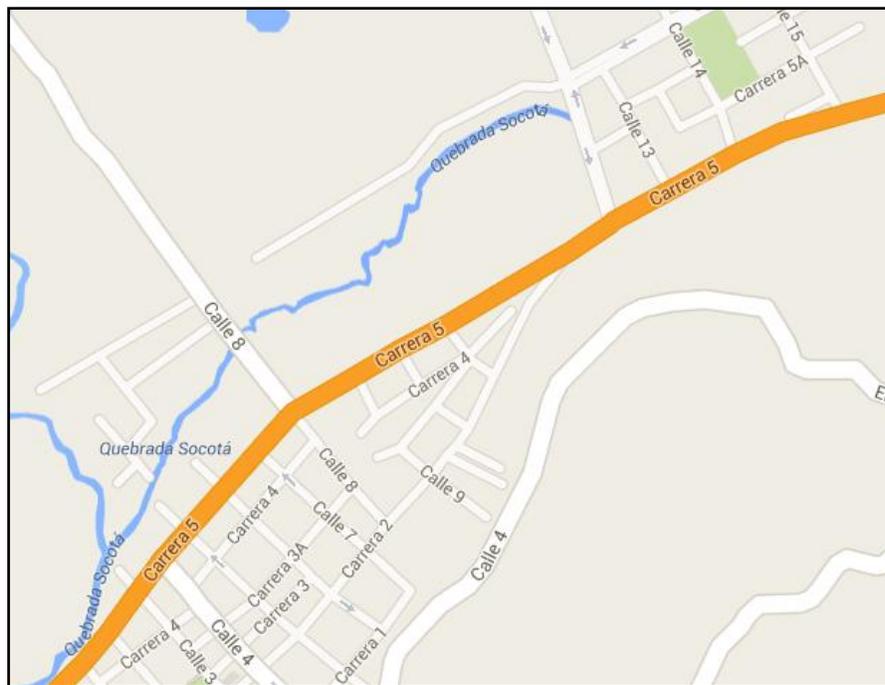
#### **Red Vial**

- Vía regional principal (VRP): Conecta la cabecera municipal con las cabeceras de otros Municipios de la Provincia del Tequendama y del Departamento (denominada carrera 5ª.) de aproximadamente 12,5 Km.; asfaltada en su totalidad.
- Vía regional secundaria (VRS): Conecta entre sí la cabecera Municipal:

- Con la Inspección del Triunfo (Colectora departamental) de aproximadamente 11,3 Km.; asfaltada en regular estado 9,0 Km., por pavimentar 2.3 Km.
- Con Viotá (Colectora departamental) de aproximadamente 8,5 Km., asfaltada en regular estado.
- Con la Inspección de San Antonio (Colectora departamental) de aproximadamente 5,0 Km., asfaltada en su totalidad.
- Vía de penetración rural (VPR): Une las vías VRP o VRS con zonas rurales son aproximadamente 220,0 Km.; de las cuales se encuentran pavimentados 20,0 Km.

En la siguiente figura se muestran las vías principales, como lo son la carrera 5<sup>a</sup> que comunican los municipios aledaños, como La Mesa y Apulo, además es el corredor principal que permite la comunicación de estos municipios con Bogotá D.C.

Igualmente, se observan las vías secundarias, las cuales permiten la movilidad entre el municipio de Anapoima, como la carrera 2a y la calle 12.



**Figura 2:** VRP y VRS

En lo referente a las vías urbanas se utiliza la clasificación que se presenta a continuación.

**Tabla 1:** Clasificación vías urbanas en Anapoima

VIAS URBANAS	
Vía urbana de primer orden VU-1	Su función es interconectar los principales centros de desarrollo de actividades urbanas con los barrios. Se caracterizan por: Ancho y numero calzadas: 2 de 7m cada una Ancho separador central: 1m Ancho andenes: 3 m mínimo Se permite estacionamiento en un solo costado.
Vía urbana de segundo orden VU-2	Presente en los diferentes sectores urbanos y los límites de comunidades. Se caracterizan por: Ancho y numero calzadas: 1 de 7m Ancho andenes: 1,50 m mínimo Se permite estacionamiento en un solo costado.
Vía urbana de tercer orden VU-3	Su función es la interconexión de los barrios. Se caracterizan por: Ancho y numero calzadas: 1 de 6m Ancho andenes: 1,50 m Se permite estacionamiento en un solo costado.
Vía urbana peatonal VU-4	Su función es permitir el desplazamiento peatonal dentro de sectores del mismo barrio. Estas a su vez se dividen en vías peatonales y semi-peatonales. Se caracterizan porque no se permite estacionamiento en un solo costado y su ancho total aproximado son de 6m con un ancho de andenes de 1.50m.

**Fuente:** (Dirección De Planeación, Municipio De Anapoima, 2000)

El Alcalde Riveros Bermúdez, en su informe de gestión del 2012, afirma:

“La Situación Problema que se evidenció con el programa de VIAS PARA ANAPOIMA, fue que, la mayoría de las vías urbanas del Municipio llevan más de 15 años de construidas, por lo que requieren de ser repavimentadas. Las vías rurales adolecen de obras de arte y requieren un mantenimiento rutinario continuo. En la última ola invernal dos puentes sufrieron en sus estribos y dos están a punto de colapsar por el tráfico”.

Adicionalmente se identificó la problemática de las vías en el municipio de Anapoima:

“La comunidad solicita un plan de reconstrucción y pavimentación de vías, así como la construcción de obras de arte que colapsaron en la pasada ola invernal. La pavimentación de las vías rurales o continuación con la construcción de cintas, dado que en época invernal no es posible sacar los productos al mercado. Falta más espacio público para el disfrute de propios y turistas”.

Existe red vial que interconecta todas las veredas e inspecciones tanto con el casco urbano como con los Municipios vecinos.

En este estudio, para el desarrollo del programa, se ejecutó un Componente estratégico, que consiste en 9 metas con su respectiva descripción e indicadores, para las cuales se han realizado un costo esperado, para al final obtener el valor total que tendrá el cumplimiento de estas metas a efectuar. Ver tabla 2.

**Tabla 2: Componente estratégico.**

META PRODUCTO	DESCRIPCION INDICADOR	LINEA BASE	ESPERADO 2015	VALOR UNITARIO	VALOR 4 AÑOS
Construcción, rehabilitación y mejoramiento de 1 Km de vías urbanas durante el periodo de gobierno.	No de kilometros de via urbana construida, mejorada y rehabilitas		1	500.000	500.000
Realizar mantenimiento rutinario a 160 Km de vías rurales durante el periodo de gobierno	No de kilometros de via rural con mantenimiento rutinario		160	16.250	2.600.000
Realizar mejoramiento de 3000 mts lineales vias rurales durante el periodo de gobierno.	No de metros lineales de vias en mejoramiento		3000	500	1.500.000
Realizar 4 mantenimientos anuales a la maquinaria para la malla vial durante el periodo de gobierno.	No de mantenimientos a la maquinaria		4		729.009
Realizar la señalización vial municipal durante el periodo de gobierno.	No de señales viales instaladas		1	30.000	30.000
Recuperar 2400 mts de espacio publico camellon y otros para andenes , senderos peatonales, parques en el periodo de gobierno	No de metros de espacio publico recuperado		2400	670	1.608.000
Mantener los tres (3) caminos reales (Santa Ana, Las Delicias y al Río) durante el periodo de gobierno.	No de caminos reales mantenidos		3	10.000	30.000
Estudios, diseños y construcción de 4 puentes en el periodo de gobierno	No de puentes construidos		4		3.100.000
Elaboración y implementación del Esquema municipal de Movilidad	No de esquemas de movilidad implementados		1	20.000	20.000
					<b>10.117.009</b>

**Fuente:** (Riveros, 2012).

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Debido al progresivo crecimiento del casco urbano en el municipio de Anapoima, en los últimos años, por sus múltiples construcciones de condominios y zonas de descanso, que lo han convertido en un municipio turístico de fácil acceso por la cercanía a la ciudad de Bogotá, se han presentado problemas de congestión vehicular y seguridad vial, tanto de los peatones como de los usuarios de motocicletas y bicicletas, lo que ha hecho que se produzca un cambio en el nivel de vida de los habitantes de Anapoima.

Desde el año 2000, aproximadamente, se ha venido presentando un mayor crecimiento del casco urbano del municipio de Anapoima, en el cual se evidencia un déficit a nivel de planeación territorial, pues se han construido muchas zonas recreativas y de descanso así como condominios, pero las calles siguen sin cambiar, y la infraestructura vial del municipio no da abasto con la demanda vehicular, especialmente, en temporadas de alto flujo, como lo son los puentes festivos y temporada alta o de vacaciones.

El tráfico en estas temporadas, tanto para peatones, como para los conductores de los diversos tipos de vehículos, es tedioso y la solución o plan de contingencia aplicado, no se fundamenta en los principios de igualdad, ya que el corredor principal que conduce a la ciudad de Bogotá, divide el municipio en 2 zonas, una parte residencial y la otra cultural y comercial, por lo cual, cuando se desarrolla el plan retorno a la ciudad en este corredor, no se permite la entera y pronta comunicación entre estas dos partes del municipio, por ende los habitantes se ven obligados a esperar demasiado tiempo para poder seguir con sus actividades cotidianas, pues todos los municipios aledaños que se interconectan con esta vía, se ven en la obligación de cerrar el flujo Norte – Sur, siendo exclusivamente de un solo sentido, dando prioridad a los turistas, sin importar la calidad de vida de los habitantes.

Por otro lado, no existe una buena señalización, ni vertical ni horizontal en el municipio, que garantice la seguridad de peatones y ciclistas que deseen movilizarse sin interrupciones. Además que en el área de influencia del tramo vial de interés, se encuentran varios colegios, los cuales deberían contar con esta protección por parte del Gobierno, ya que al no existir ningún tipo de señalización, como semáforos, se está arriesgando la vida de niños y personas de la tercera edad que necesitan atravesar el corredor.

A pesar de que el actual alcalde de Anapoima, Alexander Bermúdez, haya propuesto soluciones para el mejoramiento y reconstrucción de la malla vial del municipio, como principio fundamental de desarrollo, no se han planteado soluciones

efectivas que brinde transitabilidad, así el municipio tenga gran demanda de turistas y se apliquen los planes retorno.

De acuerdo con lo anterior, el problema se puede plantear mediante las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo es el comportamiento del tránsito y transporte, dentro de la movilidad, en el municipio de Anapoima, para ser estudiado e implementar los adecuados diseños para el mejoramiento?, ¿Cuáles son los tipos de intersecciones más viables, seguras y que se adaptan mejor a este problema en el municipio?, ¿Cómo brindar accesibilidad al tramo de estudio?, ¿Qué señalización es la más adecuada, teniendo presente el principio de Accesibilidad?.

El propósito de conseguir un mejoramiento en la estructura vial, permitirá una mejor movilidad, sin interrupciones y brindando un equilibrio entre las diferentes formas de desplazamiento, permitiéndoles a TODAS las personas residentes del municipio, un máximo aprovechamiento de sus actividades, con calidad, eficiencia, accesibilidad y seguridad vial, en pro de los impactos económicos y sociales.

### **Evidencias del problema**

En las siguientes imágenes se muestran los inconvenientes que se presentan en el tramo a modificar geoméricamente, con respecto al tránsito vehicular y motociclistico, peatonal y ciclístico.

Las fotografías fueron tomadas en época de semana santa del año 2014, el 20 de abril, día en el cual se decidió dar doble vía para los vehículos que se dirigían con destino a Bogotá D.C, solución que hasta hoy los entes reguladores del tránsito deben dar para controlar las altas demandas vehiculares.

En el siguiente cuadro se exhiben una serie de fotografías que demuestran como los conductores que van por la calle 12, una vía secundaria que comunica al centro del municipio, deben esperar un largo tiempo para que se habilite, únicamente, su recorrido con destino a Bogotá D.C, y en una de las imágenes se observa como una camioneta de servicio público, la cual debe cumplir con su recorrido hasta la zona centro y luego hacia las diferentes veredas municipales, con pasajeros a bordo, también debe esperar hasta que el tráfico que circulaba por la vía principal disminuyera un poco ó fuera detenido por los agentes de tránsito.

En la visita realizada se pudo comprobar que, efectivamente, los vehículos estuvieron detenidos sobre la vía secundaria, alrededor de una hora aproximadamente, situación que no resulta agradable para ninguna persona, puesto que se está perdiendo tiempo valioso que nadie va a remunerar y no hay justificación alguna para este tipo de inconvenientes por falta de un mejoramiento que le garantice un servicio continuo, seguro y confortable a la comunidad.

### Congestión vial por doble vía destino Bogotá D.C



**Figura 3:** secuencia de imágenes que representa el problema de congestión vehicular en el tramo de estudio en el municipio de Anapoima, Cundinamarca.

Seguidamente, se muestran algunas fotografías que demuestran la inseguridad por la que deben atravesar ciclistas y peatones al circular en este tramo vial, debido a la falta de puentes peatonales accesibles o algún tipo de señalización, de tal manera que beneficie y garantice la calidad de vida de los habitantes y turistas.

En las fotos se aprecian varios casos en los que los peatones deben arriesgar su vida al tener que atravesar la vía principal corriendo, sin protección alguna y conociendo la magnitud de vehículos que transitan por dicha vía. Además, se observa como las personas deben esperar bastante tiempo en el borde de la vía, hasta que los policías de tránsito les cedan el paso, exclusivamente a ellos, si no desean poner sus vidas en peligro.

De igual manera, en una de las imágenes se ve como una persona en bicicleta debe maniobrar por el borde de la vía, pues no existe un espacio exclusivo para ellos, que les brinde todas las comodidades y seguridad que como ciudadanos debemos tener.

Inseguridad de peatones y ciclistas por falta de accesos peatonales y señalización.





**Figura 4:** evidencia del problema en la movilidad peatonal y ciclística en el tramo a mejorar.

En las anteriores fotografías se detallan los andenes, los cuales no están construidos con principios de accesibilidad, y en muchos tramos se observa cómo las vías no están correctamente demarcadas horizontalmente y los andenes simplemente no existen y las personas se ven obligadas a transitar sobre las vías, como en varias imágenes se refleja, siendo un aspecto riesgoso, pues no cuentan con las medidas requeridas para que los peatones puedan moverse sin problema, además de contemplar que este es un lugar de gran afluencia vehicular y con gran demanda de jóvenes menores de edad por la ubicación de dos colegios, que bien se aprecia que no cuentan con un sendero apropiado para ellos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. General**

Plantear una propuesta para mejorar la movilidad en un tramo vial de 2 Km en el municipio de Anapoima, a partir de modificaciones en el diseño geométrico del mismo, considerando condiciones críticas de tránsito, capacidad del suelo y la viabilidad propia del diseño.

#### **1.3.2. Específicos**

- Diseñar 3 alternativas de intersección vial, que se adapten a la demanda vehicular, peatonal, motociclista y ciclística, a las condiciones del espacio y admitan todos los movimientos y giros permitidos.
- Diseñar mobiliario urbano, señalización y en general, elementos del espacio público, con base en los principios de accesibilidad y diseño universal en la intersección vial escogida como propuesta para el mejoramiento de la movilidad.

- Generar una matriz que involucre las alternativas propuestas y contenga parámetros como presupuesto, impacto social (accesible), impacto ambiental y cantidad de movimientos para la transitabilidad, y así tener criterios para escoger la alternativa más viable y favorable para la comunidad.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

El diseño geométrico es una parte fundamental para un proyecto de mejoramiento de una vía, pues es a partir de la geometría que se logra brindar un servicio más funcional, seguro, cómodo y compatible con el medio ambiente.

Por esta razón, el trabajo de grado se concentra en diseñar una propuesta de mejoramiento, a partir del diseño geométrico de vías, acompañado del diseño accesible, que no solo beneficiará a conductores de vehículos o motocicletas, sino a toda la población en general, ya sean usuarios de bicicletas y/o peatones, que bien pueden ser personas de la tercera edad o que cuenten con limitaciones físicas.

El aporte ingenieril para darle solución al problema formulado en este trabajo de grado, como se mencionó anteriormente, es la generación de diferentes alternativas para mejorar la movilidad en el municipio de Anapoima, a partir del diseño de intersecciones viales con una correcta distribución del mobiliario urbano, buena señalización, siempre teniendo en cuenta los principios de accesibilidad, y por medio de una matriz multi-criterio, escoger la opción más viable que beneficie a la comunidad.

En el desarrollo de estas alternativas se consideraran varios aspectos, como la posibilidad de que ésta no sólo llegue a generar diversos beneficios para la sociedad, sino que a su vez, se logre un producto que pudiera llegar a servir como un posible proyecto piloto para municipios aledaños a la zona de interés, los cuales presentan problemáticas semejantes a la tratada.

La realización de este proyecto se basa en la posibilidad de amortiguar o resolver, en su totalidad, un problema que surge de la interrelación de diversos factores como el crecimiento desordenado de construcciones y urbanizaciones, el hecho de que las necesidades de una sociedad no se suplen de una forma óptima y la no aplicación de principios tales como el de la igualdad, como sucede, específicamente, cuando en temporadas altas y festivos, por dar más prioridad al bienestar de los turistas que a los habitantes de los municipios se llega a obstruir la comunicación dentro del casco urbano de los mismos y por ende se impide el libre desarrollo de la cotidianidad de la comunidad propia del municipio.

El diseño de una intersección vial, en el tramo de estudio, permitirá entonces, el movimiento dentro del municipio, sin restricciones, sin importar que la vía principal

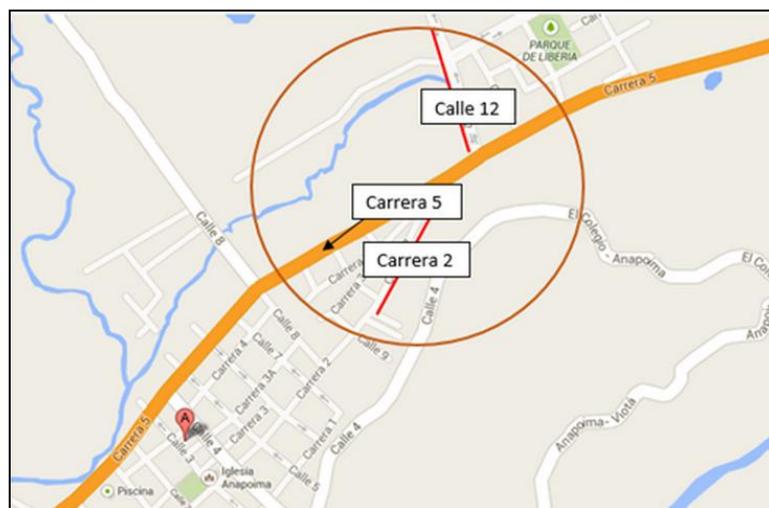
sea destinada para efectuar los viajes en un solo sentido, generando una total comunicación entre todas las zonas o regiones dentro de este.

Además que todas las personas, contarán con plena seguridad en sus desplazamientos, pues los mejoramientos a proponer, se harán ajustados a los manuales y guías técnicas correspondientes para un correcto diseño, garantizando continuidad y confortabilidad, sin olvidar que gran parte de la población residente en el municipio son de la tercera edad y que por tal motivo el mejoramiento será en pro de todos, incentivando un proyecto novedoso en cuanto a los elementos implicados en la realización del mismo, considerando que ha sido una problemática que pese a su antigüedad se ha venido despreciando o ignorando.

### 1.5. DELIMITACIÓN

El municipio de Anapoima se encuentra localizado en el Departamento de Cundinamarca, y hace parte de la Provincia del Tequendama, en la ladera occidental de la cordillera oriental; a una distancia aproximada de 87 Km. de la capital de país, Bogotá D.C. Con una altura sobre el nivel del mar entre los 650 y 950 metros, su temperatura entre los 22° C y 28° C, encontrándose dentro del piso térmico cálido-seco.

El área de estudio está comprendida por segmentos viales de la carrera 5ª, la calle 12 y la carrera 2ª, los cuales en conjunto generan una longitud de 2 km para su mejoramiento. Esta zona de influencia se encuentra localizada en la intersección de estos tres tramos, que permite la comunicación entre la zona centro y las zonas residenciales y a su vez con los municipios aledaños como Apulo y La Mesa.



**Figura 5:** Localización Geográfica del Tramo en Estudio.

**Fuente:** Google Maps.

## **1.6. METODOLOGÍA**

El desarrollo del trabajo involucra la elaboración de una investigación tipo exploratoria y descriptiva, ya que es necesario, en primera medida, generar la descripción sobre la demanda poblacional, estudios de tránsito y transporte y el impacto social. En cuanto al nivel exploratorio, se basa en la viabilidad para diseñar la intersección vial, de manera que permita una mejor movilidad en el casco urbano del Municipio de Anapoima, y de esa forma contribuir con el desarrollo del mismo.

La metodología a seguir para el cumplimiento de los objetivos planteados para el trabajo de grado, abarca a grandes rasgos cuatro etapas generales, las cuales son investigación, caracterización, diseño y el estudio de alternativas. Dichas etapas son complementarias entre sí.

Los pasos a seguir para cada una de las etapas se relacionan a continuación:

### **Información de campo**

La información de campo, requerida para darle sustento al proyecto, se compone de los siguientes ítems:

- Obtener en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, los mapas a escala 1:2000 donde se pueda detallar el tramo en estudio, así como las vías en general, para un análisis completo de la zona a trabajar, y así poder plantear posibles alternativas de movilidad.
- Reconocimiento y análisis descriptivo de la zona de estudio, con información de primera mano, obtenida de la observación directa, registro fotográfico, especialmente en las épocas críticas del tránsito, lo cual se traduce en el desarrollo de una visita técnica al lugar de interés, con el fin de analizar el entorno y concebir la magnitud del problema.

### **Caracterización**

Para la caracterización del proyecto, se hará uso de la información de campo, la cual permitirá reconocer y dar evidencias del problema de investigación. Esta caracterización, de igual manera, irá acompañada de las siguientes actividades, las cuales son importantes para la toma de decisiones:

- Desarrollo de una investigación usando fuentes secundarias y recopilación de información que permita caracterizar el tramo vial problema de una forma general, tales como: el tránsito promedio diario (TPD's), estado de las vías actuales y estructura de pavimento de la vía principal de estudio.

- Recopilación de información teórica y técnica, aplicable al caso problema específico, la cual servirá como fundamento para el desarrollo de la propuesta de mejoramiento, dicha información se referirá a temáticas como:
- Clasificación y caracterización de las intersecciones viales.
- Normativa Colombiana referente a los aspectos a tratar en el diseño.
- Accesibilidad y diseño universal.
- Generar una descripción y caracterización completa del tramo vial problema en cuanto a los aspectos de interés, como resultado de un filtro y organización previa de la información recopilada.

## **Diseño**

Con base en el producto de la caracterización y considerando parámetros como los especificados en la normativa se procederá a analizar y diseñar la alternativa más viable de solución, respecto a la movilidad para el tramo problema.

## **Estudio Alternativas**

Teniendo los diseños de las alternativas del mejoramiento de movilidad, tanto vehicular como peatonal y ciclístico, se analiza y escoge la mejor alternativa, construyendo una matriz que refleje presupuestos, impacto ambiental y social, eficiencia en los movimientos dentro de la malla vial y seguridad y confort de los usuarios.

La elaboración del entregable o informe es el paso final de la metodología y producto del desarrollo de las cuatro etapas mencionada previamente, en dicho informe se expondrá de forma organizada la información utilizada, los parámetros considerados en el diseño y se describirá la propuesta de mejoramiento generada, entre otros aspectos.

## **2. MARCO TEÓRICO**

En la actualidad el avance a nivel de infraestructura vial para países que se encuentran en proceso de desarrollo como Colombia es de vital importancia, debido a diversas razones que se relacionan tanto con aspectos económicos como sociales. Son diversos los proyectos que se planean y ejecutan en base a esta temática, los cuales tienen diferentes niveles de complejidad y como se mencionó previamente diferente razón de ser.

Una propuesta o proyecto que involucra el mejoramiento de un tramo vial en cuanto a movilidad, sustentado a nivel social con base en el principio de igualdad y en la búsqueda de bienestar para una sociedad, se desarrolla fundamentado en diferentes ámbitos cuyo desarrollo teórico se presenta a continuación.

### **2.1. MOVILIDAD**

Según la Secretaria de Movilidad de Bogotá, en su informe de Formulación Del Plan Maestro De Movilidad Para Bogotá D.C del año 2006, afirma que:

“La movilidad debe entenderse como la capacidad de desplazarse en forma libre y tranquila, sin los permanentes inconvenientes que generan los conflictos del tránsito, los huecos, las obstrucciones en las vías, la pérdida de tiempo causada por la falta de espacio para circular y en un medio ambiente deteriorado por la polución y el desaseo, en muchos casos, con el fin de realizar las actividades de la vida diaria, ya sean de tipo laboral, comercial, personal etc.”.

Además se sostiene que:

“El sistema de movilidad debe estar acorde con los principios de competitividad y productividad, los cuales deben estimularse en estos tiempos de apertura económica. Sin embargo, en la medida en que la ineficiencia de los sistemas urbanos se conjuga con el tamaño de la ciudad, la productividad de los ciudadanos se perderá inexorablemente en las colas vehiculares causadas por la incapacidad del sistema vial”.

#### **2.1.1. Tipos de movilidad**

##### **2.1.1.1. Movilidad sostenible**

Según, Grijalvo (2000), la movilidad sostenible:

- Permite que las necesidades básicas de acceso de las personas se cumplan de manera segura y consistente con la salud humana y del ecosistema y equitativamente entre generaciones.
- Es alcanzable, opera razonablemente, ofrece escogencia modal y soporta una economía en crecimiento.
- Limita las emisiones y los desperdicios dentro de la habilidad del planeta para absorberlos; optimiza el consumo de recursos (no renovables y renovables); reutiliza y recicla sus componentes; y minimiza el uso de la tierra y la producción de ruido y contaminación visual.
- Para la movilidad sostenible, la *accesibilidad* es un concepto vinculado a los lugares, a la posibilidad de obtención del bien, del servicio o del contacto buscado desde un determinado espacio. Por extensión, se utiliza el término para indicar la facilidad de acceso a un determinado lugar. La accesibilidad, por consiguiente, se valora o bien en relación con el costo o dificultad de desplazamiento que requiere la satisfacción de las necesidades, o bien en relación con el costo o dificultad de que los suministros o clientes alcancen el lugar en cuestión.

Cualquier mejora al sistema de movilidad conlleva, normalmente, beneficios para los usuarios. Tradicionalmente, las evaluaciones de proyectos se han concentrado en identificar beneficios tales como la reducción en: Tiempos de viaje de los pasajeros, costos de operación vehicular, contaminación y en índices de accidentalidad.

### 2.1.1.2. Movilidad privada

Según el artículo sobre Implantación de los planes de movilidad urbana sostenible de la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) (2005), dentro de la movilidad privada se incluyen resultados procedentes de encuestas y de aforos de tráfico, analizando la relación de dicha demanda de transporte con la oferta prestada por las infraestructuras existentes, fundamentalmente la capacidad de la vía y de las rutas más transitadas.

- **Distribución modal:** representa la forma en que la población del municipio se mueve por el mismo.
- **Matriz de desplazamientos:** consta del número de desplazamientos distribuidos por tipo de transporte entre cada par de origen/destino, a partir de una zonificación del municipio.
- **Motivos:** representa el motivo por el cual el ciudadano realiza su desplazamiento.

- **Distribución horaria:** considera la distribución de la cantidad de desplazamientos a lo largo del día, detectando aquellas horas con mayor cantidad de desplazamientos.
- **Parque móvil:** incluye una disgregación del número de vehículos por tipo, característica que incide directamente en el índice de motorización del municipio.
- **Nivel de ocupación:** Indica la eficiencia en los desplazamientos en vehículo privado.
- **Intensidad de tráfico:** Pretende, normalmente de manera visual, detectar los principales flujos de tráfico y aquellos posibles puntos de riesgo.

#### 2.1.1.3. Movilidad peatonal

Para Bretón (2004), la movilidad peatonal y ciclística debe basarse en las siguientes características:

- **Andenes:** donde se analice la anchura útil de tránsito peatonal, considerando como adecuada aquella con anchura mayor a 1,5 m, que permite a dos peatones pasar uno junto al otro sin incomodar.
- **Intensidad peatonal:** representa el número de peatones que pasan por una determinada sección de andén, detectando las horas de mayor flujo.
- **Barreras arquitectónicas:** donde se detectan barreras físicas o puntos de déficit, para la movilidad peatonal.
- **Seguridad y confort:** donde se analizan las condiciones básicas a cumplir por vías y pasos de peatones.

#### 2.1.1.4. Movilidad ciclista

Al igual que en el caso de la movilidad peatonal, es un sector prioritario en cuanto a movilidad sostenible se refiere.

- **Vías ciclistas:** donde se identifican las infraestructuras ciclistas existentes y su utilización.
- **Intensidad ciclista:** que representa el volumen de ciclistas que pasan por una determinada sección de vía, clasificando por tipo de usuarios (ciclistas vulnerables, adultos, deportistas, etc.) y vías de tránsito.

- **Seguridad y confort:** donde se analizan las condiciones básicas a cumplir por las vías ciclistas.

### 2.1.2. Transporte

Entre las características a analizar, según Molinero Molinero y Sánchez Arellano (1997), está el grado de eficiencia en cuanto al balance oferta/demanda, de forma que la cobertura del servicio hacia la población sea un parámetro crítico, al igual que las condiciones de atracción de las infraestructuras.

Se presentan algunos de los parámetros a analizar:

- **Rutas:** líneas de recorrido que conectan la localidad objeto de estudio con municipios vecinos, así como la frecuencia y horarios de paso, conjuntamente con el grado de ocupación por franjas horarias.
- **Cobertura:** donde se analizan las condiciones de las paradas, la accesibilidad a las mismas y el área de población incluida.
- **Urbanismo:** Se trata de evaluar la densidad de población por zonas, así como localizar la población dispersa y otras características relevantes respecto al tejido urbano del municipio. Así, la evaluación del espacio público dedicado al vehículo privado con respecto al espacio público total disponible y la evaluación de la cercanía de la población a servicios básicos (hospitales, centros de educación, centros deportivos, etc.) son algunos de los aspectos a considerar.
- **Número de pasajeros por unidad:** Este es un indicador básico de la productividad, es el número de pasajeros llevados en relación a la capacidad del sistema en un intervalo de tiempo.
- **Número de vehículos por hora:** Es la cantidad de unidades operativas que pueden asignarse al servicio cada hora.
- **Nivel de servicio:** se refiere al nivel de mantenimiento, preventivo o correctivo, en relación con las fallas que se presenten en la vía.
- **Accidentes:** La tasa de accidentes determina el indicador de conducción y mantenimiento de las unidades, aunque está menormente influenciada por las condiciones del tráfico, señalización, educación del peatón, responsabilidad de conductores de tránsito particular; por eso se deben hacer comparaciones con otros vehículos que operen en la misma área.

- **Accesibilidad:** La accesibilidad está asociada a la facilidad para llegar al sitio de embarque, salir del vehículo, desembarcar en la parada y llegar a su destino final. Es importante tomar en cuenta la distancia caminada tanto al inicio como al fin del viaje ya que esta caminata se ve afectada por la condición de la calzada, inclinación de la acera, facilidad para cruzar las vías, existencia de iluminación pública (importante en viajes nocturnos), seguridad personal en el trayecto.
- **Tiempo de Viaje:** El tiempo de viaje corresponde al tiempo gastado por los vehículos y depende de la calidad de la vía, las irregularidades en los desplazamientos, hundimientos, etc.
- **Conectividad:** Este término representa la facilidad de desplazamiento y comunicación entre dos puntos.
- **Estado de Vías:** En relación al estado de las vías por donde circulan los vehículos, el aspecto más importante es la calidad de superficie de rodamiento, ya que de esta depende en gran parte la reducción de velocidad, así como también hay repercusión en el sistema mecánico de las unidades. Las vías de tránsito deben estar en óptimas condiciones sin baches, lomas o cunetas pronunciadas, calzadas en buen estado permiten que no incremente el costo de operación debido a mantenimientos correctivos más continuos y reposición de repuestos; muchas veces la presencia de irregularidades en la vía hacen que el conductor realice maniobras bruscas que terminan en accidentes de usuarios dentro de las unidades.

### 2.1.3. Tránsito

Para el estudio y caracterización del tránsito, se debe conocer la planeación y los parámetros para llevar a cabo un buen diseño, tal y como se muestra seguidamente. (Corea, Rivera, & Flores, 2008).

#### 2.1.3.1. Planeación del tránsito

Al momento de llevar a cabo la planeación de una intersección, es necesario dar solución a una serie de interrogantes que deben plantearse en relación a factores como:

- a) Los volúmenes de tránsito usados para reconocer el tipo de intersección más adecuado para solucionar el problema, además del análisis del tipo de vía, los recursos disponibles, el espacio disponible, entre otras variables a considerar.

- b) El crecimiento de la demanda, determinar cómo afecta el sistema propuesto a las futuras demandas. Los impactos que genere el proyecto y las medidas a tomar para mitigarlos.
- c) Recursos disponibles, saber cómo es la mejor manera de administrar los recursos disponibles, sin sacrificar las soluciones futuras.
- d) Comodidad del sistema, buscar que el diseño de la intersección provea comodidad al conductor en aspectos de geometría, uniformidad y preferencias.
- e) Eficiencia, factor evaluable mediante la velocidad y capacidad para la totalidad de los usuarios, ya sean automóviles, buses, camiones, peatones o bicicletas.

#### **2.1.3.2. Estudio volumen vehicular**

Se llama volumen de tránsito al número de vehículos que pasan por un punto de la vía o de cualquiera de sus partes en la unidad de tiempo. La unidad de tiempo que se usa generalmente para medir el volumen es el día o la hora.

Los volúmenes horarios se utilizan para diseñar los detalles geométricos de las vías, establecer criterios para el uso de dispositivos de la regulación del tránsito y determinar si una vía, calzada o carril puede satisfacer la demanda del tránsito en la hora de máxima afluencia.

Permite:

- Cuantificación de la demanda de tránsito vehicular que circula por una sección transversal de una vía, durante un periodo determinado.
- Variación horaria de los volúmenes de tránsito, así como la distribución de la composición vehicular.
- Distribución del tránsito en intersecciones viales, a través de la cuantificación de los volúmenes por tipo de movimiento y vehículo.

#### **2.1.3.3. Señalización vial**

Para el ministerio de obras públicas, transporte y desarrollo urbano (MOPVDU) (2011), la señalización es una de los factores más importantes en el control y buen funcionamiento del tránsito, ya sea en una intersección o un corredor vial.

Los tipos de señalización más comunes, se describen a continuación:

- **Señales verticales:** Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

- ✓ Señales preventivas.
- ✓ Señales reglamentarias.
- ✓ Señales informativas.

**Señales horizontales:** La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

La señalización horizontal es importante en las vías, pues éstas hacen que tanto el peatón como el conductor y los usuarios se movilicen confiados y seguros siguiendo la nomenclatura informativa, preventiva y normativa.

## **2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS**

De acuerdo a lo establecido en el Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), es posible reconocer las vías según su funcionalidad y el tipo de terreno, de esta forma se identifica:

### **2.2.1. Según su funcionalidad**

Para la clasificación según la funcionalidad se deben tener en cuenta parámetros como el flujo vehicular y la necesidad e importancia operacional. Es así como encontramos carreteras primarias, secundarias y terciarias.

#### **2.2.1.1. Primarias**

Son aquellas vías que brindan accesos a capitales de Departamento, es decir las que comunican e integran las principales zonas económicas, de producción, consumo y comercialización del país; Además, estas las vías primarias son de vital importancia dentro del territorio, ya que son los medios por los cuales se es posible

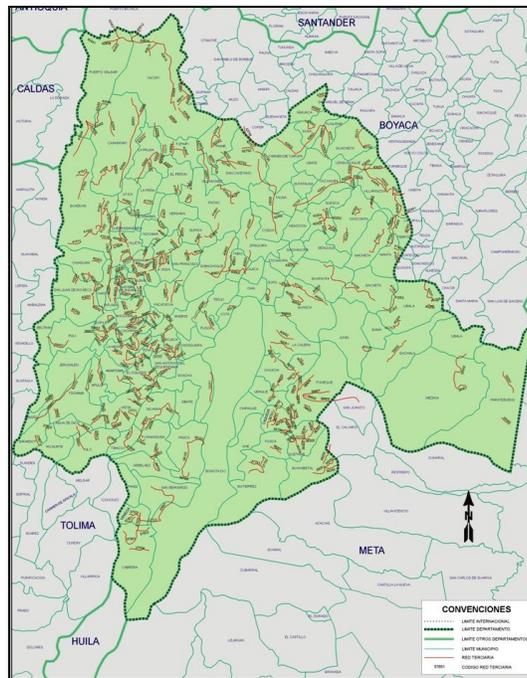


Por cuestiones de calidad del servicio y operación, su construcción es más favorable con pavimento.

### 2.2.1.3. Terciarias

Las vías denominadas terciarias, son aquellas que permiten el acceso entre las cabeceras municipales con sus veredas o entre veredas, igualmente.

Estas carreteras por lo general presentan mal estado, ya que funcionan en afirmado pues no cumplen cabalmente con las condiciones geométricas estipuladas para las vías secundarios. Debido a esto, la comercialización es más complicada, pues los costos en el transporte, se hacen más elevados.



**Figura 7:** Red vial terciaria del departamento de Cundinamarca.

**Fuente:** Mapas de la red terciaria INVIAS

<http://www.invias.gov.co/index.php/red-vial-nacional/2-uncategorised/59-mapas-de-la-red-terciaria-y-ferrea>

### 2.2.2. Según el tipo de terreno

La topografía presente en el tramo en estudio, es un factor importante, ya que en este país, la forma del relieve y las formaciones geológicas varían, siendo diferentes en cada zona, por lo que clasificar las carreteras según el terreno, resulta muy conveniente para poder entender su funcionamiento y operación.

De esta forma, las carreteras pueden estar compuestas por tramos en terreno plano, ondulado, montañoso o escarpado.

#### **2.2.2.1. Terreno plano**

En este tipo de terreno los movimientos de tierras, en el proceso de construcción, son mínimos, por lo que no presenta mayores dificultades a la hora de diseñar el trazado y menores costos.

Este tipo de carreteras en terreno plano tienen la ventaja de que actúan como una combinación de alineamientos horizontal y vertical, lo cual permite que los vehículos pesados puedan mantener una velocidad aproximada a los vehículos livianos.

Presenta las siguientes consideraciones:

- Pendientes transversales al eje de la vía menores de cinco grados ( $5^\circ$ ).
- Pendientes longitudinales menores de tres por ciento (3%).

#### **2.2.2.2. Terreno ondulado**

Las vías en terreno ondulado, en su proceso de construcción, requiere un moderado movimiento de tierras, permitiendo alineamientos más o menos rectos, sin complicaciones en su trazado y explanación.

En este tipo de carreteras, los vehículos pesados deben reducir sus velocidades comparados con los vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.

Presenta las siguientes características en sus pendientes:

- Pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados ( $6^\circ - 13^\circ$ ).
- Pendientes longitudinales entre tres y seis por ciento (3% - 6%).

#### **2.2.2.3. Terreno montañoso**

En la construcción de carreteras en este tipo de terreno, los movimientos de tierras son altos, por lo que se presentan más dificultades en el trazado y la explanación.

Para los vehículos pesados, la movilización en este tipo de terreno se hace más complicada, por tener que operar a velocidades sostenidas en rampa, de largas distancias y con frecuencia.

Las pendientes transversales y longitudinales son:

- Pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°).
- Pendientes longitudinales predominantes entre seis y ocho por ciento (6% - 8%).

#### **2.2.2.4. Terreno escarpado**

En un terreno escarpado, la construcción de una vía se hace más complicada, ya que los movimientos de tierras son máximos, acarreando dificultades en el trazado y explanación. Además, en este tipo de carreteras los vehículos pesados deben operar a menores velocidades sostenidas en rampa comparadas con las que pueden operar en terreno montañoso, en distancias significativas y frecuentes.

Sus pendientes transversales y longitudinales, son:

- Pendientes transversales al eje de la vía superiores a cuarenta grados (40°).
- Pendientes longitudinales superiores a ocho por ciento (8%).

### **2.3. MEJORAMIENTO DE CARRETERAS EXISTENTES**

Según el Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), para poder realizar el mejoramiento de una vía existente, se debe tener una justificación y un procedimiento a seguir, para que cumpla con los requisitos y criterios generales establecidos en este manual.

#### **2.3.1. Justificación de un proyecto de mejoramiento**

Lo que conlleva a realizar un proyecto de mejoramiento vial, es principalmente, las exigencias del tránsito, en cuanto a seguridad y velocidad de operación, por lo que se debe realizar el mejoramiento debe tener criterios de diseño.

Las siguientes situaciones pueden justificar el mejoramiento de una carretera existente:

- Incremento en el volumen de tránsito.
- Aumento en la velocidad de operación lo que implica la pavimentación, mejoras en los alineamientos, garantizando la distancia de visibilidad de parada y ofreciendo, en las carreteras de dos carriles, longitud suficiente con visibilidad de adelantamiento.
- Sitios críticos de accidentalidad por defectos en el trazado de la carretera, que generen la necesidad de eliminarlos.

### **2.3.2. Criterios generales**

Dentro del Manual de diseño geométrico de carreteras (2008) se mencionan algunos criterios generales para el diseño de mejoramiento vial:

- a) Deben cumplir con los criterios de diseño geométrico de carreteras nuevas.
- b) Para carreteras de dos carriles, se debe garantizar la distancia de visibilidad de parada y la longitud adecuada de visibilidad para adelantamiento.
- c) Se debe obedecer con los estándares y valores adecuados para el mejoramiento de los alineamientos horizontales, verticales y en sección transversal.
- d) Aprovechar la infraestructura existente, lo más posible.
- e) Corregir accesos peligrosos a los puentes.
- f) Considerar aspectos estéticos, paisajísticos y ambientales, para poder realizar un mejoramiento vial completo, que satisfaga y de calidad de vida a los usuarios.
- g) Garantizar la máxima eficiencia de los sistemas de drenaje.

### **2.3.3. Fases y actividades para el diseño geométrico del mejoramiento**

En el Manual de diseño geométrico de carreteras (2008) se representan las fases para el mejoramiento vial a partir de modificaciones en el diseño geométrico de una carretera existente. Estas fases contienen los siguientes aspectos:

#### **Fase 1**

En esta fase se estudiarán las alternativas de mejoramiento, analizando aspectos geológicos, geométricos, ambientales y socioeconómicos.

Como aspecto geométrico se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Adquisición de fotografías aéreas e imágenes de satélite.
- Recopilación los estudios de la vía existente.
- Reconocimiento de la zona del proyecto, realizando un análisis de la geometría de la vía existente y la topografía del tramo en estudio y zonas aledañas.
- Análisis de las especificaciones de diseño de la vía existente.

- Identificación de tramos homogéneos de acuerdo a la topografía, tránsito y diseño geométrico de la vía existente.
- Análisis y selección de los tipos de mejoramiento para proponer alternativas.
- Selección de especificaciones para el diseño del mejoramiento del tramo de estudio.

En el proyecto, precisamente en el diseño geométrico de la vía a mejorar, se deben tener ciertos aspectos que van a incidir en este, tales como:

- Ubicación de los puntos críticos en cuanto a problemas de inestabilidad geológica y geotécnica, en el área en estudio.
- Descripción y evaluación del estado de los puentes y obras de arte, y de esa manera poder determinar su posible ampliación y la incidencia que presentarían en el diseño geométrico del mejoramiento.
- Selección de los posibles sitios para el diseño de intersecciones viales.
- Ubicación de puntos de alta accidentalidad o baja seguridad al usuario.
- Áreas de incidencia directa del proyecto tales como zonas urbanas o sub-urbanas, zonas de inundación, sectores de conflicto social, etc.
- Análisis de costos de materiales e insumos que proponen las alternativas de mejoramiento.

## **Fase 2**

Luego de tener claros los parámetros y aspectos a tener en cuenta en la Fase 1, la Fase 2 permite un desarrollo de la anterior fase, refiriéndose a las actividades que se deben llevar a cabo para la realización del diseño geométrico preliminar de la propuesta de mejoramiento.

Las etapas son:

- **Levantamiento topográfico de la zona del proyecto.**

Para el levantamiento topográfico de la zona de estudio, se debe ayudar de las fotografías aéreas, GPS o preferiblemente, mapas a escalas 1:2000 que permitan la identificación de puentes y obras de arte, viviendas y la malla vial existente. Estos mapas topográficos se radican en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), los

cuales van a permitir que se obtenga un modelo del terreno (superficie 3D), a partir de la digitalización de las curvas de nivel primarias y secundarias. Con este modelo digital, será posible el reconocimiento del tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso, escarpado), para el diseño geométrico.

- **Selección de los controles de diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal.**

Para la selección de los controles, en el Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), en el capítulo 2, se identifican dichos controles de diseño geométrico, los cuales están dirigidos a la determinación de la Velocidad de diseño de los tramos ( $V_{TR}$ ), la Velocidad Específica de las curvas horizontales ( $V_{CH}$ ) y la sección transversal típica del mejoramiento, elementos que servirán como punto de partida o consideración primera, para poder definir la geometría como radios mínimos, entretangencia mínima, pendientes máximas y mínimas, entre otros.

- **Diseño geométrico del eje en planta.**

Para el diseño geométrico en planta del alineamiento horizontal, es importante ajustarse al desarrollo de la vía existente, pero cumpliendo con las nuevas especificaciones del mejoramiento de la carretera.

En el capítulo 3 del Manual de diseño geométrico de carreteras (2008), se indicaron los parámetros de diseño en planta para vías nuevas, por lo que la geometría de la propuesta de mejoramiento debe demostrar importantes ventajas con respecto a la geometría de la vía existente.

- **Diseño geométrico del perfil ó prediseño de una nueva rasante.**

Para el diseño en perfil, los parámetros a usar, son los mismos que para una vía nueva, según el capítulo 4 del Manual de diseño geométrico de carreteras (2008). Sobre el tipo de terreno encontrado en la zona, es posible elaborar el diseño en perfil del eje de la vía. Allí se marcarán las cotas rojas, y las cotas existentes de la carretera a mejorar, así como puentes, empalmes, viviendas y los niveles del pavimento actual.

- **Diseño preliminar de intersecciones a nivel de bosquejo.**

Se deben elaborar anteproyectos o diferentes alternativas de las posibles intersecciones, ya sean a nivel o desnivel, en aquellos sitios donde se prevea su diseño, para posteriormente escoger el diseño definitivo, el cual debe ser elaborado en la Fase 3.

- **Estimativo de los costos del proyecto.**

Para estimar los posibles costos que acarrea el proyecto, se calculan las cantidades de obra a nivel preliminar; se analizan estudios de tránsito, geología de la zona, hidrología e hidráulica y el aspecto ambiental, factores que marcan la pauta para el diseño geométrico de la vía a mejorar.

### **Fase 3**

El desarrollo de la fase 3, se basa en el estudio más detallado, de lo realizado en la fase 2, pues es en esta etapa en la que se realizan los diseños definitivos, que serán empleados en la construcción de la obra.

Para la ejecución de esta fase, en cuanto al diseño geométrico de la vía, se deben considerar ciertos criterios y aspectos:

- **Localización en el terreno del eje definitivo.**

En este paso se marca o señala el terreno mediante estacas o puntos, en la vía existente. Esta labor debe brindar precisión, por lo que se debe acompañar de equipos fotográficos y carteras campo, las cuales serán utilizadas para el proceso del replanteo durante la construcción.

Lo primero que se debe tener presente en esta etapa, es la localización de la Norte, con su respectivo sistema de coordenadas, y a partir de ella obtener los puntos marcados en el terreno natural; en esta etapa también se puede apoyar con mapas generados por el Instituto Agustín Codazzi, que vienen georeferenciada, para una mejor localización.

- **Diseño definitivo en perfil.**

Se hace uso de los perfiles obtenidos en la fase 2, como rasante de la propuesta de mejoramiento de la vía. Igualmente, irá acompañado por los ajustes que se hayan realizado en el momento de hacer la localización del eje definitivo.

- **Diseño definitivo de las secciones transversales.**

Para poder elaborar el diseño definitivo del eje de vía a mejorar, se debe tener, de igual manera, el diseño de las secciones transversales a lo largo de todo el abscisado del eje del proyecto, para lo que se debe tener en cuenta el ancho de la calzada a usar en el mejoramiento, el ancho de las bermas, diseños de cunetas, espesores de la estructura de pavimento, taludes, terraplenes, puentes y las intersecciones usadas. Estas secciones transversales se generan a partir del modelo

digital en tres dimensiones y complementadas con todos los elementos antes descritos.

- **Cálculo del movimiento de tierras utilizando el modelo del terreno.**

Por medio de herramientas como el Autocad civil 3D y su digitalización del terreno, es posible, a partir del diseño de la rasante, obtener la cantidad en volumen, del movimiento de tierras que se debe efectuar en la construcción del proyecto, cálculos que sirven para obtener las cantidades de obra y costos de construcción.

- **Elaboración de los planos para construcción y documentos finales.**

Como etapa final, se realizan y elaboran los planos definitivos en planta y perfil, intersecciones a nivel o desnivel y puentes usados para el mejoramiento, además de los planos con sus respectivos linderos y predios.

Se debe tener presente, en el momento de realizar propuestas de mejoramientos viales, que el resultado de las mejoras señaladas en las secciones transversales, alineamientos, tanto en planta como en perfil para el trazo de rasantes, deben estar conformes con los requerimientos exigidos para el diseño geométrico de una vía nueva.

El principal reto es que la vía que se vaya a mejorar sea cómoda, segura y adaptada a las nuevas exigencias del tránsito, satisfaciendo la demanda vehicular y peatonal, por lo que es indispensable cumplir con las especificaciones indicadas en el manual de diseño geométrico de carreteras que establece el Instituto Nacional de Vías y el Ministerio de transporte.

## **2.4. INTERSECCIONES VIALES**

### **2.4.1. Consideraciones para el diseño de las intersecciones**

En el artículo de Suárez joya & Pantoja Santander (2005), se establecen ciertas consideraciones que deben ser tenidas en cuenta para el diseño en las intersecciones, dentro de las que se resaltan:

- El diseño de las intersecciones de una carretera debe corresponder en un todo a su función, responder a las necesidades de los vehículos automotores que se interceptan en dicha área de encuentro, al tipo de vías que confluyen, clasificación, tipo de control de accesos, velocidad, preferencia de paso, y todas aquellas características de funcionalidad que estén contempladas en el planeamiento en desarrollo que puedan afectar la intersección.

- La seguridad en las intersecciones, depende en gran medida de su percepción por los usuarios, de la facilidad con que la geometría y el funcionamiento de la misma es percibida desde lejos y en sus proximidades, y comprendida por automovilistas y peatones.
- Debe resaltarse el diseño y construcción de aquellas intersecciones que marcan el cambio entre dos tramos diferentes. En dicha intersección deben manifestarse las nuevas funciones de la vía, la velocidad que se pretende garantizar, su capacidad y la transición entre los dos regímenes de circulación.
- En las intersecciones a nivel, puede ser útil el empleo de materiales especiales en la superficie de rodamiento, que sean visibles día y noche y que demarquen el espacio del cruce.
- La velocidad de circulación en la intersección y su entorno debe reflejarse en su geometría y ser complementada por una señalización clara y concisa.
- Dentro de las condiciones del sitio tenemos la topografía, la disponibilidad y las restricciones existentes para extender la superficie, tales como usos del suelo, costo del terreno, las condiciones de visibilidad, las características y exigencias del ambiente.
- Constar con un estudio de tránsito que incluya los volúmenes, su composición y su evolución a lo largo del día, análisis de cada movimiento en las horas pico para determinar la capacidad en el correspondiente ramal, vehículo tipo para el que se proyecta la intersección, velocidad en los accesos. En las zonas urbanas y suburbanas se deben tener en cuenta el flujo peatonal y los paraderos del sistema de transporte público con su correspondiente información (frecuencia, tiempo de parada, condiciones actuales, posibles modificaciones, etc.
- Características geométricas de las vías que se interceptan y del tránsito que las utiliza, así como el número e importancia jerárquica de las carreteras que convergen en el sitio. Los volúmenes y la clasificación del tránsito, las proporciones de giros a la izquierda, a la derecha y cruces directos, deben establecerse con cierta exactitud los radios de giro, en función del vehículo de diseño, y proyectarse en forma consecuente las islas y contornos de la intersección. También se dará importancia al movimiento peatonal, de ciclistas y otros.
- La elección del tipo de intersección es clave en el diseño de las carreteras, ya que éstas condicionan ampliamente la capacidad de la red, la seguridad de su funcionamiento y la integración de la carretera en el medio en que se localiza.

## **2.4.2. Tipos de intersecciones**

Para Maribel Abrahantes (s.f) son varios los tipos de intersecciones, a continuación se mencionaran características, algunas ventajas y desventajas de algunos de los tipos de intersecciones.

### **2.4.2.1. Intersecciones a nivel**

Las Intersecciones convencionales a nivel, según (Abrahantes, s.f), presentan, en general, las siguientes ventajas e inconvenientes:

#### **Ventajas**

- Sencillez de diseño, que puede complicarse en el caso de las canalizadas.
- Baja ocupación de suelo.
- Bajo costo de construcción y mantenimiento.

#### **Inconvenientes**

- Peligrosidad, que puede reducirse mediante canalización y señalización.
- Ámbito recomendado de implantación.
- Cruces de vías de escaso tráfico, de la red secundaria o local, en áreas urbanas y canalizadas, en áreas no urbanizables o rurales.

Pueden ser:

- Intersecciones a nivel semaforizada.
- Intersecciones a nivel canalizadas.
- Glorietas ó Rotondas.

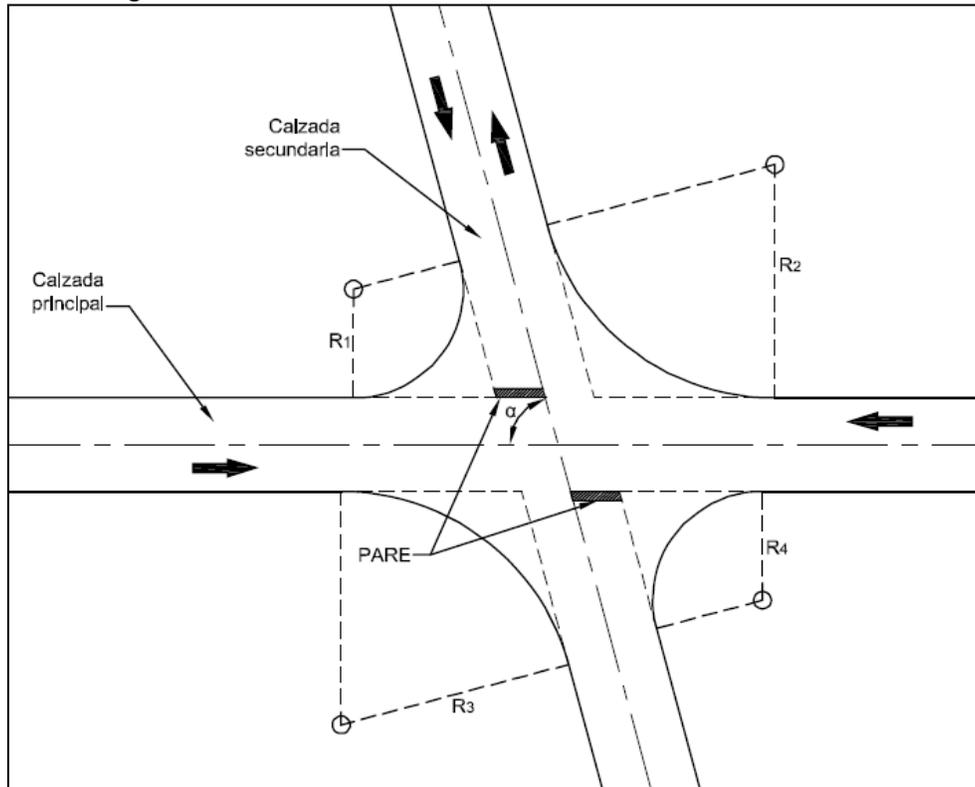
#### **Intersecciones semaforizada**

Cuando se enfrente el proyecto y/o remodelación de una intersección con el objetivo que esta sea regulada por un semáforo se debe prever:

- Plataformas de espera dimensionadas en función de las colas previsibles.
- La regulación semafórica con giros a la izquierda requiere carriles de espera y recorridos específicos.
- Los giros a la derecha permitidos en fase roja, deben contar con carriles especiales de espera.
- Los sistemas que conceden prioridad al transporte público, exigen la reserva de bandas especiales para su paso por la intersección.

- Los semáforos dosificadores exigen plataformas de espera con suficiente capacidad.

La siguiente imagen muestra una intersección sin canalizar en cruz:



**Figura 8:** Intersección en cruz semafORIZADA.

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

### Intersecciones canalizadas

Una intersección canalizada es aquella en la que los movimientos de los vehículos se localizan por vías definidas mediante isletas, dibujadas o materializadas con sardineles.

En general, una intersección canalizada se localiza en el cruce de las carreteras principales, o cuando hay altos volúmenes de tránsito, incluidos los giros a la izquierda, en los que una intersección no canalizada no garantiza seguridad ni es suficiente.

Hay una serie de principios generales que deben inspirar el proyecto de una intersección, los que cumplen con el propósito de proporcionar elementos de diseño para seguridad, economía y eficiencia en los movimientos de las corrientes de

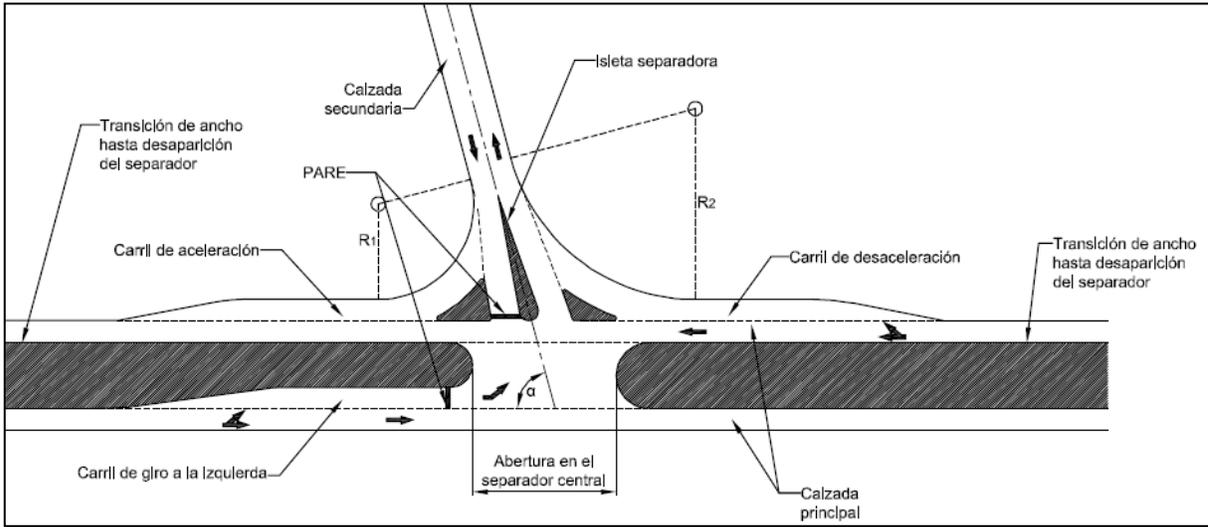
tránsito que concurren en un punto, provenientes de carreteras que se entrecruzan. De las condiciones de cada caso particular, dependerá hasta qué punto es posible regirse por estos conocimientos.

- **Preferencia de los movimientos principales:** Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios, dar prioridad a las corrientes de tránsito de alta intensidad, esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducción del ancho de las vías, radios de curvas pequeños o a eliminar los movimientos poco importantes. La selección de la prioridad debe basarse en los volúmenes relativos de tránsito, en la clasificación funcional de las carreteras que se interceptan y en la designación de las rutas.
- **Reducción de las áreas de conflicto:** Las grandes áreas son características de las intersecciones oblicuas y una de las causas de que no sean recomendables. Todos los elementos de diseño de la intersección se deben definir claramente, para favorecer los giros o cruces oportunos de los vehículos. Las islas no deben dejar lugar para confusiones acerca de la dirección de las corrientes de tránsito alrededor de ellas.
- **Perpendicularidad de las trayectorias cuando se cortan:** Las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto y deben considerarse con prioridad y las operaciones de convergencia en ángulo agudo. Se consideran aceptables las intersecciones con ángulos comprendidos entre  $60^{\circ}$  y  $120^{\circ}$ . Los cruces y las convergencias deben minimizar tanto la probabilidad de los conflictos de colisión, como la severidad de los mismos.
- **Paralelismo de las trayectorias cuando convergen o divergen:** El tráfico que se incorpora o sale de una vía debe hacerlo con ángulos de incidencia pequeños, del orden de  $10^{\circ}$  o  $15^{\circ}$  para aumentar la fluidez de la circulación. Si el tráfico es importante, deben disponerse vías de aceleración o deceleración, que permitan la incorporación del tráfico a velocidad adecuada.
- **Separación de los puntos de conflicto:** Mediante una canalización adecuada pueden separarse los puntos de conflicto en una intersección. El desarrollo de carriles de giro, el diseño de islas y el control de puntos de acceso, todos sirven al propósito de separar los puntos de conflicto.
- **Separación de los movimientos:** Cuando la intensidad horaria de proyecto de un determinado movimiento es importante, del orden de 25 o más vehículos, es conveniente dotarle de una vía propia de sentido único, completándola con vía de aceleración o deceleración si fuera necesario. Las isletas que se dispongan con este objeto permiten la colocación de las señales adecuadas. Las canalizaciones se diseñarán para evitar en lo posible o impedir que se realicen movimientos

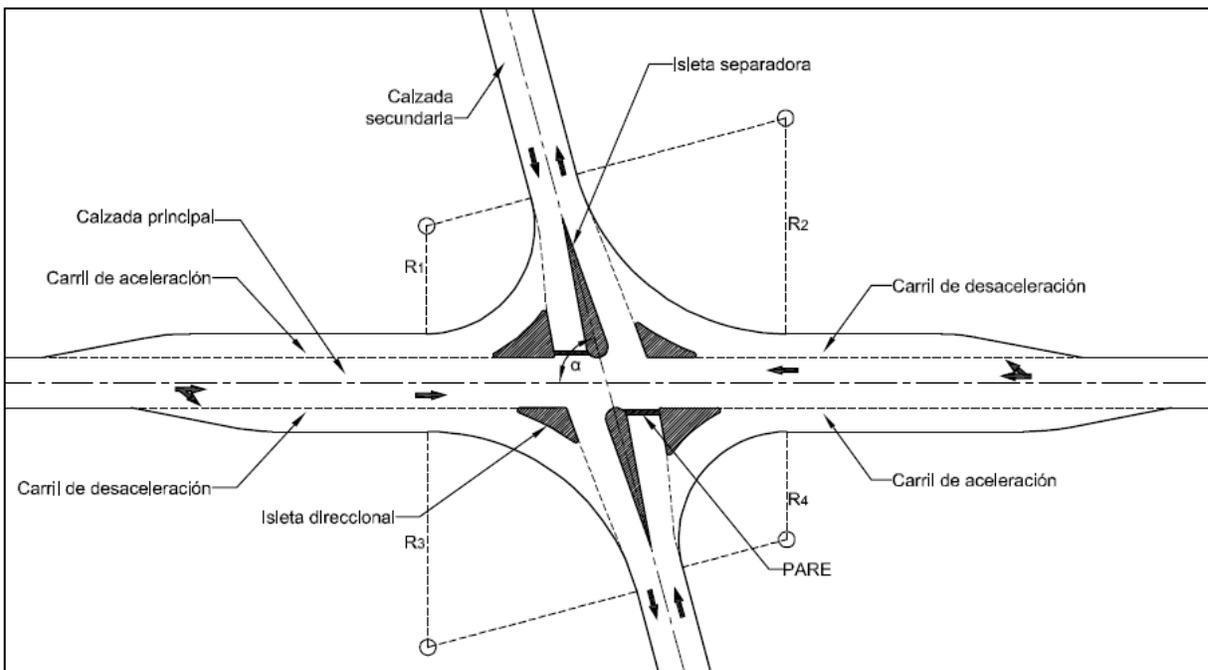
indeseables o peligrosos para las corrientes del tránsito en los sitios determinados. La continuación de la mediana central en una intersección en T, cumple con el propósito de evitar los giros a izquierda, que pueden ser indeseables en determinadas circunstancias.

- **Control de velocidad:** También mediante la canalización puede controlarse la velocidad del tráfico que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o abocinando las calzadas, se deberá promover el desarrollo de Velocidades que además de seguras, sean las deseables. En otros casos, las canalizaciones pueden utilizarse para reducir las velocidades y mitigar los conflictos generados por tales velocidades.
- **Control de los puntos de giro:** Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando isletas adecuadas que los haga materialmente imposibles o muy difíciles.
- **Creación de zonas protegidas:** Las isletas proporcionan a los vehículos espacios protegidos en las calzadas para esperar una oportunidad de paso. Se deben conservar áreas para cruce y refugio de peatones, al igual que motocicletas, bicicletas y otros vehículos no motorizados. El uso apropiado de la canalización puede minimizar la exposición de estos usuarios a los conflictos vehiculares, sin afectar el flujo del tránsito.
- **Visibilidad:** La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la parada. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir, como mínimo la distancia de parada.
- **Dispositivos para el control del tránsito:** En el diseño se debe facilitar el plan de colocación y operación de los dispositivos para el control del tránsito. La canalización debe destacar el esquema de control seleccionado para la operación de la intersección.
- **Sencillez y claridad.** El proyecto debe ser claro y simple para que, una vez implantado, el conductor no dude al decidir efectuar una maniobra y sencillo, en forma tal que sea fácilmente entendido por los automovilistas.

En las siguientes figuras se exhiben algunos diseños de intersecciones canalizadas:



**Figura 9:** Intersección a nivel canalizada en "Y" con separador.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS.



**Figura 10:** Intersección en cruz  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS.

### Intersecciones a nivel rotondas ó glorietas

Las rotondas ocupan una gran superficie y son poco apropiadas para lugares donde el movimiento peatonal sea intenso, por las distancias y la peligrosidad al cruzarlas,

pues el peatón no sabe de qué dirección, rama o acceso puede venir el vehículo. En estos casos es conveniente analizar si es apropiado localizar una intersección rotatoria si se valoran las ventajas y desventajas que presenta. (Suárez joya & Pantoja Santander, 2005)

### **Ventajas**

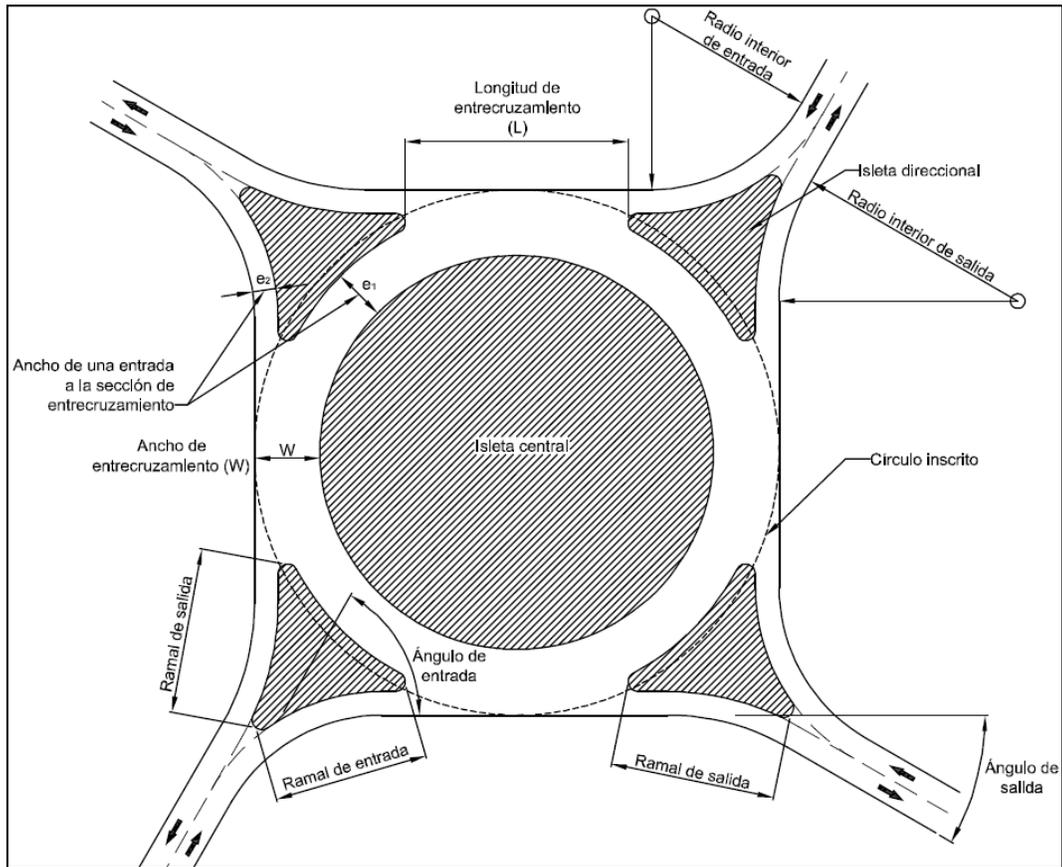
- Se consigue el ordenamiento y regulación por el sentido único del movimiento rotatorio.
- Los movimientos de entrecruzamientos sustituyen los cruzamientos usuales.
- Todos los giros se hacen con facilidad, aunque los recorridos aumentan en todos los movimientos, excepto los giros por la derecha.
- La rotonda es especialmente adecuada para intersecciones con 5 o más ramales.
- La construcción de una rotonda es generalmente menos costosa que una intersección a desnivel con todas las ramas de intercambio.

### **Desventajas**

- La rotonda no es capaz de acomodar un mayor flujo que una solución canalizada bien proyectada.
- Las rotondas no son adecuadas en intersecciones donde el flujo peatonal es alto.
- El flujo vehicular continuo que se exige se interrumpe por esta causa, especialmente cuando se utilizan señalizaciones de protección al peatón.
- Las grandes áreas que exige una rotonda impiden su utilización en zonas densamente edificadas, a menos que algunas calles existentes puedan formar parte de su diseño.

Para que una rotonda funcione adecuadamente, los accesos deben controlarse. Esto se hace difícil cuando las vías que acceden a la intersección no son de acceso controlado.

La siguiente figura, es un claro ejemplo de cómo se pueden presentar los movimientos en este tipo de intersección a nivel.



**Figura 11:** Representación de una Glorieta. – Intersección a Nivel.

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS.

#### 2.4.2.2. Intersecciones a desnivel

Un paso a desnivel, es un conjunto de ramales que se proyecta para facilitar el paso del tránsito entre unas carreteras que se cruzan en niveles diferentes. También puede ser la zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Los pasos desnivel se construyen para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes, así como para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel. (Suárez joya & Pantoja Santander, 2005).

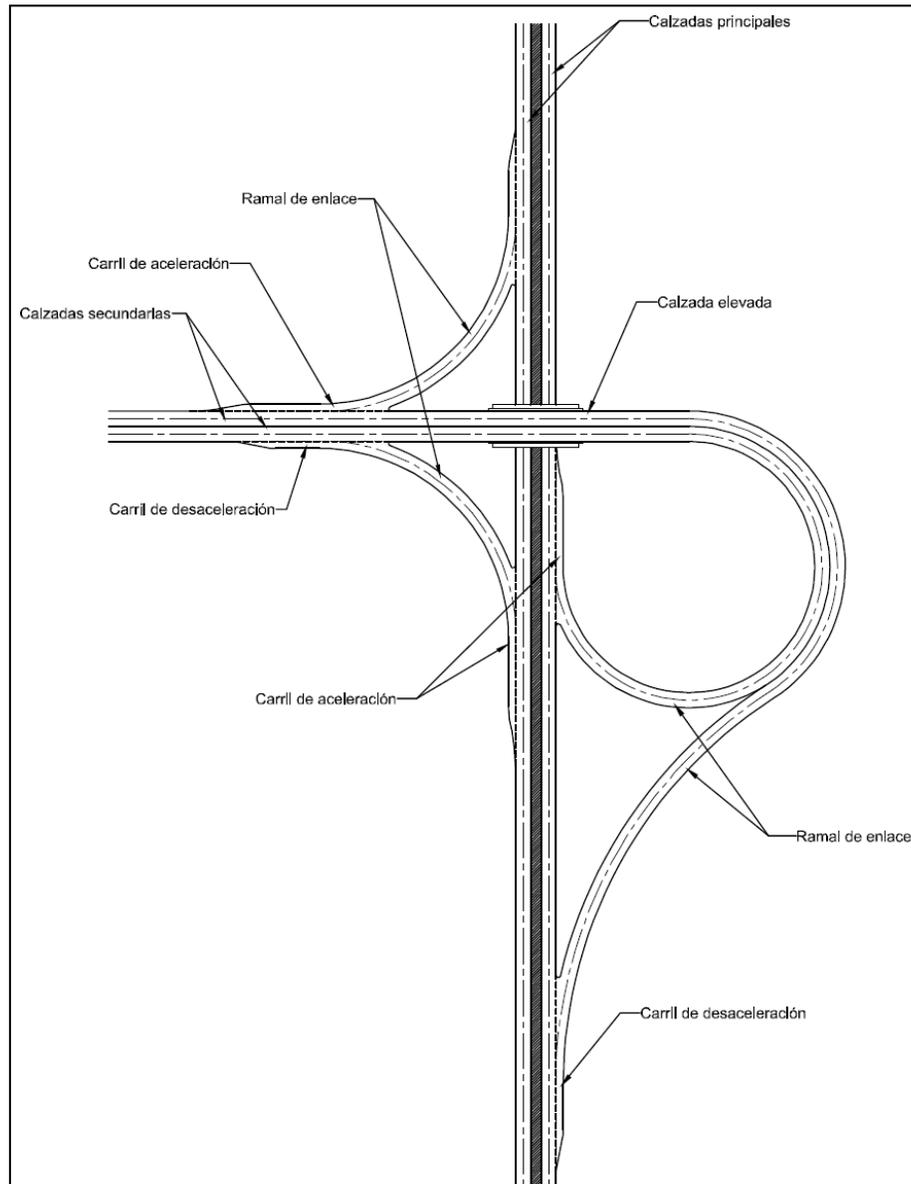
En general, una intersección solucionada a diferentes niveles requiere inversiones importantes, por lo que su diseño y construcción deben justificarse por razones como:

- **Funcionalidad:** Ciertas carreteras como autopistas y vías de primer orden, porque tienen limitación de accesos las primeras, o por la categoría y características que les atribuyen los planes viales nacionales, regionales o departamentales, requieren la construcción de intersecciones a desnivel.
- **Capacidad:** Si la capacidad es insuficiente en una intersección, una alternativa por considerar, en el estudio de factibilidad, es separar niveles, así haya alternativas posibles a nivel.
- **Seguridad:** Puede ser la seguridad, unida a otras razones, uno de los motivos para construir un enlace y no una intersección.
- **Factibilidad:** Por las elevadas inversiones que implica, en general, la construcción de una intersección a desnivel, es necesario el estudio de factibilidad, en el que debe analizarse, si a ello hubiere lugar, la construcción por etapas.

Las intersecciones a desnivel pueden ser:

- **Diamante:** La intersección a desnivel tipo diamante, se usa tanto en vías urbanas como en vías rurales. Se trata de una intersección de cuatro ramales con condición de parada, en el que todos los giros a la izquierda se resuelven con intersecciones. Este tipo de intersección puede disponer también de estructuras adicionales para reducir el número de puntos de conflicto de las intersecciones a nivel en la carretera secundaria. Normalmente es preferible que la vía principal ocupe el nivel inferior, con cuya disposición las vías de enlace son más cortas por ser la pendiente favorable para la aceleración y desaceleración de los vehículos que entran y salen.
- **Intersecciones a desnivel direccionales:** Se utilizan cuando una autopista se cruza con otra o se une a ella. En estos casos la velocidad de proyecto es alta en toda su longitud, con rampas y enlaces curvos de radios grandes; por lo que el área que ocupan es grande. Las intersecciones a desnivel direccionales pueden ser más o menos complicados.
- **Intersecciones tipo T y Y:** La principal es la trompeta, intersección de tres ramales en la que los giros a la derecha y a la izquierda se resuelven por medio de ramales directos, semidirectos y vías de enlace.

En la siguiente figura se puede observar el esquema básico de una intersección tipo trompeta:



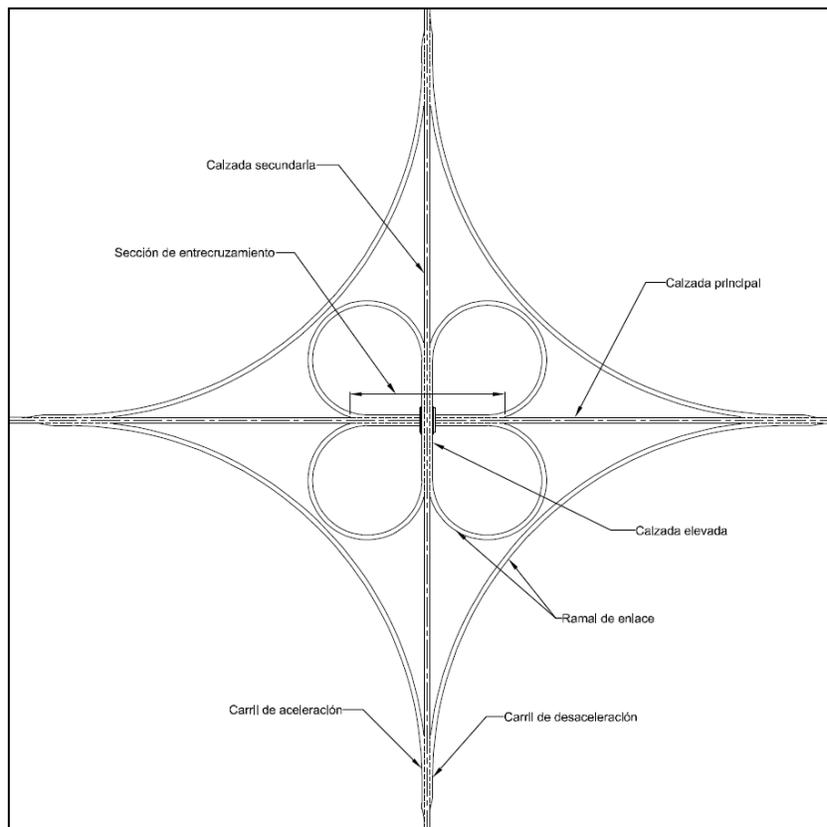
**Figura 12:** intersección tipo "trompeta"

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS.

- **Tréboles:** Intersecciones que pueden ser de tipo trébol parcial o total.
- **Tréboles parciales.** Se define el trébol parcial como una intersección de cuatro ramales con condición de parada, en el que se ha hecho continuo un giro a la izquierda mediante una vía de enlace.

- **Tréboles completos.** Los tréboles completos, son aptos para vías rurales de importancia similar (autopistas, vías de primer orden) por la considerable área que ocupan. Son intersecciones de cuatro ramales y triple circulación, requieren una sola estructura y todos los giros a la izquierda se resuelven por medio de vías de enlace y los giros a la derecha mediante ramales directos.

La siguiente figura representa un ejemplo de una intersección tipo trébol:



**Figura 13:** Esquema básico de una intersección tipo trébol.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS.

### 2.4.3. Factores que deben considerarse en el diseño

El diseño de una intersección vial supone considerar factores de diferente naturaleza, que en su conjunto permiten que el funcionamiento de la obra sea integralmente eficiente, es decir sin enmarcarse únicamente a la correcta concepción de la parte técnica. Dentro de dichos factores se puede contar con los siguientes:

- **Factores Humanos:** hábitos de conducción, capacidad de los conductores para tomar decisiones, tiempos de decisión y reacción, hábitos y comportamiento de los peatones y ciclistas
- **Consideraciones del tráfico:** capacidad, hora y tiempos de maniobra, tamaño y forma de los vehículos, velocidades de operación y registros de accidentalidad.
- **Elementos físicos:** como se nombre lo indica, se relaciona con el entorno físico sobre el cual se desarrollara el proyecto tales como, topografía y uso del suelo, alineamientos y perfiles, distancias de visibilidad, ángulos de intersección, área disponible para conflictos, velocidades y sección transversal, dispositivos de control, señalización, iluminación y redes de servicios, área total de la intersección, drenaje, pavimentos y consideraciones geotécnicas, afectaciones prediales, posibilidad de ampliar, estructuras y detalles especiales.
- **Factores socio-económicos:** costos de construcción, operación y mantenimiento, consecuencias de la restricción de accesos y consumo de energía.
- **Consideraciones ambientales:** incrementos en polución y ruido, corredores y contaminación visual.

## 2.5. LA ACCESIBILIDAD Y EL DISEÑO UNIVERSAL

Con el pasar de los días los conceptos de accesibilidad, diseño universal e inclusión toman más fuerza, ya que la aplicación de los mismos representa la generación de ambientes y entornos para la sociedad en general sin excluir por las condiciones que cada quien pueda tener, además se ha recalcado la importancia de que los profesionales diseñen y construyan con los principios de diseño accesible para que no sean necesarias adaptaciones en los proyectos, lo cual representa aumentos en los costos de los mismos.

El diseño universal se proyecta para obtener una mejor calidad de vida para todos los ciudadanos, y debe entenderse como el arte y desafío de proyectar para todos, logrando así que las construcciones sean optimas ya que cubrirían el mayor espacio de necesidades dentro del espectro de personas a las cuales va dirigido.

Más específicamente, el diseño universal se puede definir como el diseño de productos y entornos aptos para el uso del mayor número de personas sin necesidad de adaptaciones ni de un diseño especializado, buscando así estimular el diseño de productos atractivos y comerciales que sean utilizables por cualquier tipo de persona y está orientado al diseño de soluciones ligadas a la construcción y a los objetos que respondan a las necesidades de una amplia gama de usuarios.

Son siete los principios del diseño universal, los cuales se mencionan a continuación:

- **Igualdad de uso:** El diseño debe ser fácil de usar y adecuado para todas las personas, independiente de sus condiciones, capacidades y habilidades, con el objetivo de no segregar a ningún usuario. Siendo el ideal proporcionar los medios y posibilidades lo más similares posible para todos los usuarios, por tanto los medios serán idéntico cuando sea posible o equivalente cuando no.
- **Flexibilidad:** El diseño debe acomodarse a una amplia gama y variedad de capacidades individuales. Se puede mencionar como ejemplo las alternativas de objetos con alternativas de uso para personas diestras y zurdas.
- **Uso simple y funcional:** El funcionamiento del diseño debe ser simple de entender, sin importar la experiencia, conocimiento, idioma o nivel de concentración del individuo. Debe eliminarse cualquier tipo de complejidad innecesaria. El uso debe ser consecuente con las expectativas e intuiciones del usuario.
- **Información comprensible:** El diseño debe comunicar la información necesaria al usuario, aunque éste posea una alteración sensorial, por tanto de utilizarse distintas formas de información (gráfica, verbal, táctil). Debe proporcionar un contraste adecuado entre la información y sus alrededores (uso del color), maximiza la legibilidad de la información esencial y proporcionar dispositivos o ayudas técnicas para personas con limitaciones sensoriales.
- **Tolerancia al error:** El diseño reduce al mínimo los peligros y consecuencias adversas de acciones accidentales o involuntarias, debe disponer de los elementos de manera tal que se reduzcan las posibilidades de riesgos y errores (proteger, aislar o eliminar aquello que sea posible riesgo). Además debe minimizar las posibilidades de realizar actos inconscientes que impliquen riesgos.
- **Bajo esfuerzo físico:** El diseño puede ser utilizado eficiente y cómodamente con un mínimo de fatiga física, además debe permite al usuario mantener una posición neutral del cuerpo mientras utiliza el elemento. Se debe procurar el uso de la fuerza operativa en forma razonable, la minimización las acciones repetitivas y el esfuerzo físico sostenido.
- **Tamaño y espacio óptimo:** Es necesario disponer espacios de tamaños adecuados para la aproximación, alcance, manipulación y uso, sin importar el tamaño, postura o movilidad del individuo. Además deber otorgar una línea clara de visión hacia los elementos y un cómodo alcance de los mismos tanto para quienes están de pie como los que están sentados. Algunos espacios consideran elementos extra de apoyo o para la asistencia de las personas.

### 3. MARCO LEGAL

Dentro de las leyes, Manuales de especificaciones técnicas y/o decretos que reglamentan y apoyan el presente trabajo de grado, se encuentran, específicamente, las relacionadas con el mejoramiento de las vías, el respectivo impacto ambiental y el diseño de accesibilidad.

En cuanto a la infraestructura vial y los requerimientos del transporte, se tiene:

#### **Ley 105 de 1993**

La ley 105/93 se compone de 5 títulos, en los cuales se encuentran establecidos los principios relacionados al transporte, la protección del medio ambiente, en el que se advierte que, para construcción de obras públicas, se deberá elaborar un estudio de impacto ambiental, que tendrá jurisdicción en la zona donde se proyecta construir. La entidad ambiental dispondrá de sesenta (60) días calendario para considerar el programa. Vencido este término se aplicará el silencio administrativo positivo.

Una vez expedidas las autorizaciones de licencia ambiental para los proyectos, se solicitará al municipio respectivo la autorización correspondiente con base en ésta, para lo cual el municipio tendrá un término de treinta (30) días, o de lo contrario se aplicará el silencio administrativo positivo. Contra los actos proferidos por los Alcaldes municipales proceden los recursos por vía gubernativa de que trata el Título II Capítulo I, artículos 49 y siguientes del Código Contencioso Administrativo.

La autoridad del sector de transporte competente, en concordancia con la autoridad ambiental establecerá los niveles máximos de emisión de sustancias, ruidos y gases contaminantes de los motores de los distintos tipos de naves y vehículos. El control sobre el cumplimiento de estas disposiciones, será ejercido por las autoridades competentes.

Por otro lado, en el título II de esta ley, se habla, como tal, de la infraestructura del transporte, y señalan las especificaciones que deberá tener la red nacional de carreteras.

Las especificaciones mínimas de diseño que se establecen para la red nacional de carreteras, son:

- Ancho de carril: 3.65 metros.
- Ancho de berma: 1.80 metros.
- Máximo porcentaje de zonas restringidas para adelantar: 40%.
- Rugosidad máxima del pavimento 2.5 IRI (Índice de Rugosidad Internacional).

## **Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura.**

En el cual, dependiendo del tipo de construcción, se establecen las actividades básicas, entre las que se encuentran la fase preliminar, la fase constructiva y la fase de operación.

En esta guía se tratan aspectos como: permisos ambientales,

## **Manual de diseño geométrico para carreteras**

En el cual se instituyen los controles y especificaciones técnicas para el diseño geométrico de las vías, analizando todos los parámetros, tanto en perfil como en planta. Estas especificaciones se explicaran y se aplicaran en el diseño de las alternativas, de manera que todo lo que se realice, este estrictamente ajustado a estas especificaciones legales.

Respecto a la accesibilidad, en Colombia y en gran parte del mundo, las personas en condición de discapacidad están expuestas a diversas situaciones de discriminación y exclusión social, las cuales les impide ejercitar sus derechos y libertades en condiciones de igualdad respecto al resto de la población, y por ende estas personas tienen dificultad para participar plenamente en el desarrollo de las actividades cotidianas y ordinarias de la sociedad en la que viven. Desde hace aproximadamente dos décadas, se ha ido modificando el enfoque dado a las personas con condición de discapacidad, dejando atrás el valga la redundancia, el enfoque médico, asistencial o caritativo para comenzar a ver a estas personas como los sujetos portadores de derechos que son.

Pueden mencionarse varios elementos normativos, para resaltar la relevancia de la accesibilidad, las cuales pueden citarse en los siguientes artículos consagrados en la constitución política de Colombia:

**ARTICULO 13.** Todas las personas nacen libres e iguales ante la ley, recibirán la misma protección y trato de las autoridades y gozarán de los mismos derechos, libertades y oportunidades sin ninguna discriminación por razones de sexo, raza, origen nacional o familiar, lengua, religión, opinión política o filosófica.

El Estado promoverá las condiciones para que la igualdad sea real y efectiva y adoptará medidas en favor de grupos discriminados o marginados. El Estado protegerá especialmente a aquellas personas que por su condición económica, física o mental, se encuentren en circunstancia de debilidad manifiesta y sancionará los abusos o maltratos que contra ellas se cometan.

**ARTICULO 16.** Todas las personas tienen derecho al libre desarrollo de su personalidad sin más limitaciones que las que imponen los derechos de los demás y el orden jurídico.

**ARTICULO 25.** El trabajo es un derecho y una obligación social y goza, en todas sus modalidades, de la especial protección del Estado. Toda persona tiene derecho a un trabajo en condiciones dignas y justas.

**ARTICULO 47.** El Estado adelantará una política de previsión, rehabilitación e integración social para los disminuidos físicos, sensoriales y psíquicos, a quienes se le prestará la atención especializada que requieran.

**ARTICULO 49.** La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud.

### **CONPES 3718**

En un nivel más específico, y en concordancia con el periodo que involucra la modificación del enfoque hacia las personas con condición de discapacidad, en los últimos veinte años el Gobierno Nacional colombiano ha sumado importancia a la formulación de normas urbanísticas y de lineamientos de política urbana, por lo cual se han planteado diferentes estrategias como lo son “Vivienda y Ciudades Amables” del Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad para Todos”, para el periodo de 2010 - 2014 y “Construir Ciudades Amables” de la visión Colombia 2019, generada en el 2006, la cual tiene entre sus objetivos aspectos tales como la construcción de ciudades más amables con inclusión hacia la población discapacitada y la articulación de los componentes de movilidad.

En conjunto, estas dos estrategias, enmarcan la Política Nacional de Espacio Público, la cual está establecida en el documento Conpes 3718, cuyo objetivo principal es contribuir a la disminución del déficit cuantitativo y cualitativo de espacio público en los municipios y distritos, en las escalas urbana y suburbana, con énfasis en las zonas donde se localiza la población más pobre, a través de la participación público-privada y mediante estrategias institucionales, normativas, de gestión y financiación. (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2012)

### **Accesibilidad al medio físico y al transporte**

En este manual de especificaciones se hace referencia a todos los parámetros que se deben cumplir para que TODA la población, pueda desplazarse sin ningún obstáculo, el diseño del espacio público sea el adecuado. Esta guía es importante en su aplicación, pues permite que el mejoramiento vial a efectuar, tenga también enfoque a la movilidad peatonal y ciclística, y no solo a la vehicular.

Las especificaciones técnicas que reglamentan el proyecto, se mencionan más adelante, en el numeral 4.5.

## **4. DISEÑO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO**

### **4.1. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

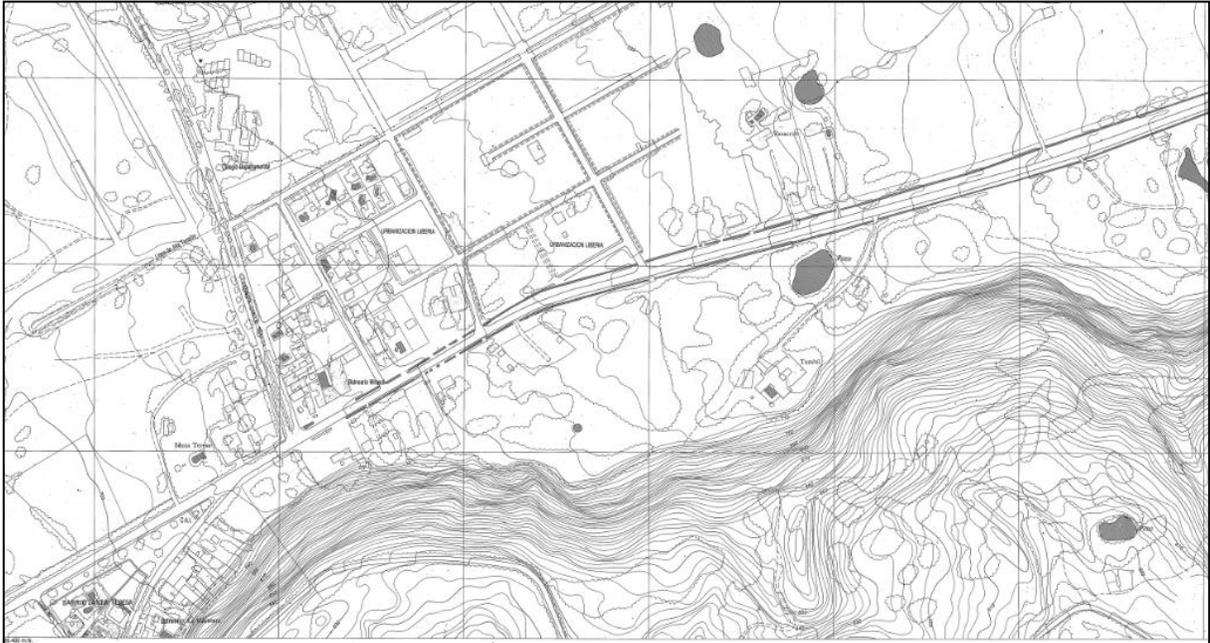
El primer paso para poder diseñar una alternativa de mejoramiento para la movilidad, es la identificación de la zona de estudio, es por ello que, gracias al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), se lograron conseguir los mapas del municipio de Anapoima - Cundinamarca, a escala 1:2.000, ya que es la escala que se recomienda para poder analizar y reconocer los detalles que se tengan en la zona a estudiar.

El mapa que se obtuvo en el IGAC, está concentrado en el tramo vial a mejorar y las zonas aledañas a este, en el cual se pueden identificar las vías secundarias y la vía principal que conduce de Anapoima al Distrito Capital, así como las construcciones existentes.

El mapa que sirvió para el estudio corresponde al año 1993, con fotografías aéreas tomadas en el año 1990, lo cual pudo ser un problema, ya que eran mapas realizados con fotografías de hace 24 años de antigüedad, pero, gracias a las visitas realizadas al área de estudio, se pudo comprobar que las calles y construcciones con las que cuenta el municipio actualmente, siguen siendo las mismas, sin modificación alguna. De ahí que se evidencie el problema existente, pues desde hace 10 años el municipio ha venido creciendo, tanto en población como en sus construcciones, lo que hace que las calles de hace 25 años no den abasto con la demanda vehicular actual.

Por ello las modificaciones geométricas que se vayan a realizar al tramo a mejorar, deben satisfacer las necesidades de los habitantes y turistas, y estar diseñadas para un periodo de tiempo que garantice un buen desempeño de la vía.

En la siguiente figura se muestra el mapa topográfico de la zona de estudio en el municipio de Anapoima, en el cual se muestran las calles que conforman la malla vial del área de estudio.

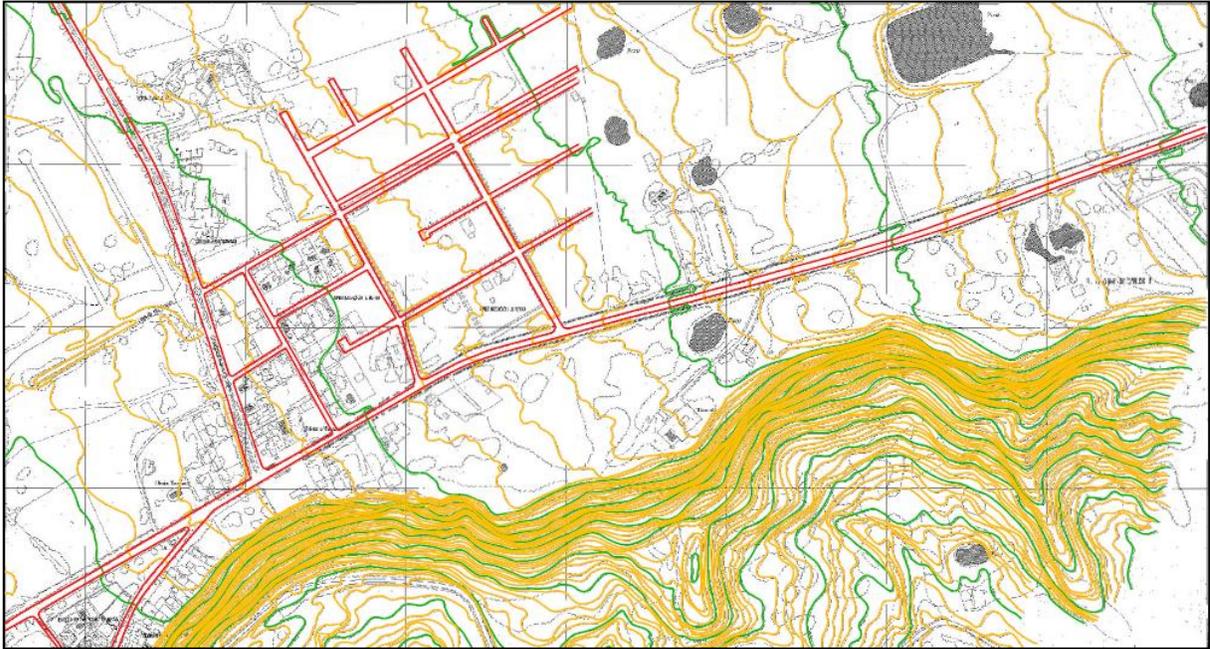


**Figura 14:** Acercamiento del mapa topográfico esc. 1:2000 al área de estudio-  
Municipio de Anapoima.

**Fuente:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

En base al anterior mapa topográfico, se procedió a realizar la georeferenciación de este, con las coordenadas que corresponden al municipio y así empezar con la digitalización de las curvas de nivel, tanto principales como secundarias, para luego generar un modelo de elevación digital en tres dimensiones de la cual se obtiene la superficie del área a mejorar y de esa forma poder diseñar las alternativas de mejoramiento de la movilidad basadas en las modificaciones geométricas de las vías existentes.

En la siguiente figura se muestran las curvas de nivel ya digitalizadas al igual que las vías existentes en color rojo, sobre las cuales se irá a trabajar.



**Figura 15:** digitalización de curvas de nivel y malla vial en el área de estudio.

Con este modelo digital de las curvas de nivel, es posible definir el tipo de terreno característico del tramo en estudio, en este caso el terreno es ondulado, por lo que al momento de mejorar las condiciones geométricas de la vía, no necesitara grandes movimientos de tierras, brindando alineamientos más o menos rectos.

En el municipio de Anapoima, las vías que componen la zona a mejorar geométricamente, están clasificadas en primaria y secundaria, siendo la carrera 5<sup>a</sup> la vía primaria, ya que conecta al municipio con otras cabeceras municipales, y las carrera 2<sup>a</sup> y la calle 12, son vías secundarias, que permiten la comunicación entre sí, de la cabecera municipal, al igual que las demás calles que conforman la malla vial en la zona de estudio.

En este caso, el tramo a mejorar no está compuesto de vías terciarias, pues estas se encuentran ubicadas, en su mayoría, en las veredas del municipio, permitiendo la unión entre las diferentes veredas municipales, mientras que las que se encuentran en el área a tratar, pertenecen a zona urbana, y permiten la transitabilidad hacia cualquier punto dentro del casco urbano.

### **Estado de las vías existentes**

El estado de las vías existentes, en especial las carreras 5<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup>, es relativamente buena, ya que se realizan mantenimientos periódicos y se procura, de igual manera,

efectuar mantenimientos preventivos como la limpieza de las cunetas y la correcta demarcación de señalización horizontal.

En la calle 12, vía secundaria, no cuenta con mantenimiento preventivo, pues se ha descuidado el estado de la estructura de pavimento, por lo que hace 2 años se tuvo que realizar un parcheo, con el fin de reparar los huecos que se encontraban en la vía y que dificultaba el movimiento de los autos, además que no brindaba confort para los turistas que se dirigen a los principales condominios, fincas y al Club Campestre a los cuales se acceden por dicha calle.

Actualmente, se puede transitar con más seguridad, pues la presencia de huecos ha disminuido considerablemente, pero aun falta una buena señalización horizontal, que permita identificar las zonas en las cuales los conductores puedan ceder el paso como las líneas de acceso peatonal que proteja a los estudiantes que deben transitar sobre esta vía para la llegada al colegio departamental.

### **Geometría de las vías existentes**

Haciendo un análisis del diseño geométrico de la vía principal (carrera 5<sup>a</sup>), se pudo reconocer que esta cuenta con una velocidad de diseño apropiada de 80 km/h, pero que se ve interrumpida por taches reductores de velocidad, instalados por la presencia de colegios aledaños a esta vía, lo que hace que los conductores tengan que reducir la velocidad.

Los radios de curvatura usados en esta vía principal, están ajustados a lo establecido por el INVAS, pues en el área de estudio no se ven curvas peligrosas que estén por debajo del radio mínimo para esa velocidad de diseño. Estos radios garantizan una buena visibilidad, además que son tramos con pendientes longitudinales bajas, lo cual permite que el conductor, de cualquier tipo de vehículo, pueda maniobrar con seguridad y con plena visibilidad para adelantar o divisar alguna curva.

En cuanto a las vías secundarias, como la calle 12 y la carrera 2<sup>a</sup>, la velocidad es mucho menor comparada con la vía primaria, pues pertenecen al casco urbano, y al no existir un medio exclusivo de peatones, los conductores deben conducir a una velocidad prudente, entre 30 km/h y máximo 40 km/h, para evitar accidentes que involucren vidas humanas.

Estas vías no garantizan una completa comunicación, entre la zona residencial con la zona comercial, especialmente en épocas de gran demanda turística, como se evidencia en el problema en que se basa el estudio, ya que a la vía principal no se pueden instalar ningún tipo de semáforos o algún otro tipo de señalización vertical que haga detener los vehículos que transitan por allí, razón por la que los vehículos que recorren las vías secundarias deben esperar un tiempo prolongado mientras

disminuye el flujo vehicular en la vía principal o algún agente de tránsito permita su paso.

En cuanto a la accesibilidad que existe en el tramo a mejorar, se puede decir que es baja, pues no contiene los medios necesarios, como puentes peatonales, para el correcto desplazamiento de las personas, sean peatones o usuarios de bicicletas, y mucho menos para personas de la tercera edad o que tengan algún tipo de discapacidad física, lo que provoca situaciones inseguras y sin control alguno.

Cabe mencionar que la modificación en el diseño geométrico de las vías para su respectivo mejoramiento no debe basarse únicamente en resolver conflictos de flujos vehiculares y moto-ciclisticos, sino que debe estar pensada para conectar y garantizar un continuo desplazamiento de peatones y ciclistas, y que de esa manera el sistema funcione igual para todos en cuanto a la transitabilidad.

### **Selección de los posibles sitios para el diseño de intersecciones viales**

Teniendo en cuenta la información recopilada en el marco teórico a cerca de los tipos de intersecciones viales, lo primero que se debe identificar es el tipo de intersección que más se puede adaptar a las condiciones y necesidades de los usuarios. Es por ello que, mediante el análisis de la zona, las características que ofrecen los tipos de intersecciones y la búsqueda de soluciones optimas, se determinó que la mejor opción para realizar el mejoramiento del tramo de vía existente, conformado por la carrera 5ª, la calle 12 y la carrera 2ª, es diseñar una intersección a desnivel, de tal manera que la vía principal no sufra de alguna modificación en un trazado. Además que por ser precisamente una vía principal, no sería viable ni conveniente alzarla o deprimirla, pues resulta más fácil y más seguro tratar de comunicar las vías secundarias por medio de puentes o retornos a desnivel y el correcto diseño de sus conectantes, y así no afectar la velocidad de diseño de la carretera principal, que es la encargada de conducir un mayor flujo de vehículos.

El sitio más conveniente, entonces, para la ubicación de la intersección, es en el punto en el que se conectan las 3 vías, la principal y las dos secundarias, ya que es el punto crítico en el que se generan más conflictos en época de alto tránsito sobre la vía que conduce a Bogotá D.C. Además que es en este lugar donde se debe mejorar la movilidad peatonal y ciclística por la ubicación de establecimientos educativos, zonas residenciales y turísticas, de tal manera que todo se comporte como un conjunto, con un mismo objetivo, que es la comunicación continua y segura de todos los usuarios.

## 4.2. RECOPIACIÓN LOS ESTUDIOS DE LA VÍA EXISTENTE

Entre los estudios previos de la vía se pueden encontrar aquellos que determinan el número de vehículos que transitan la zona de interés, el cual es uno de los factores claves para priorizar y caracterizar a cierto grado, proyectos enfocados en el diseño geométrico de vías o en general de cualquier proyecto vial.

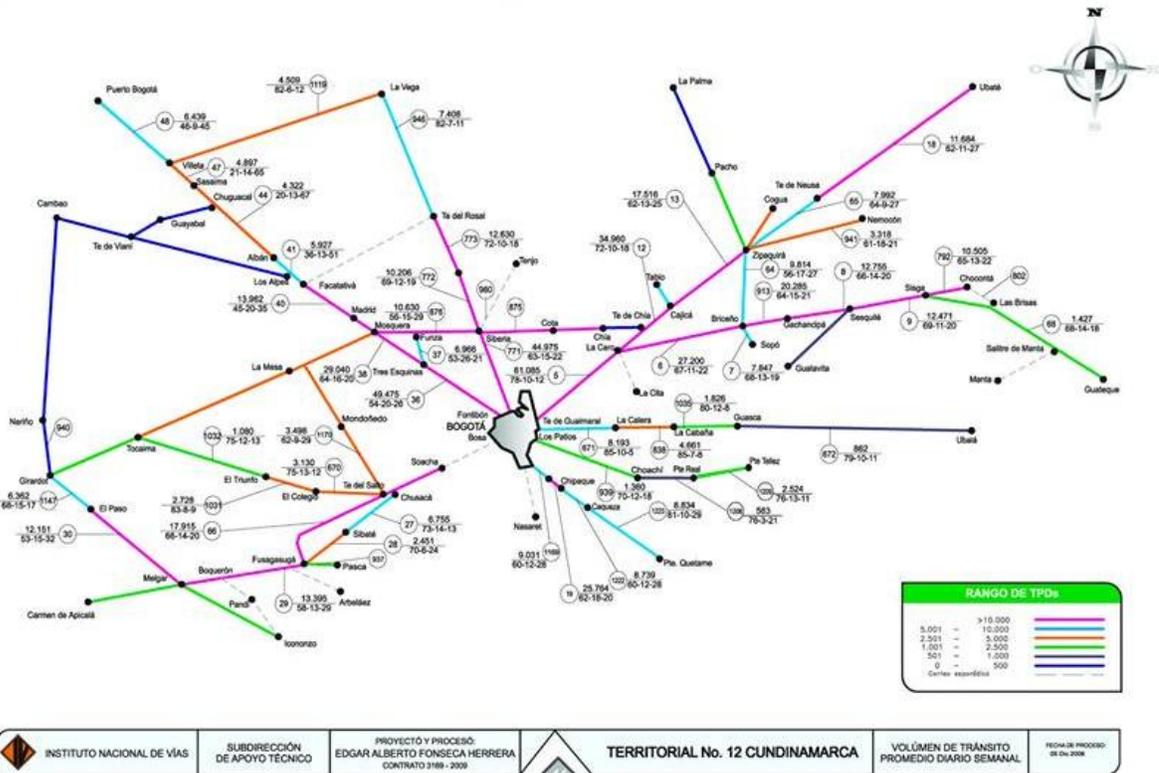
Con respecto a lo mencionado previamente, a continuación se presentan valores del tráfico promedio diario semanal que corresponden al volumen total de vehículos que se llegan a registrar en un punto específico, con el fin de identificar variaciones y tendencias de los volúmenes vehiculares. El análisis de estos valores es útil para diversos aspectos de un proyecto vial, aspectos tales como el diseño del pavimento, la selección de la frecuencia de las etapas de mantenimiento y la determinación del porcentaje de usuarios que tendrá una vía o demanda de la vía.

La siguiente información se obtuvo de la página web del INVIAS, en la cual se encuentran las series históricas del tránsito promedio diario por departamentos, siendo estos valores los correspondientes al departamento de Cundinamarca.

**Tabla 3:** Serie histórica y composición tránsito promedio diario semanal en el departamento de Cundinamarca

ESTAC. No.	SECTOR	FECHA	15-IV	27-II	16-XI	2-V	27-III	27-III	25-XI	2-X		
			1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
		LONG. KM.	TPDS	TPDS	TPDS	TPDS	TPDS	TPDS	TPDS	TPDS	TPDS	TPDS
65	ZIQAQUIRA-TE DEL NEUSA	12	7.767 63-8-29	10.526 71-7-22	7.212 58-13-29	7.084 66-14-20	6.240 63-8-29	7.863 63-10-27	14.154 61-3-36	9.265 60 13 27	9.457 55 14 31	8.862 63 15 22
66	TE DEL SALTO-FUSAGASUGA	43	12.864 69-8-23	16.392 78-7-15	11.122 61-13-26	10.578 59-14-27	10.913 63-9-28	10.585 57-13-30	11.407 59-13-28	11.406 56 16 28	10.805 54 16 30	10.036 51 18 31
68	SISGA-GUATEQUE	45	1.367 68-9-23	1.786 74-9-17	1.376 67-8-25	1.293 67-8-25	1.181 66-10-24	1.052 61-14-25	1.115 65-7-28	1.115 62 13 25	1.087 59 14 27	1.012 59 16 25
70	MOSQUERA-LA MESA	50	4.352 79-8-13	7.393 84-6-10	3.482 77-8-15	3.297 78-9-13	3.326 79-8-13	2.718 76-10-14	3.030 80-4-16	3.174 81 9 10	4.225 79 8 13	3.649 72 10 18
649	ZIQAQUIRA-PACHO	40	2.350 71-7-12	2.690 77-5-18	1.568 67-13-20	1.493 71-7-22	1.323 61-17-22	1.354 64-14-22	1.682 70-7-23	1.781 63 14 23	1.921 56 16 28	1.308 61 17 22
650	PACHO-LA PALMA	56	322 54-14-32	384 66-11-23	305 51-8-41	323 59-12-29	329 53-12-35	284 51-18-31	311 58-11-31	356 61 18 21	357 54 21 25	341 53 21 26
670	TE DEL SALTO-EL COLEGIO	34	2.607 72-10-18	3.987 79-8-13	2.092 70-14-16	2.022 74-12-14	1.864 73-12-15	1.851 74-12-14	1.908 73-8-19	1.948 71 16 13	2.160 69 15 16	2.138 67 17 16
671	LOS PATIOS-LA CALERA	9	6.969 89-2-9	7.652 92-1-7	6.315 92-2-6	5.007 94-2-4	5.947 94-2-4	6.006 93-2-5	6.033 92-2-6	7.425 85 10 5	8.331 84 11 5	7.575 81 12 7
672	GUASCA-UBALA	72	880 74-6-20	887 66-16-18	549 64-16-20	558 65-17-18	493 65-17-18	397 69-8-23	668 64-8-28	460 68 14 18	564 71 13 16	597 66 14 20
692	GUATAVITA-SESQUILE	15	920 71-9-20	1.281 81-7-12	979 72-9-19	1.044 74-10-16	1.018 77-9-14	967 71-14-15	901 71-6-23	1.303 65 20 15	895 65 17 18	898 62 17 21
749	TE DE VIANI-CAMBIO	43	530 58-11-31	648 55-10-35	440 60-13-27	523 54-10-36	523 57-10-33	543 59-19-22	497 53-15-32	629 50 14 36	681 47 11 42	588 45 12 43
752	TOCAIMA-GIRARDOT	29	3.053 72-5-23	3.929 84-4-12	1.720 70-8-22	1.481 73-8-19	2.423 80-6-14	1.123 71-10-19	1.317 74-10-16	1.474 69 13 18	2.177 69 7 24	2.207 64 8 28
753	CAJICA-TABIO	10	6.831 76-3-21	7.669 78-3-19	7.056 75-5-20	6.955 76-5-19	7.241 74-6-20	8.757 75-8-17	8.419 73-9-18	10.050 67 16 17	7.513 69 8 23	7.495 69 8 23
771	PUENTE EL CORTIJO-SIBERIA	4	17.260 80-6-14	21.645 80-8-12	20.182 79-6-15	22.487 70-13-17	24.953 72-14-14	23.240 73-13-14	21.755 75-11-14	29.400 66 17 17	27.821 64 15 21	31.196 66 14 20
772	SIBERIA-LA PUNTA	8	8.638 77-6-17	11.276 79-9-12	8.418 75-9-16	8.381 74-9-17	7.992 69-12-19	8.705 72-11-17	10.483 74-10-16	10.033 72 13 15	10.309 72 13 15	9.427 68 15 17
773	LA PUNTA-T DEL ROSAL	14	7.327 77-7-16	9.224 85-5-10	7.909 70-8-22	9.110 64-12-24	7.171 72-9-19	8.374 69-10-21	8.628 73-7-20	8.913 67 11 22	8.958 71 10 19	8.159 69 12 19
791	LA MESA-TOCAIMA	41	3.175 77-4-19	4.580 87-3-10	2.035 74-9-17	1.702 68-10-22	1.640 75-10-15	1.435 69-13-18	1.827 73-5-22	1.989 76 11 13	2.822 75 8 17	2.706 68 10 22

Fuente - INVIAS



**Figura 16:** Esquema gráficos de volúmenes de tránsito para el departamento de Cundinamarca  
**Fuente – INVIAS**

Como es posible evidenciar en la tabla y esquema presentados previamente, no hay un valor para el tránsito promedio diario semanal específico para el municipio de Anapoima, pero por correlación y para efectos del caso se tomara como referencia los volúmenes del tramo que va del municipio de Tocaima al municipio de la Mesa, con un TPD's de 2706, y se toma este valor porque el trayecto entre Tocaima y La Mesa involucra el paso por el municipio de Anapoima. Dicho tramo se representa con una línea de color naranja en el esquema anterior.

Con base en lo anterior se identifica que el tránsito promedio diario semanal para el municipio de Anapoima con el cual se trabajara será de 2501 a 5000 vehículos, siendo este uno de los tres rangos más altos que se presentan en el departamento de Cundinamarca.

Además de tener presente los datos acerca del tránsito promedio diario, es importante conocer la estructura de pavimento con la que cuentan las vías

actualmente. Por tal motivo se realizó una visita a la oficina de planeación del Municipio de Anapoima, en donde se logró obtener la información requerida. La vía principal fue diseñada y construida por a la concesión de Desarrollo vial de la Sabana DEVISAB, la cual maneja la vía que comunica los municipios de Chía, Mosquera, La Mesa y Girardot. Mientras que las vías secundarias, como la carrera 2ª y la calle 12, son obras realizadas con recursos del Municipio.

Los datos obtenidos de estas vías, según los diseños y cálculos que se tenían en planeación, son los siguientes:

**Tabla 4:** estructura de pavimento vías existentes.

VIA PRINCIPAL		VIAS SECUNDARIAS	
Rodadura asfáltica	0.08 m	Rodadura asfáltica	0.05 m
Base asfáltica	0.15 m	Base asfáltica	0.07 m
Base Granular	0.27 m	Base Granular	0.15 m
Subbase Granular	0.30 m	Subbase Granular	0.26 m
<b>Total estructura</b>	<b>0.80 m</b>	<b>Total estructura</b>	<b>0.53 m</b>

**Fuente:** Oficina Planeación Municipio de Anapoima y DEVISAB.

### 4.3. CONTROLES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

En el proceso para el mejoramiento de la vía existente en el municipio de Anapoima, exactamente sobre la carrera 5ª y 2ª y la calle 12, es importante conocer y aplicar ciertos controles para el diseño geométrico del tramo a mejorar, en lo cual nos apoyaremos en el capítulo 2 del Manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS, en el cual se podrán analizar y comprender aspectos como la velocidad de diseño en las curvas horizontales, verticales y entretangencias; de igual manera se comprenderán parámetros como los tipos de vehículos para conocer los radios de giro y las distancias de visibilidad y adelantamiento, los cuales conforman un conjunto necesario para generar un buen diseño geométrico que satisfaga con las condiciones requeridas por los usuarios.

#### 4.3.1. Velocidad de diseño

Con el fin de ofrecer la máxima seguridad a los usuarios de la vía a mejorar, la velocidad de diseño a lo largo del eje, debe evitar que los conductores sufran de cambios bruscos en el recorrido. Por esta razón es importante identificar tramos homogéneos en cuanto a la topografía, para poder asignar la misma velocidad de diseño ( $V_{TR}$ ).

En la identificación de los tramos homogéneos y poder aplicar su respectiva velocidad de diseño, se deben tener presente los siguientes criterios:

- Para una velocidad de diseño entre 20 y 50 km/h, el tramo de vía debe tener una longitud mínima de 3 kilómetros, y 4 kilómetros de longitud para velocidades entre 60 y 110 km/h.
- La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos adyacentes no puede ser mayor a 20 km/h.
- Si existe un cambio en el tipo de terreno, es necesario establecer una diferencia en la velocidad de diseño con la de los tramos adyacentes no mayor de 10 km/h.

#### 4.3.1.1. Velocidad de Diseño del tramo homogéneo ( $V_{TR}$ )

Para definir la velocidad de diseño en el tramo homogéneo, es necesario conocer el tipo de terreno y la clasificación que tenga la vía. De esa manera, al tramo homogéneo se puede asignar un rango de velocidad de diseño ( $V_{TR}$ ), apoyados en la siguiente tabla:

**Tabla 5:** Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos ( $V_{TR}$ ) en función de la clasificación de la carretera y el tipo de terreno

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	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras.- INVIAS.

#### **4.3.1.2. Velocidad en los elementos del trazado en planta y perfil.**

El principal objetivo a la hora de hacer el diseño geométrico de una vía, es esencialmente, ofrecer seguridad a los conductores, además de brindar un buen estado de estas y suplir con la intensidad del tráfico. Por ello, es necesario dimensionar los elementos geométricos, tales como curvas y entretangencias, tanto en planta como en perfil, de manera que se pueda usar la velocidad máxima de diseño, sin ningún inconveniente en su trayecto.

Esta velocidad máxima se denomina Velocidad Específica, y es con la cual se debe diseñar los elementos de la vía, y depende de lo siguiente:

- De la velocidad de los tramos homogéneos,  $V_{TR}$ , en que se encuentra incluido el elemento.
- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido. Para ello, las Velocidades Específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo, deben ser como mínimo iguales a la velocidad de diseño del tramo ( $V_{TR}$ ) y no superarla en más de 20 km/h.

#### **Velocidad Específica de la curva horizontal ( $V_{CH}$ )**

Para las curvas horizontales, la velocidad específica que se debe atender, debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- $V_{CH}$  no puede ser menor que  $V_{TR}$ , ni superior a ésta en 20 km/h.
- $V_{CH}$  debe ser asignada teniendo en cuenta la  $V_{CH}$  anterior y la longitud del segmento recto anterior.
- La diferencia entre las Velocidades Específicas de la última curva horizontal de un tramo y la primera del siguiente, están en función de la Velocidad de Diseño de los tramos contiguos y de la longitud del segmento recto entre dichas curvas.
- La condición ideal es que todas o casi todas las curvas horizontales tengan como Velocidad Específica ( $V_{CH}$ ) la Velocidad de diseño del Tramo homogéneo ( $V_{TR}$ ).
- Velocidad Específica de la curva vertical ( $V_{CV}$ )

La velocidad específica de una curva vertical ( $V_{CV}$ ), sea convexa o cóncava, permite deducir la máxima velocidad a la que un vehículo puede hacer su recorrido de forma segura y confiable, elegir la longitud y verificar la distancia de visibilidad.

Es importante tener claro que si la curva vertical está localizada dentro de una entretangencia horizontal, la Velocidad Específica de la curva vertical ( $V_{CV}$ ) debe ser igual a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal.

### 4.3.2. Vehículo de diseño

Para poder mejorar una vía, en cuanto su diseño geométrico, es vital el conocimiento de los vehículos que puedan circular por dicha vía, a lo que se llama vehículo de diseño, ya que el trazado a realizar tiene como objetivo la fácil circulación de estos. Por tanto, para la elección del vehículo de diseño se deben tener presente parámetros como la composición del tránsito y por ende las dimensiones que deben mostrar los carriles, las bermas, la sección transversal, los radios mínimos de giro en las intersecciones y los gálibos en caso de puentes.

Los vehículos de diseño pueden ser de dos tipos:

- Vehículos livianos, los cuales tienen capacidad de menos de 5.0 Toneladas. Entre ellos se encuentran los automóviles, camionetas y camperos, y de manera particular, estos influyen en las velocidades máximas y la distancia de visibilidad.
- Los Vehículos pesados, que son los que tienen capacidad de más de 5 toneladas, como buses y vehículos de transporte de carga, e inciden en las pendientes longitudinales y en la longitud crítica de pendiente.

### Dimensiones y trayectorias de giro

Un parámetro fundamental en el diseño geométrico de una vía es el radio de giro, el cual varía dependiendo del tipo de vehículo, pues el ancho de estos es muy diferente, así como la trayectoria de las ruedas, tanto trasera como delantera.

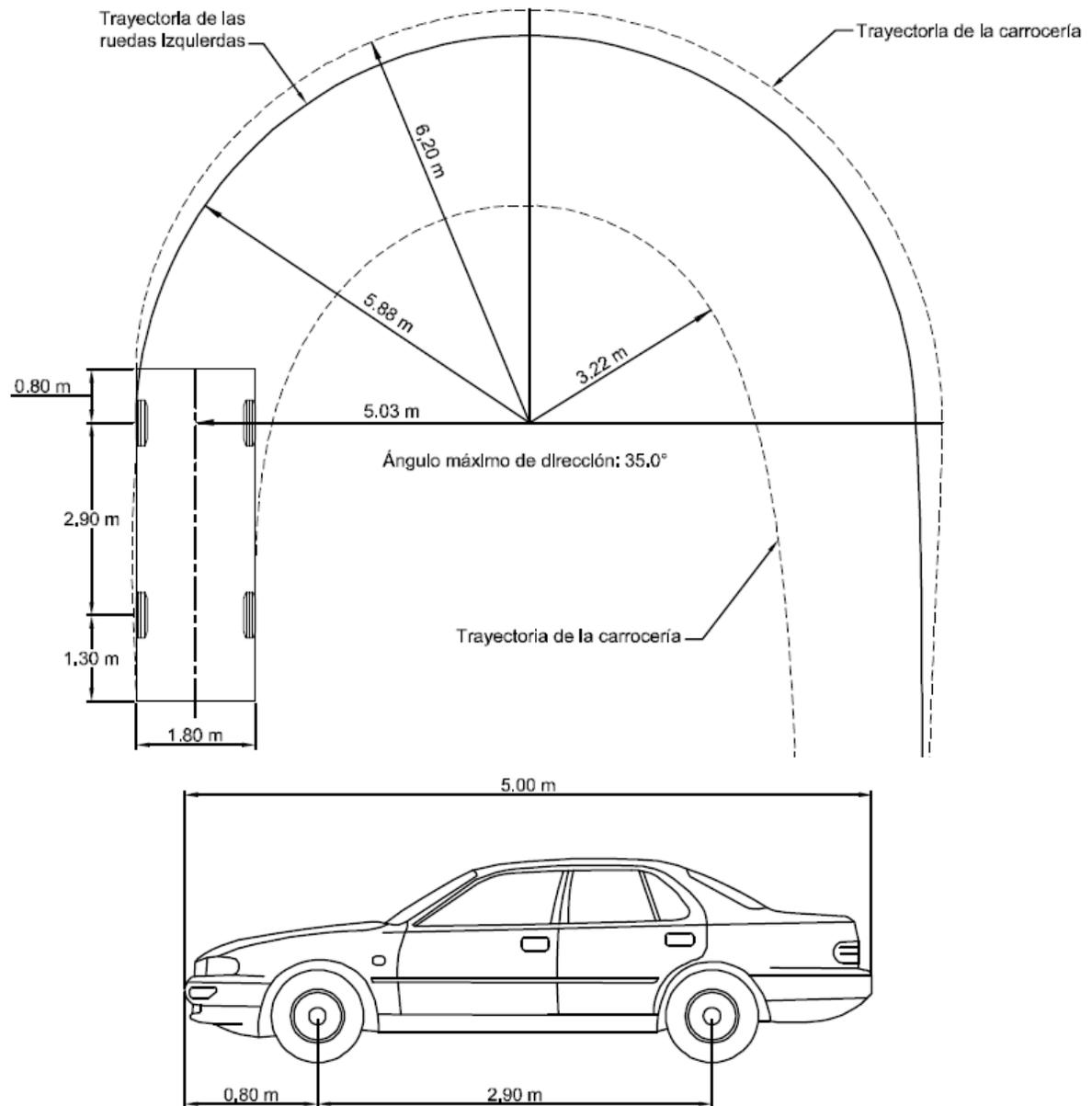
En la siguiente tabla es posible identificar las dimensiones de los vehículos de diseño, las cuales influyen en los radios de giro mínimo a contemplar en el diseño.

**Tabla 6:** Dimensiones principales de los vehículos de diseño.

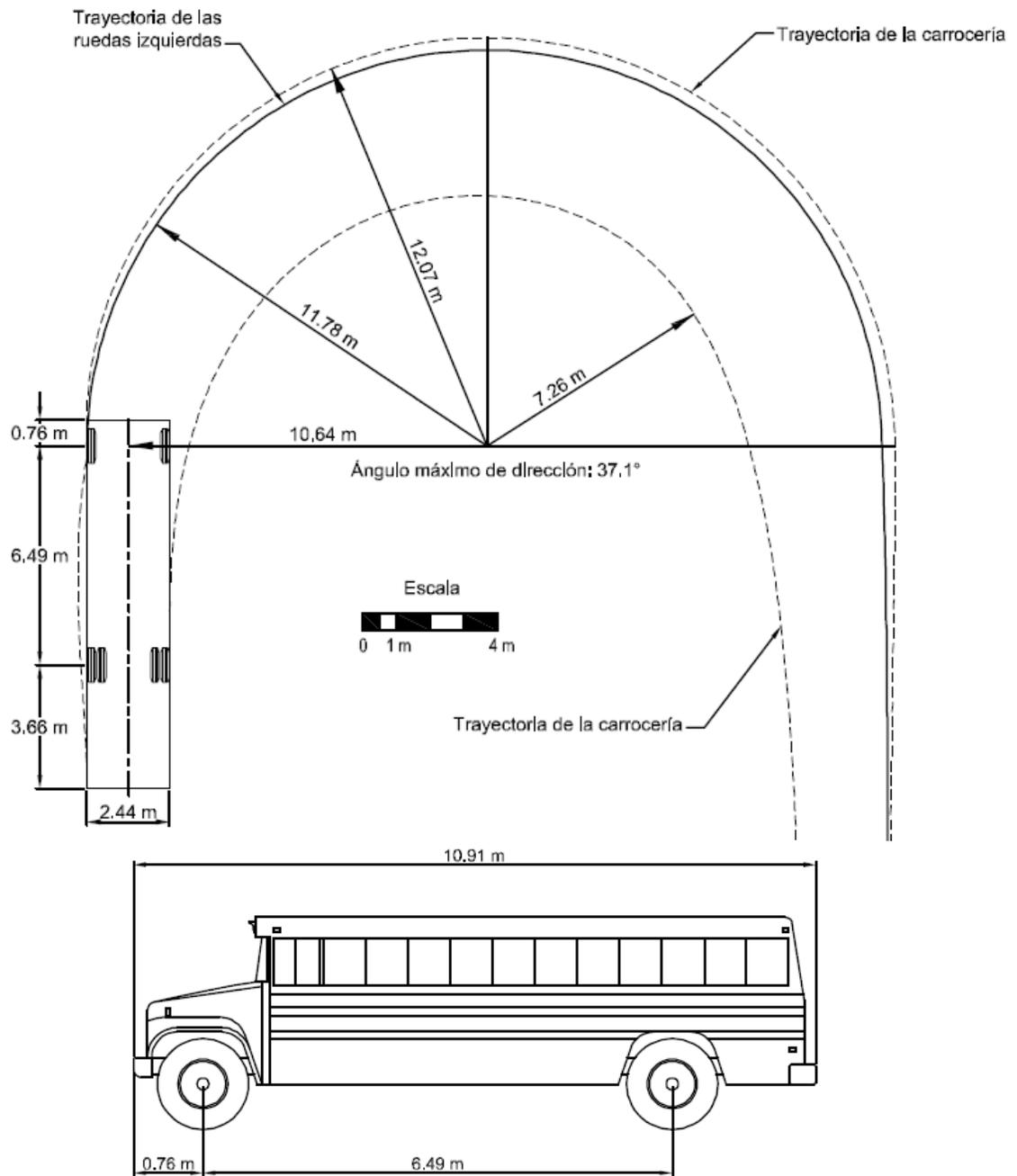
CATEGORÍA	LONGITUD TOTAL (m)	ANCHO (m)
Vehículo liviano	5.00	1.80
Bus mediano	10.91	2.44
Bus grande	13.00	2.60
2	11.00	2.50
3	11.40	2.50
3S2	20.89	2.59

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS.

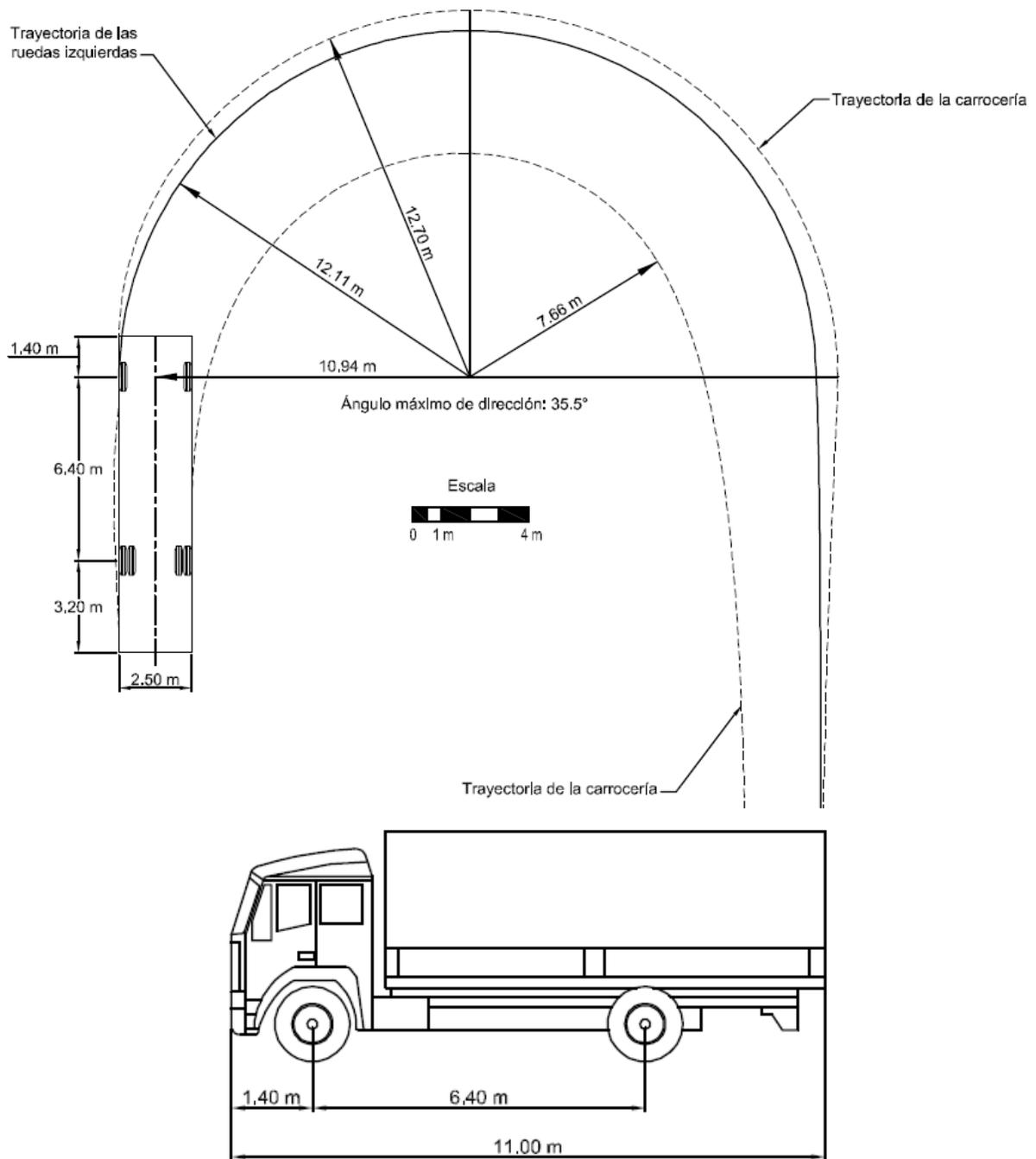
En las siguientes figuras se muestran dimensiones y las trayectorias de giro para los principales vehículos de diseño, que se irán a contemplar en el proyecto de mejoramiento.



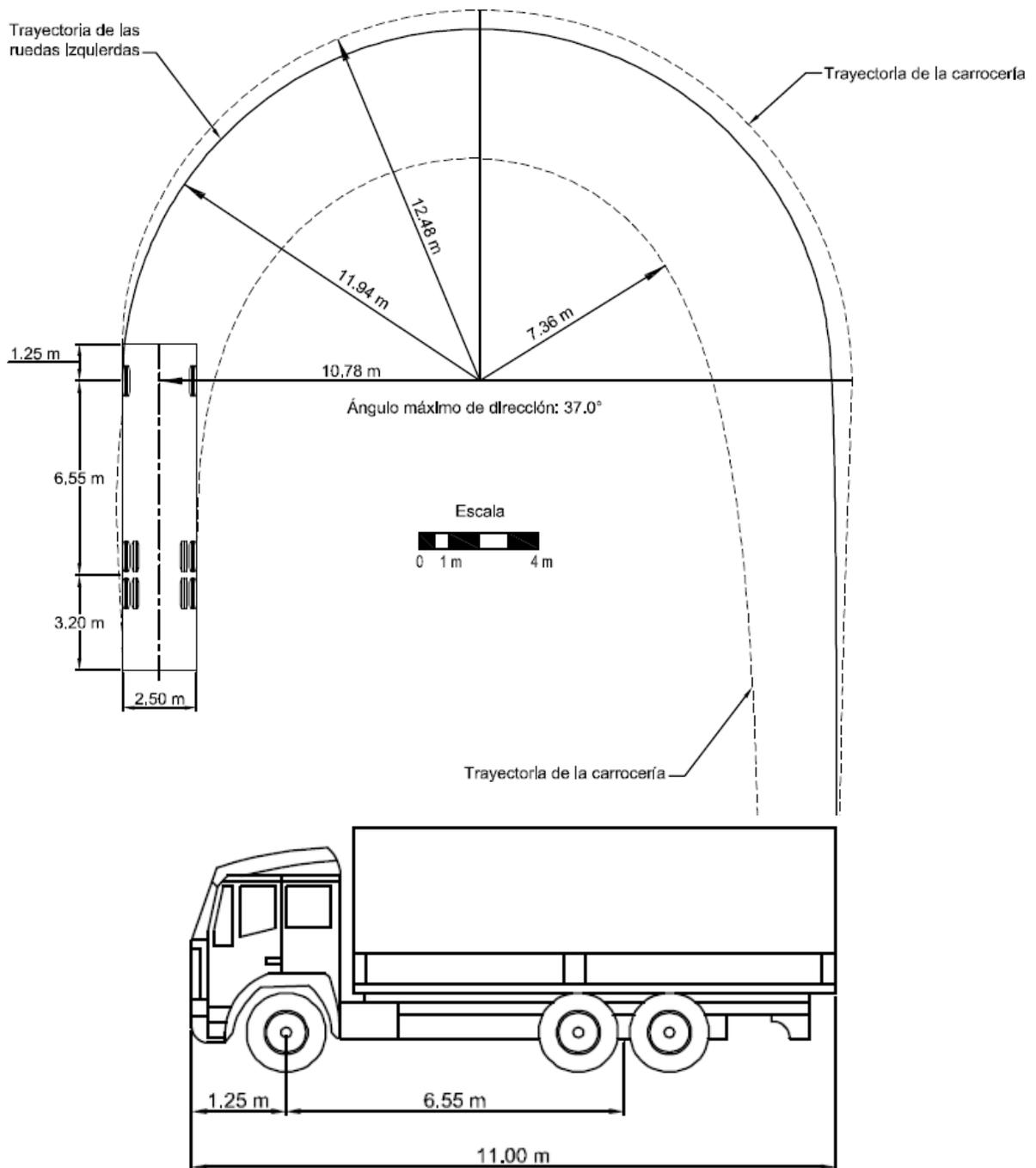
**Figura 17:** Trayectoria de giro de un vehículo liviano  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras - INVIAS



**Figura 18:** Dimensiones y trayectoria de giro de un bus mediano.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras - INVIAS



**Figura 19:** Dimensiones y trayectorias de giro para camión categoría 2.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras - INVIAS



**Figura 20:** Dimensiones y trayectorias de giro para camión categoría 3.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras - INVIAS

### **4.3.3. Distancias de visibilidad**

Lo más importante para un conductor, es poder ver hacia delante de tal manera que su trayectoria sea segura y efectiva, es por ello, que gracias al parámetro de distancia de visibilidad, se logra establecer la longitud mínima requerida, tanto para detener el vehículo, como para adelantarse o maniobrar en presencia de un cruce.

De este modo, encontramos 3 tipos de distancias de visibilidad, como las que siguen:

#### **4.3.3.1. Distancia de visibilidad de parada ( $D_P$ )**

La distancia de visibilidad de parada es usada en el diseño geométrico, para garantizar al conductor, una longitud mínima de recorrido, tal que, ante la presencia de algún obstáculo, este pueda detener el vehículo sin inconvenientes, ni afectar su seguridad.

Para poder saber la longitud necesaria para detener el vehículo, se deben sumar la distancia recorrida durante un tiempo de percepción y reacción, es decir en 2.5 segundos, y la distancia recorrida durante el frenado.

Mediante un estudio realizado por la AASHTO y luego presentado en el Manual de Diseño Geométrico de AASHTO – 2004, se generó una tabla, en la cual se muestran valores recomendados para las distancias mínimas de visibilidad de parada, dependiendo de la velocidad de diseño. Además contemplan en el estudio las pendientes de las rasantes de la vía.

La primer tabla muestra distancias de visibilidad cuando la vía esta a nivel, es decir, la pendiente de la rasante es 0%, pero cuando estas ya poseen pendientes, sean de ascenso o descenso, se deben hacer correcciones a los valores que aporta la primer tabla, a lo que el estudio ha arrojado una segunda tabla con valores para carreteras con pendientes de rasante superiores a tres por ciento (3%), para las distancias de visibilidad de parada.

**Tabla 7:** Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA PERCEPCIÓN-REACCIÓN (m)	DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A NIVEL (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
			CALCULADA (m)	REDONDEADA (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

*Fuente:* Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS.

**Tabla 8:** Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente.

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D <sub>p</sub>					
	DESCENSO			ASCENSO		
	- 3%	- 6%	- 9%	+ 3%	+ 6%	+ 9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

*Fuente:* Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### 4.3.3.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento ( $D_a$ )

Un conductor solo podrá adelantar otro vehículo, cuando la carretera tenga la suficiente distancia de visibilidad de adelantamiento, de tal forma que no interfiera con otro vehículo ni corra algún tipo de peligro para los usuarios de la vía.

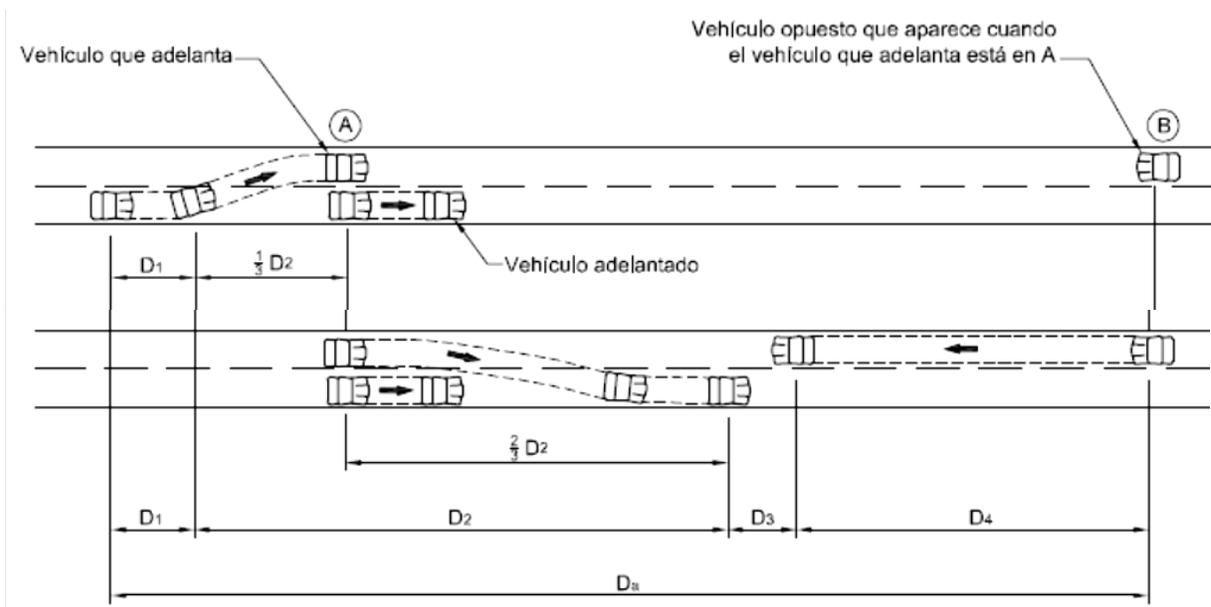
Esta distancia de adelantamiento se considera únicamente para vías de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, y se determina haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Donde:

- $D_a$ : Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.
- $D_1$ : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros.
- $D_2$ : Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros.
- $D_3$ : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta, en metros.
- $D_4$ : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto (estimada en  $2/3$  de  $D_2$ ), en metros.

Estas distancias se aprecian en la siguiente figura:



**Figura 21:** Distancia de visibilidad de adelantamiento.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS.

La siguiente tabla presenta los valores mínimos para la distancia de visibilidad de adelantamiento ( $D_a$ ), calculados a partir de los criterios que se tuvieron en los estudios realizados por la ASSHTO – 2004.

**Tabla 9:** Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles con dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA $V_{ETH}$ (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, $V$ (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO $D_A$ (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20 <sup>1</sup>	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

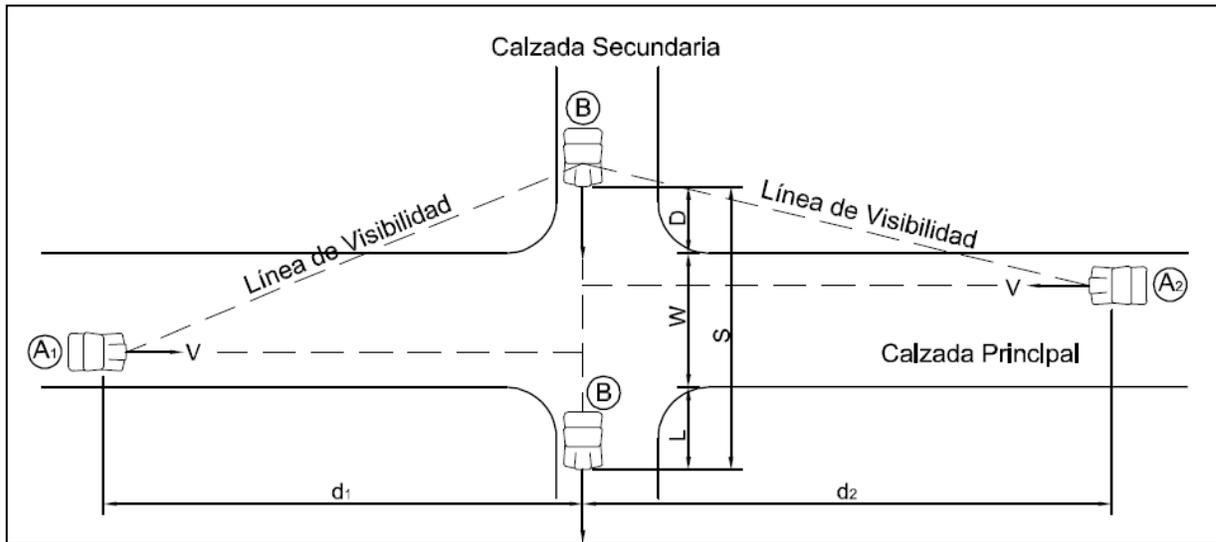
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### 4.3.3.3. Distancia de visibilidad de cruce ( $D_c$ )

Para que exista un correcto movimiento en los cruces, los cuales se dan en las intersecciones a nivel rurales, y evitar una serie de conflictos, es necesario tener la adecuada visibilidad, libre de obstrucciones, requiriendo así una calzada de suficiente longitud para poder efectuar las maniobras apropiadas para evitar accidentes.

Con el fin de evitar accidentes o colisiones, en todas las intersecciones a nivel se debe respetar la mínima distancia de visibilidad, tal que sea continua en las calzadas y las esquinas de estas, que permita que los conductores se puedan ver para maniobrar con tiempo.

En la siguiente figura se muestra el triangulo de visibilidad en los accesos de una intersección:



**Figura 22:** Distancia de visibilidad en intersecciones a nivel.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

La siguiente tabla presenta los valores de las distancias mínimas de visibilidad, para cruzar con seguridad la intersección en ángulo recto, de una calzada principal de ancho de calzada 7.30 m y dos direcciones.

De esta información, para el proyecto son importantes los tipos de vehículo liviano y camión de dos ejes.

**Tabla 10:** Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7.30 m, con dispositivo de control en la calzada secundaria.

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA CALZADA PRINCIPAL km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN $d_1, d_2$		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO L=5.00 m	CAMIÓN DE DOS EJES L=11.00 m	TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIRREMOLQUE DE DOS EJES L=20.89 m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	258
80	160	225	295
90	180	253	332
100	200	281	369

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

## **4.4. CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

El Manual de Diseño Geométrico del Instituto Nacional de Vías contempla criterios de diseño geométrico para alineamientos en planta y perfil, en los capítulos 3 y 4, en los cuales se establecen los radios mínimos de curvatura, transición de peraltes, entretangencias mínimas, con relación a la velocidad de diseño que se desee manejar en el proyecto de mejoramiento.

Igualmente se tendrá en cuenta el capítulo 5 para el diseño de la sección transversal, andenes y/o senderos peatonales, acompañados de la guía de diseño de accesibilidad.

### **4.4.1. Diseño geométrico en planta**

En el diseño horizontal del eje de la vía a mejorar, se deben verificar las condiciones de visibilidad mínimas, teniendo en cuenta para esto la velocidad de diseño, garantizando así, el éxito del diseño en planta y la futura operación de la vía.

Este diseño geométrico en planta parte de designar, con criterios técnicos, la velocidad de diseño en el tramo de estudio. Establecido esto, se procede a diseñar los elementos geométricos en planta, tales como la curvatura del eje y el peralte, garantizando un servicio cómodo a la velocidad de diseño y seguro en la operación.

El alineamiento horizontal debe evitar tramos rectos demasiado largos, pues se vuelven monótonos y se puede correr el riesgo de que los conductores se duerman en el trayecto. Además, en la noche puede aumentar el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto.

Para esta situación donde los alineamientos son muy largos, es recomendable usar ampliar curvas de radios entre 2000 y 10000 metros, lo que implicara que el conductor mantenga despierta su atención con el cambio de dirección suavemente.

#### **4.4.1.1. Peralte máximo ( $e_{máx}$ )**

- En carreteras primarias y secundarias es recomendable usar un peralte máximo del 8%, pues permite que los vehículos pesados, como camiones, los cuales pueden sufrir de volcamientos por tener alto el centro de gravedad, puedan viajar cómodos.
- En cuanto a las vías terciarias, es adecuado el uso de un peralte máximo de 6%, ya que en muchos casos en este tipo de carreteras, es difícil cumplir con las entretangencias.

#### 4.4.1.2. Fricción transversal máxima ( $f_{Tm\acute{a}x}$ )

Numerosos estudios realizados por la AASHTO, permitieron reconocer los factores que influyen en la fricción transversal máxima, como la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y las condiciones de las llantas de los vehículos.

En la siguiente tabla, la ASSTHO presenta los valores de la fricción transversal máxima, contemplando todos los criterios para su estudio. En este caso, la velocidad específica de la vía, permite hallar el valor de la fricción.

**Tabla 11:** coeficiente de fricción transversal máxima.

VELOCIDAD ESPECÍFICA $V_{CH}$ (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA $f_{Tm\acute{a}x}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### 4.4.1.3. Radio de curvatura mínimo ( $R_{Cm\acute{i}n}$ )

El radio mínimo de curvatura es un valor que permite a quien está diseñando, identificar un límite en el cual no debe estar por debajo de este, en casos donde no se puedan aplicar grandes radios y se encuentren mayores restricciones de espacio.

Este radio mínimo se relaciona con la velocidad específica, el peralte y la fricción transversal máxima. Por ello, la siguiente ecuación permite encontrar el radio mínimo, ingresando los parámetros que este involucra.

$$R_{Cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127 * (e_{max} + f_{Tmax})}$$

#### 4.4.1.4. Entretangencia horizontal

En el diseño horizontal, es importante verificar las entretangencias, que permitirán al conductor maniobrar de manera segura y además cumplir correctamente con la transición del peralte.

##### Entretangencia mínima

La entretangencia mínima en un alineamiento horizontal, depende si las curvas van en el mismo sentido u opuesto.

- Para curvas de distinto Sentido: La longitud de entretangencia debe cumplir como mínimo, la distancia en un tiempo de 5 segundos a la menor de las Velocidades Específicas de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.

- Para curvas del mismo sentido: Para el diseño, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo no menor de 15 segundos a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal.

Las curvas de este tipo son indeseables, pues generan inseguridad al conductor. De esta manera se debe procurar reemplazar dos curvas del mismo sentido por una sola curva que las envuelva.

#### **4.4.2. Diseño geométrico en perfil**

El diseño geométrico en perfil de una carretera debe contemplar parámetros o factores que garanticen el buen servicio, tales como las curvas verticales y la definición de las pendientes máximas admisibles, de tal manera que se garantice un buen drenaje y la adecuada operación del proyecto bajo cualquier circunstancia.

La topografía, es un parámetro que sirve como pauta, para establecer las tangentes verticales y la longitud de las curvas. Además, es necesario que la velocidad de diseño, sea la misma, tanto en los elementos verticales, como en planta.

En el diseño de estas curvas verticales, la situación ideal, es lograr conseguir rasantes largas ajustándose a las condiciones del tránsito y a las características del terreno, de manera que no se tengan que realizar mayores movimientos de tierra o la construcción de terraplenes.

##### **4.4.2.1. Tangente vertical**

###### **Pendiente mínima**

La pendiente mínima de la rasante, en sentido longitudinal, se debe tener en cuenta para efectos de drenaje, como el escurrimiento de las aguas lluvia hacia las cunetas, sobre la superficie de rodadura.

La pendiente mínima según el manual de diseño geométrico para carreteras, es de 0.5% preferiblemente y 0.3% para diseño en terreno plano. Ante cualquier caso, es importante conocer la intensidad de lluvias y reconocer las obras de drenaje.

## Pendiente máxima

Para encontrar la pendiente máxima en una curva vertical, se debe considerar la velocidad que llevan los vehículos, teniendo en cuenta la clasificación que tenga la vía a diseñar.

Para identificar ésta pendiente máxima, en el manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS, se presenta una Tabla, en la cual se muestran los valores de las pendientes dependiendo de la velocidad de diseño y el tipo de vía.

**Tabla 12:** Pendiente máxima (%) en función de la velocidad de diseño.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

## Longitud mínima

La longitud mínima es la medida horizontal entre PIV y PIV, y al igual que para las pendientes mínima y máxima, en el Manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS, se establecen los valores para la longitud mínima de la tangente vertical, dependiendo de la velocidad de diseño, como se señala en la siguiente tabla:

**Tabla 13:** Longitud mínima de la tangente vertical

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL $V_{TV}$ (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### **4.4.2.2. Curvas verticales**

En las curvas verticales, los criterios de seguridad, operación y drenaje, deben tenerse en cuenta, ya que garantizan las distancias de visibilidad para el adelantamiento y la identificación de los puntos más bajos para el drenaje.

Las curvas verticales pueden ser de dos tipos: cóncavas y convexas, de las cuales se debe realizar un control de la distancia de visibilidad de parada ( $D_p$ ), que puede ser comprobado mediante el parámetro  $K$ , que se determina mediante la relación  $L/A$  que en otras palabras es la distancia horizontal necesaria para tener un cambio de pendiente de 1% a lo largo de la curva.

En las curvas convexas, se debe garantizar el drenaje adecuado sentido longitudinal, para lo cual la AASHTO – 2004 señala que se debe diseñar la curva con un valor de  $K$  menor o igual a cincuenta (50).

En estas curvas no se recomienda proporcionar distancia de visibilidad de adelantamiento.

En tanto, para las curvas de tipo cóncavas, se debe diseñar bajo las restricciones que se presentan en la noche, de manera que se establezca una longitud mínima del sector de carretera para que este iluminado hacia adelante adecuadamente.

Al igual que en las curvas convexas, la AASHTO – 2004 determina que es necesario diseñar la curva vertical cóncava con un valor de  $K$  menor o igual a cincuenta (50), con el fin de evitar el empozamiento de las aguas superficiales en la batea o en el punto más bajo de la curva.

En el manual de diseño geométrico para carreteras del INVIAS, se encuentra una tabla en la que se identifican los valores mínimos del parámetro  $K$ , tanto para curvas cóncavas como para las convexas, según la velocidad de diseño, acompañadas de la distancia de visibilidad de parada y la longitud mínima de la curva.

**Tabla 14:** Valores mínimos de K para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitud mínima de curva vertical.

VELOCIDAD ESPECÍFICA $V_{cv}$ (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE $K_{min}$				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 <sup>(1)</sup>
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 <sup>(1)</sup>
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### 4.4.3. Diseño de la sección transversal

##### 4.4.3.1. Calzada

La calzada es la destinada para la circulación de los vehículos y puede contener dos o más carriles.

Para definir el ancho de los carriles, la ley 105 de 1993 establece que para la red nacional de carreteras, este ancho debe ser de 3.65 metros.

El manual de diseño geométrico de carreteras se indica el ancho de la calzada dependiendo de la clasificación de la vía, la forma del terreno y la velocidad de diseño.

Dichos valores se observan en la siguiente tabla:

**Tabla 15:** Ancho de calzada (m)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO ( $V_{TR}$ ) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### 4.4.3.2. Sobreancho en las curvas

Según recomendaciones hechas en el Manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS, en vías de dos carriles y dos sentidos, para anchos de calzada en entretangencia mayores de siete metros (7.0 m), no se requiere sobreancho.

Igualmente, el sobreancho estará limitado a curvas de radio menor a 160 m y debe construirse en la parte interior de la curva.

#### 4.4.3.3. Cunetas

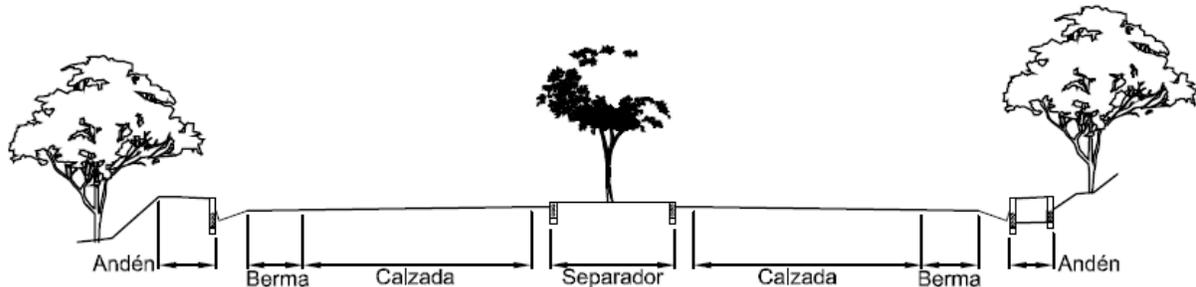
Las cunetas tienen el objetivo de recibir y canalizar las aguas superficiales y de infiltración, las cuales deben contar con un respectivo cálculo hidráulico basado en la intensidad de las lluvias, adaptándose al tipo de carretera y terreno.

En general la pendiente mínima de las cunetas es del 0.5%.

#### 4.4.3.4. Andenes y senderos peatonales

Sabiendo que el ancho requerido para desplazarse sobre un andén, por persona es de 0.75 m, el ancho mínimo del andén debe ser de 1.50 m para garantizar el cruce entre los peatones. Este debe contar con una elevación respecto de la corona de 0.10 a 0.25 m.

La siguiente figura muestra la sección transversal de la vía, incluyendo los andenes:



**Figura 23:** Sección transversal de una vía con andenes.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### 4.4.3.5. Separadores

Los separadores pueden ser zonas verdes o de concreto que sirven para separar los sentidos del flujo vehicular en una calzada. Están constituidas por cunetas interiores para el drenaje de las aguas superficiales.

Estos separadores, de igual menara, son convenientes para la iluminación, ya que sobre estos se colocan los portes de luz que permiten alumbrar el sendero en horas de la noche.

#### 4.4.4. Especificaciones técnicas para el diseño de intersecciones viales

En el diseño de una intersección es importante conocer la topografía de la zona de estudio, al igual que la velocidad de diseño con la que se quiere trabajar. Es por ello que no hay una única solución, si no que cada proyecto varía de acuerdo a las condiciones y necesidades de la población, y allí es donde entra a jugar un papel importante, el criterio y creatividad del ingeniero para desarrollar un correcto diseño, pero cumpliendo los parámetros que establece el manual de diseño geométrico para carreteras del INVIAS y demás especificaciones técnicas, aplicables en Colombia, para que los criterios geométricos básicos se lleven de manera ordenada.

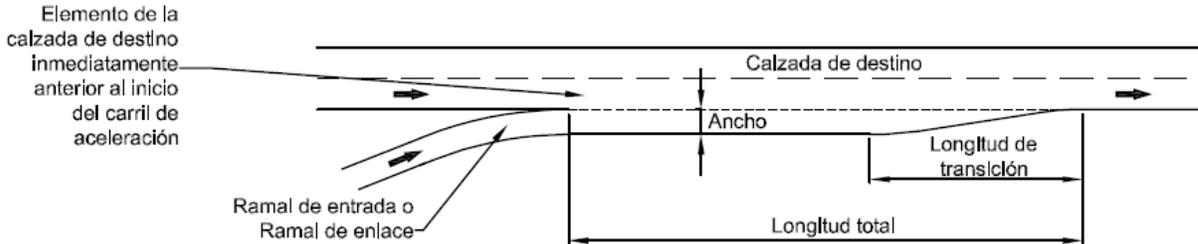
Dentro de los parámetros a tener en cuenta en una intersección, sea a nivel o desnivel, son los carriles de aceleración y desaceleración, los cuales permiten el ingreso o salida de las conectantes en las intersecciones.

##### 4.4.4.1. Carriles de aceleración

Estos carriles se diseñan con el fin de que los vehículos que se vayan a incorporar a la calzada principal, lo puedan hacer con velocidad similar a la que esta lleva.

Es importante que el ancho del carril de aceleración corresponda, como mínimo, al mismo ancho del carril adyacente.

En la siguiente figura se presenta un esquema del carril de aceleración:



**Figura 24:** Esquema de un carril de aceleración  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

De la figura se observa una longitud de transición, que es la distancia mínima que requiere el vehículo para incorporarse a la calzada de destino, y la longitud total.

Los valores de estas longitudes dependen de la velocidad a la que se halla diseñado la calzada de destino y el tipo de carretera, y para ello, el INVIAS en su manual, ha propuesto una tabla, en la cual se pueden encontrar las diferentes longitudes que garantizan un buen desempeño del carril.

**Tabla 16:** Longitud total y de transición para el carril de aceleración, según la velocidad de diseño de la calzada de destino.

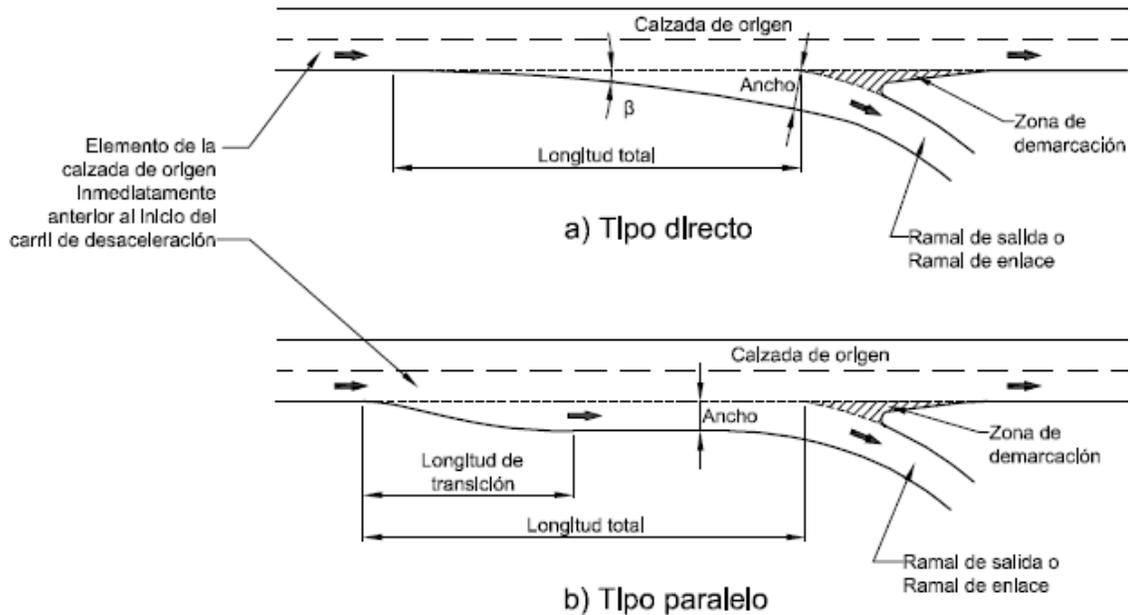
VÍA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO)								
Velocidad específica del ramal de entrada <sup>(1)</sup> o de enlace <sup>(2)</sup> (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Específica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h)	Longitud de la transición (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

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### 4.4.4.2. Carriles de desaceleración

Estos se diseñan para que los vehículos que vayan a ingresar en un ramal de salida o enlace puedan reducir su velocidad hasta alcanzar la de la calzada secundaria. Así como el carril de aceleración, estos deben tener un ancho, como mínimo, igual al carril adyacente.

En la siguiente figura se presentan los dos tipos de carril de desaceleración que se pueden encontrar en el diseño de intersecciones: tipo directo y el tipo paralelo.



**Figura 25:** Esquema básico de carril de desaceleración.  
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

Al igual que para los carriles de aceleración, el INVIAS, en el manual de diseño geométrico de carreteras, ha generado la siguiente tabla, de tal manera que se pueda consultar las longitudes, tanto de transición como la total.

**Tabla 17:** Longitud total y de transición para el carril de desaceleración, según la velocidad de diseño de la calzada de destino

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

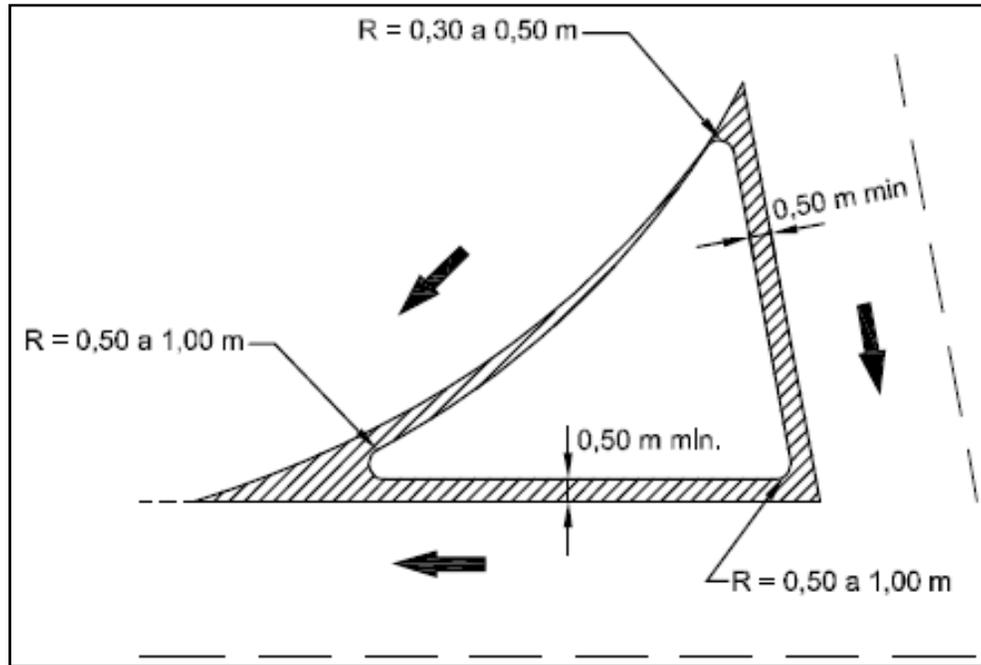
**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

#### 4.4.4.3. Isletas

Estos elementos son diseñados para permitir maniobrar adecuadamente en las intersecciones, las cuales guían el movimiento de los vehículos, permiten además, que los peatones puedan estacionarse y realizar paradas seguras a los vehículos de transporte público, y la instalación de señalización e iluminación.

De esta manera, es posible encontrar isletas, que pueden estar pintadas en el pavimento o bordeando una pequeña área de zona verde, y pueden ser de dos tipos, dependiendo de la función, como las direccionales o las separadoras.

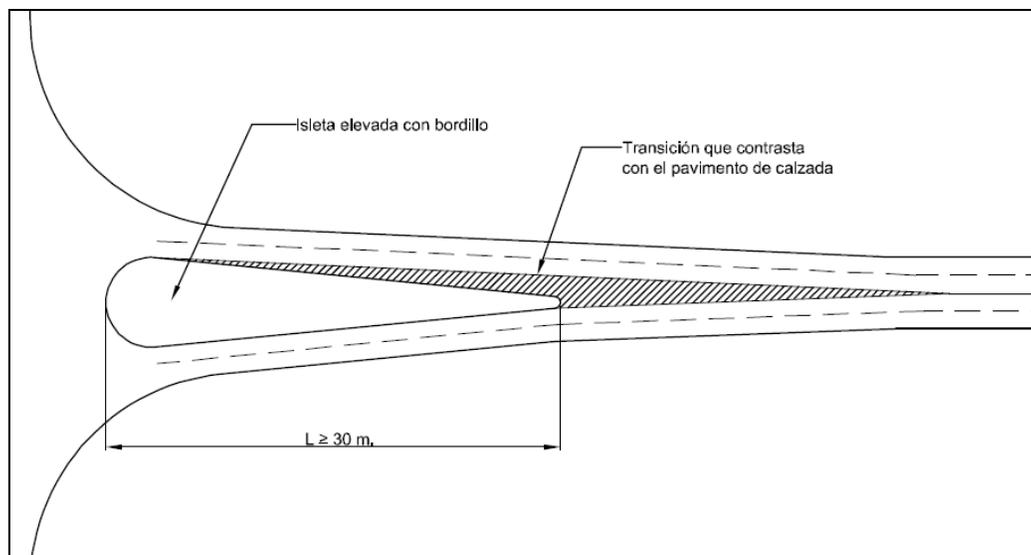
Las isletas direccionales, se identifican por su forma triangular, y tienen como finalidad guiar al conductor a lo largo de la intersección, de manera que sea fácil de identificar la dirección a tomar, como se observa en la siguiente figura:



**Figura 26:** Isleta Direccional

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

Por otro lado, las isletas separadoras, son aquellas con forma de lágrima y son usadas en vías no divididas con intersecciones cerca. La siguiente figura representa este tipo de isletas:



**Figura 27:** Isleta separadora

**Fuente:** Manual de diseño geométrico de carreteras – INVIAS

## 4.5. ESPECIFICACIONES Y CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE ACCESIBILIDAD

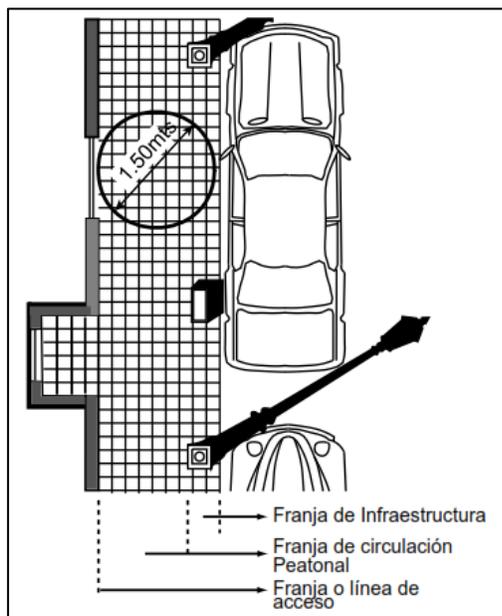
En lo que respecta a los aspectos técnicos referentes a la accesibilidad en Colombia, se encuentra como guía de los parámetros a considerar cuando se diseña elementos referentes al espacio público el manual de accesibilidad al medio físico y al transporte, a continuación se sintetiza su contenido y se mencionan los aspectos relevantes con el tema central de este documento.

### 4.5.1. Accesibilidad en el espacio público

Considerando el objetivo de las autoridades de generar beneficios para la población en general y que el espacio público es el elemento urbano por excelencia porque en él transcurre el desarrollo de la vida colectiva de las personas, la implementación de condiciones de accesibilidad en este se ha catalogado como una acción prioritaria. Teniendo en cuenta lo mencionado previamente se relacionan a continuación varios de los elementos constituyentes del espacio público con los parámetros recomendados para la implementación de la accesibilidad en los mismos.

### 4.5.2. Andenes y senderos peatonales

Los andenes y senderos peatonales son los elementos destinados para la circulación de peatones, estos elementos se componen principalmente de tres franjas como se evidencia en el siguiente esquema.



**Figura 28:** Esquema de andenes y senderos peatonales  
**Fuente** - Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

- **Franja de acceso:** En ella se dan los accesos a las edificaciones, por ende se encuentran sobre el costado de las mismas, su ancho varía en función de la alineación de las edificaciones.
- **Franja de circulación:** Esta franja debe estar libre de cualquier obstáculo, su ancho mínimo continuo debe ser de 1,20 metros, se recomienda usar una franja guía a lo largo de su longitud con un ancho mínimo de 50 cm, de diferente textura y color. En caso tal de que existan obstáculos inamovibles en esta franja, deben colocarse señales táctiles con colores contrastantes para advertir su presencia a personas invidentes y con baja visión.
- **Franja de equipamiento:** En esta se ubican los elementos de mobiliario urbano y las instalaciones como postes, iluminación, semáforos, entre otros.

La dimensión de los andenes y senderos peatonales dependerá directamente del espacio disponible para la construcción o en su defecto la adecuación de estos, y a la frecuencia de circulación peatonal proyectada. La pendiente de estos elementos debe ser inferior a 4%, mientras que la pendiente transversal en dirección a la calzada o zona desagüe de los mismos debe oscilar entre 1% y 2%.

Para casos excepcionales en los cuales la pendiente supere un 4% por motivos topográficos se trabajara con tramos con cierta longitud máxima, en la siguiente tabla se relaciona el rango de pendientes con la longitud máxima de tramos recomendada.

**Tabla 18:** Longitud máxima de tramos

Rango pendiente	Longitud máxima de tramos
4.1% - 6%	16 m
6.1% - 8%	10 m
8.1% - 10%	5 m
10.1% - 12%	3 m

**Fuente:** Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

Si el recorrido supera la longitud máxima recomendada que se presentaron en la tabla anterior, se debe construir descansos de 1.20 metros de longitud, como mínimo. En caso tal que la topografía presente pendientes mayores a la ya mencionadas previamente se utilizaran sendas o andenes escalonadas, manejando dimensiones límite de 1.5 metros de longitud mínima, 12 cm como altura máxima de contrahuella y un radio mínimo de redondeo de la arista hulla - contrahuella de 8 cm.

Si la diferencia de nivel entre el andén y el entorno supere los 15 cm o por motivos de seguridad se convenga aislar la vía peatonal, se debe construir bordillos macizos

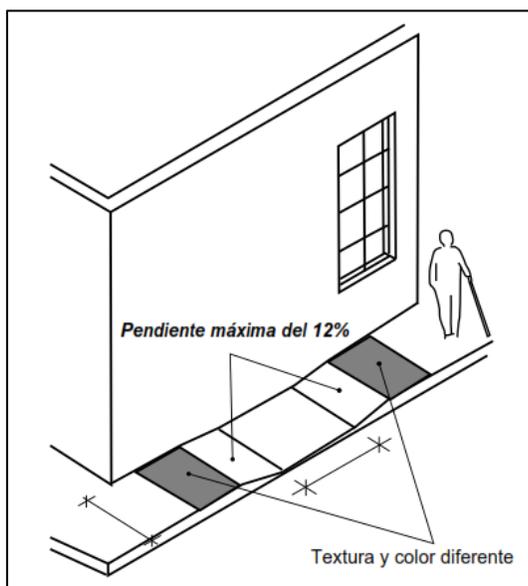
entre 14 y 15 cm o barandas metálicas en material sólido entre los 15 cm a los 45 cm, los bordillos o barandas deben ser delimitados con cambios de textura y color.

Con respecto a los elementos de identificación, nomenclatura y señalización de los edificios o en su defecto del espacio público no deben intervenir con los espacios de recorrido o cruce peatonal

### 4.5.3. Vados

La función de los vados es eliminar la diferencia de nivel entre la calzada y los andenes y en general las existentes durante el recorrido peatonal, estos elementos deben ser de un material con una textura y color que permitan su diferenciación. Los vados se clasifican en dos categorías, los peatonales y los vehiculares.

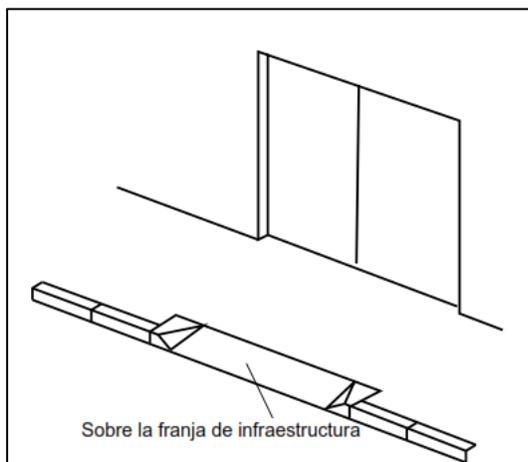
En el caso específico de los vados peatonales deben manejarse pendientes máximas longitudinales de 12% y transversales de 2%, mientras que el desnivel entre la calzada y el vado no debe superar los 2 cm, la dimensión del ancho de estos vados debe ser la misma que el ancho de la franja de circulación y por ende estos dos elementos deben estar alineados entre sí, cuando el ancho del andén o sendero sea menor o igual a 1.2 m, se recomienda que se nivele la esquina con la calzada, llegado el caso que por las condiciones existentes no sea posible desarrollar un vado en el sentido transversal, se debe construir un vado longitudinal como se ilustra en la siguiente figura.



**Figura 29:** Vado longitudinal.

**Fuente** - Manual: Accesibilidad al medio físico y al transporte

Los vados vehiculares se implementan cuando un acceso vehicular a alguna edificación atraviesa áreas de circulación peatonal, con el propósito de mantener el nivel de estas áreas; cabe mencionar que estos vados deben ubicarse en la franja de infraestructuras.



**Figura 30:** Vado vehicular.

**Fuente** - Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

#### 4.5.4. Escaleras, rampas y rampas escalonadas

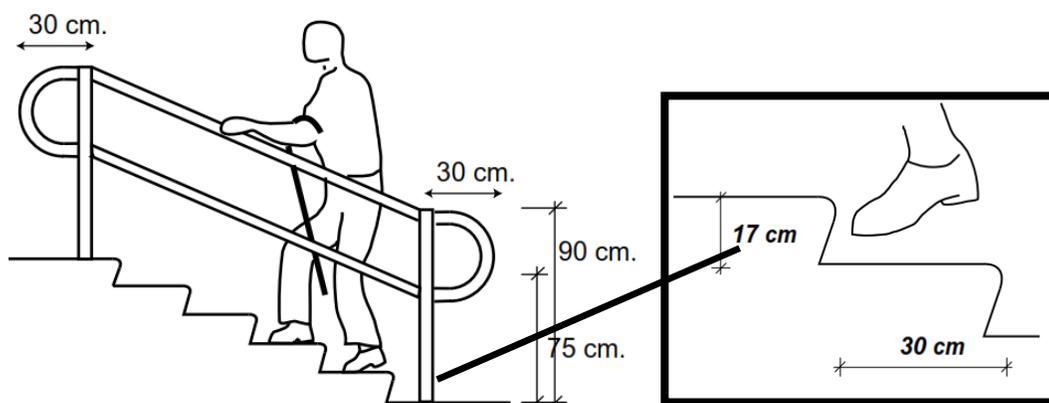
La implementación de elementos como escaleras, rampas o rampas escalonadas se realiza con el propósito de disminuir los inconvenientes relacionados con los cambios de nivel en el espacio público y por ende facilitar el acceso de personas en condición de discapacidad. La construcción de estos elementos preferiblemente debe desarrollarse de manera conjunta, debido a que pese a que las rampas son ideales para personas que por ejemplo usen silla de ruedas, estas representan un recorrido prolongado para ancianos o para aquellas personas que usen muletas o bastón, para quienes es preferible el uso de escaleras. Entre las características constructivas generales de escaleras, rampas y rampas escalonadas se debe considerar que la superficie del piso debe ser antideslizante, firme y no tener sobresaltos, además para advertir su presencia a invidentes y personas con baja visión, en la zona próxima al inicio y final de las mismas debe colocarse una franja de textura y color diferente.

En toda escalera, rampa o rampa escalonada se debe instalar pasamanos a ambos lados y a dos alturas respecto al nivel del piso (75 cm y 90 cm), los cuales deben prolongarse 30 cm al inicio y final de las mismas, si el ancho de estas supera 3.50 m y el tráfico peatonal es alto, debe colocarse pasamanos intermedios como mínimo cada 1.8 m. Cabe mencionar que los pasamanos deben ser continuos; su anclaje debe realizarse por la parte inferior al muro para no interferir con el agarre de los mismos.

#### 4.5.4.1. Escaleras

Son dos los tipos de escaleras a los cuales se referencian parámetros de accesibilidad.

Las escaleras de huella y contrahuella simple: Para este tipo de escaleras las dimensiones recomendadas son un ancho mayor o igual a 1.2 m, una huella mínima de 30cm y una altura de contrahuella máxima de 17 cm. En la siguiente figura se esquematizan las dimensiones mencionadas anteriormente.

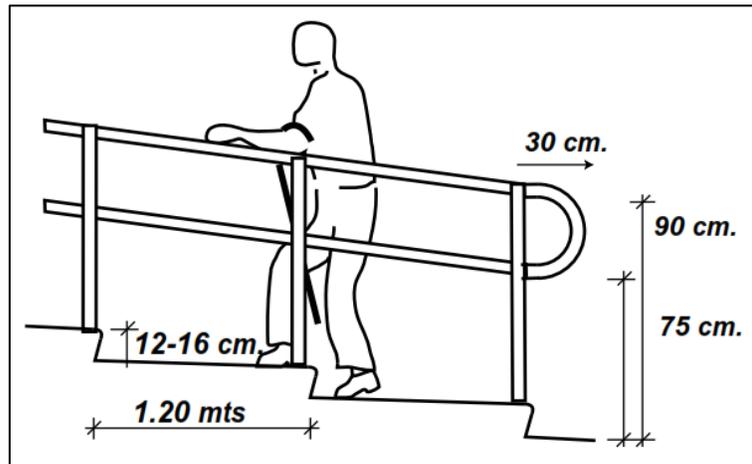


**Figura 31:** Esquema de las escaleras de huella y contrahuella simples

**Fuente** - Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

Se permiten 14 escalones por cada tramo de escalera de huella y contrahuella simples, para cada uno de estos tramos, se deberá advertir su inicio y final mediante la diferenciación de texturas y color en el material a emplearse, además se usaran descansos de 1.2 m de longitud como mínimo entre dichos tramos. Es preciso establecer que se deben evitar en lo posible el uso de escalones aislados.

Las escaleras de contrahuella simple y huellas amplias: La implementación de este tipo de escaleras se justifica si por condiciones topográficas o de espacio son la única solución factible para salvar cambios de nivel. Respecto a las dimensiones de esta escaleras, se deben diseñar escaleras con una ancho mayor o igual a 1.2 m, contrahuella que oscile entre el rango de 12 cm a 16 cm y una huella mínima de 1.2 m.



**Figura 32:** Esquema de una escalera de contrahuella simple y huella amplia  
**Fuente -** Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

#### 4.5.4.2. Rampas

En lo que respecta a las rampas se consideran los siguientes parámetros de diseño accesible:

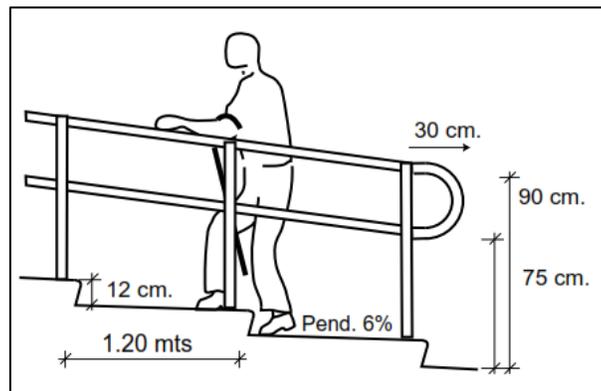
- El ancho de la rampa es función de la circulación peatonal, pero este debe de ser de mínimo 1.2 m.
- El radio de giro de la rampa deberá ser mayor o igual a 1.2 m.
- La longitud máxima que puede tener un tramo de rampa se define en función de la pendiente longitudinal de la misma, los rangos de pendientes y las longitudes que se aplican para las rampas son los mismos que los usados para andenes y senderos peatonales, los cuales se presentaron en la Tabla 18: Longitud máxima de tramos.
- Si llegado el caso, los recorridos superan la longitud máxima recomendada en el numeral anterior, se deben respetar dichos límites máximos y disponer descansos de mínimo 1.2 m de longitud, con una pendiente máxima de 4% y con el mismo ancho de la rampa.
- Los valores de la pendiente transversal de la rampa deben oscilar entre 1% a 2%.
- A lo largo de toda la rampa se debe construir un bordillo en los costados libres de 10 cm de altura como mínimo.



**Figura 33:** Esquema de una rampa  
**Fuente** - Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

#### 4.5.4.3. Rampas escalonadas

Cuando las condiciones del terreno o del espacio no permiten la construcción de una rampa con la pendiente adecuada, pueden implementarse las rampas escalonadas. Para este tipo de rampas se maneja una huella con longitud mínima de 1.2 m y una pendiente máxima de 6 %, una altura máxima de contrahuella de 12 cm, y la arista huella contrahuella debe estar redondeada con un radio de 8 cm como mínimo.

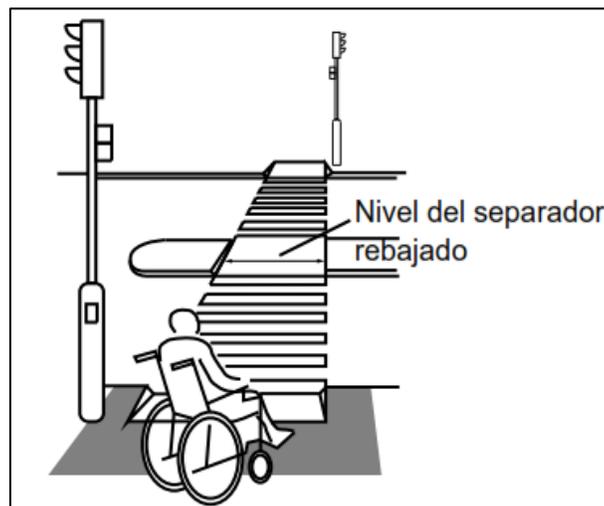


**Figura 34:** Esquema de una rampa escalonada  
**Fuente** - Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

#### 4.5.5. Cruces peatonales

Existen dos tipos de cruces peatonales, los cruces a nivel y los cruces a desnivel. Los cruces peatonales a nivel como el que se muestra en la Figura 35, se deben caracterizar por tener una demarcación mediante cebras, la cual permitirá su fácil

identificación, por otra parte, si llegan a existir diferencias de nivel entre separadores o andenes y la calzada, es primordial ya sea implementar el uso de elementos como los vados o en su defecto bajar el nivel de separadores o andenes al de la calzada, también es recomendable el uso de semáforos con dispositivos acústicos.



**Figura 35:** Esquema de un cruce peatonal a nivel  
**Fuente** - Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

Por otra parte se denominan como cruces peatonales a desnivel a los puentes y pasos peatonales subterráneos, mediante los cuales se pueden vencer barreras vehiculares de alta velocidad o elementos naturales como ríos; estos elementos deben identificarse por medio de cambios de textura en el piso y para que su funcionamiento sea óptimo, se debe conducir claramente el tráfico peatonal de los recorridos del espacio público cercanos hacia estos.

Las rampas y escaleras deben tener un ancho igual a la del recorrido del cruce peatonal a desnivel, pero este no debe tener un valor menor a 1.90 metros, si llegado el caso se utilizaran ascensores con el fin de salvar diferencias de nivel, estos deberán cumplir con los parámetros de accesibilidad para los ascensores en los edificios públicos. A continuación, en la Tabla 19: Cruces peatonales a desnivel, se presentan varios parámetros a considerar referentes a los cruces peatonales a desnivel.

**Tabla 19:** Cruces peatonales a desnivel

Túneles	Puentes peatonales
<ul style="list-style-type: none"><li>La altura libre entre el techo y el piso debe de ser de mínimo 2,20 m.</li><li>Se debe contar con una iluminación adecuada para la orientación y desplazamiento de los peatones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Uso de sistemas de desagüe.</li><li>El valor de la pendiente transversal a lo largo del puente debe ser mayor al 1% pero menor al 2%.</li><li>Se deben instalar pasamanos a ambos lados del puente, los cuales cumplan con los parámetros de accesibilidad de dichos elementos.</li><li>Debe construirse un bordillo de 10 cm como mínimo de altura.</li></ul>

**Fuente** - Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

#### 4.5.6. Equipamiento urbano

Como se ha mencionado previamente las instalaciones, el mobiliario urbano y en general cualquier elemento que corresponda al equipamiento urbano debe ubicarse o instalarse en la franja de equipamiento de los andenes o senderos peatonales. Cabe mencionarse también que cuando se instala un elemento en el espacio público, para asegurar con cierto grado de certeza que su uso será el adecuado, se debe verificar que este cumpla con características de unidad, seguridad e identidad.

Existen indicaciones de cómo debe desarrollarse la instalación del equipamiento urbano en relación con el ancho libre de la franja de circulación peatonal, como se presenta a continuación.

**Tabla 20:** Parámetros para la instalación de equipamiento urbano

Ancho libre de la franja de circulación peatonal	Parámetros a considerar
1.2 m – 1.8 m	La instalación del equipamiento urbano debe realizarse en el borde exterior del anden
Menor a 1.2 m	Solo se permitirá la instalación del equipamiento urbano estrictamente necesario (semaforización, iluminación y señalización).
1.2 m – 1.5 m	Los elementos que se instalen deberán disponerse de tal forma que su lado más ancho este en el

**Fuente:** Manual: accesibilidad al medio físico y al transporte

## 4.6. DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO

### 4.6.1. Alternativa 1

#### 4.6.1.1. Diseño en planta

En esta alternativa se plantearon dos retornos principales que van en deprimido de manera que la vía principal no se vea interrumpida en ningún momento por algún tipo de semaforización o cruces que afecten la velocidad de diseño que esta maneje. Además de estos retornos, el mejoramiento de la movilidad se acompaña de retornos en U, ubicados estratégicamente tal que todos los giros puedan realizarse sin problema alguno, sin interrumpir el flujo en algún sentido.

También se cuenta con las respectivas conectantes y los correspondientes carriles de aceleración y desaceleración. De esta manera se pretende que todo el sistema funcione correctamente y brinde continuidad y movilidad en todo momento a los usuarios, estén o no en temporada alta, puentes o festividades.

En cuanto al diseño en planta, se tienen todos los alineamientos horizontales que se plantearon, de los cuales se explicarán cada uno de los aspectos y especificaciones técnicas usadas para el desarrollo del diseño.

En la vía principal, la carrera 5ª, se realizaron dos alineamientos siguiendo la geometría de las vía actual, uno por cada sentido, con una longitud de trayectoria de 1300 metros y una velocidad de diseño de 80 Km/h. De esta manera se nombraron los alineamientos AV N-S y AV S-N compuestos por dos radios de curvatura, uno de 302 metros y otro de 811 metros, los cuales cumplen satisfactoriamente con lo mínimo requerido para la velocidad que se desea manejar, ayudados de la ecuación que se mostraba anteriormente para el cálculo del radio de curvatura mínimo:

$$R_{Cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127 * (e_{max} + f_{Tmax})}$$

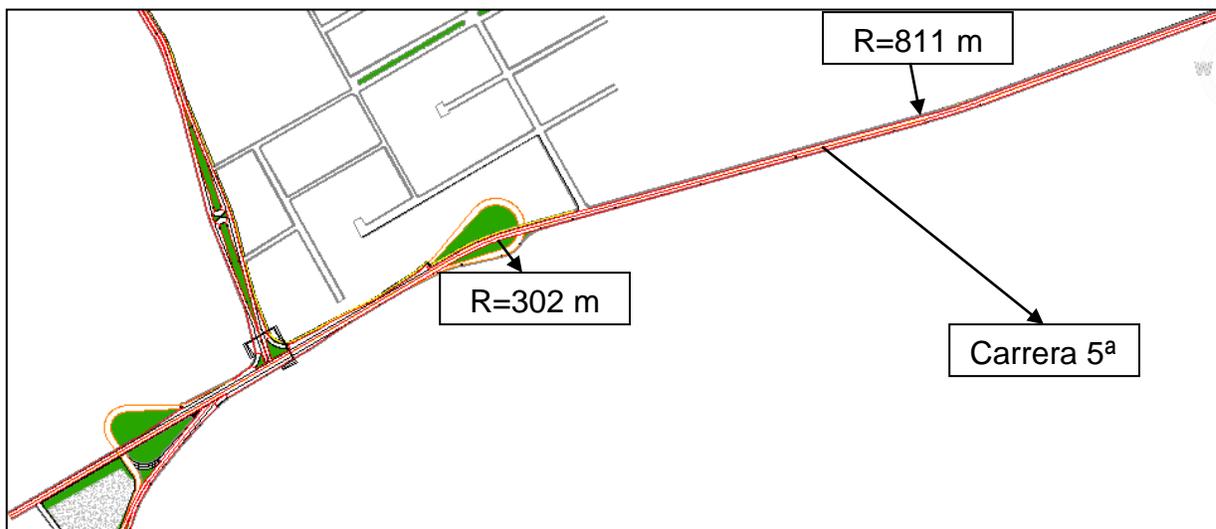
Para este caso, la vía principal tendrá un peralte máximo del 8% y un coeficiente de fricción transversal máximo de 0.14 que depende de la velocidad de diseño, obtenido de la tabla 11.

Reemplazando estos valores en la ecuación anterior, se tiene que el radio mínimo debe ser de 229 metros, y comparado con los radios de curvatura utilizados en los alineamientos de la vía principal, se comprueba que son los óptimos y van a

garantizar el desarrollo de la velocidad de diseño, sin ningún problema y para todo tipo de vehículo.

$$R_{Cmin} = \frac{(80 \text{ km/h})^2}{127 * (0.08 + 0.14)} = 229 \text{ m}$$

En la siguiente imagen se observa como el alineamiento correspondiente a la carrera 5ª es casi recto en su trayectoria, gracias a la implementación de radios de curvatura amplios, con más de 70 metros de lo mínimo requerido para la velocidad deseada, lo cual favorece a la transición del peralte y a una mayor seguridad del conductor.



**Figura 36:** Visualización trayectoria vía principal – carrera 5ª. Alternativa 1.

La siguiente tabla pertenece al alineamiento de la carrera 5ª, en ella se muestran las longitudes de las líneas que hay entre curva y curva, es decir que nos va a permitir conocer los valores de las entretangencias y así determinar si se cumplieron.

Es de notar que estas curvas van en distinto sentido, y por ello la entretangencia no debe ser menor a la longitud recorrida en un tiempo de 5 segundos a la velocidad de diseño.

Así, para una velocidad de 80 km/h la entretangencia mínima debe ser de 111 metros, y como se puede ver en la tabla, efectivamente se están cumpliendo las entretangencias exigidas para garantizar una distancia de visibilidad de adelantamiento.

**Tabla 21:** Alineamiento carrera 5ª – Entretangencias. Alternativa 1.

Line Table: Alignments				
Line #	Length	Direction	Start Point	End Point
L1	619.93	S59° 48' 03.12"W	(950039.00,995740.70)	(949503.21,995428.87)
L2	517.70	S74° 33' 27.43"W	(950609.03,995908.43)	(950110.02,995770.58)

Los anchos de carril en esta vía se ajustan a lo establecido por la ley 105 de 1993, la cual establece que deben ser de 3.65 metros, para un ancho total de calzada de 7.30 metros.

Siguiendo con el diseño en planta, se tienen los alineamientos correspondientes a la calle 12, los cuales se nombraron como VíaA en dirección E-W y W-E, y cuentan con una longitud de 428.6m metros y velocidad de diseño de 40 km/h, en la cual se encuentran 4 curvas circulares, con radios de curvatura de 47m, 138 m, 47 m, 118 m, en ambos sentidos, los cuales cumplen con lo mínimo requerido, como se puede comprobar, reemplazando en la ecuación para el cálculo de radio de curvatura, conociendo que el peralte máximo en este caso será del 4%, usado para vías urbanas, y el coeficiente de fricción transversal máximo es, según la tabla 11, de 0.23.

$$R_{cmin} = \frac{(40 \text{ km/h})^2}{127 * (0.04 + 0.23)} = \mathbf{47 \text{ m}}$$

Como se ve en el cálculo, el radio de curvatura mínimo es de 47 metros, por lo que en estos alineamientos se cumplen cabalmente con los requerimientos y los vehículos van a poder transitar con seguridad, sin peligro de volcamientos.



**Figura 37:** Alineamientos de la calle 12. - Alternativa 1.

La anterior figura se enmarca en la calle 12, y se aprecia que los radios de curvatura utilizados garantizan un buen desarrollo de transición, pues los vehículos no deben maniobrar con ningún riesgo.

Los anchos de carril, al igual que para la vía principal, son de 3.65 metros, con el fin de garantizar un espacio justo para el movimiento seguro de los vehículos.

En cuanto a las entretangencias, las curvas van en distinto sentido, por lo que esta distancia debe ser menor a la recorrida en 5 segundos para una velocidad de diseño de 40 km/h, con lo que se tiene que la entretangencia mínima debe ser de 56 metros.

En la siguiente tabla se muestra los valores de las entretangencias, con lo que es posible demostrar que las exigencias mínimas se superan en más de 75 metros, dándoles a los conductores una distancia suficiente para la visibilidad para el adelantamiento y poder maniobrar a tiempo ante cualquier situación de peligro.

**Tabla 22:** Entretangencias calle 12. - Alternativa 1.

Line Table: Alignments				
Line #	Length	Direction	Start Point	End Point
L4	39.43	N18° 20' 45.74"W	(949817.98,995614.15)	(949805.57,995651.58)
L5	133.56	N14° 45' 53.31"W	(949804.73,995654.39)	(949770.69,995783.54)
L6	133.45	N21° 55' 48.02"W	(949765.26,995799.93)	(949715.42,995923.73)
L8	263.39	N31° 01' 22.76"W	(949684.05,996008.89)	(949548.30,996234.60)

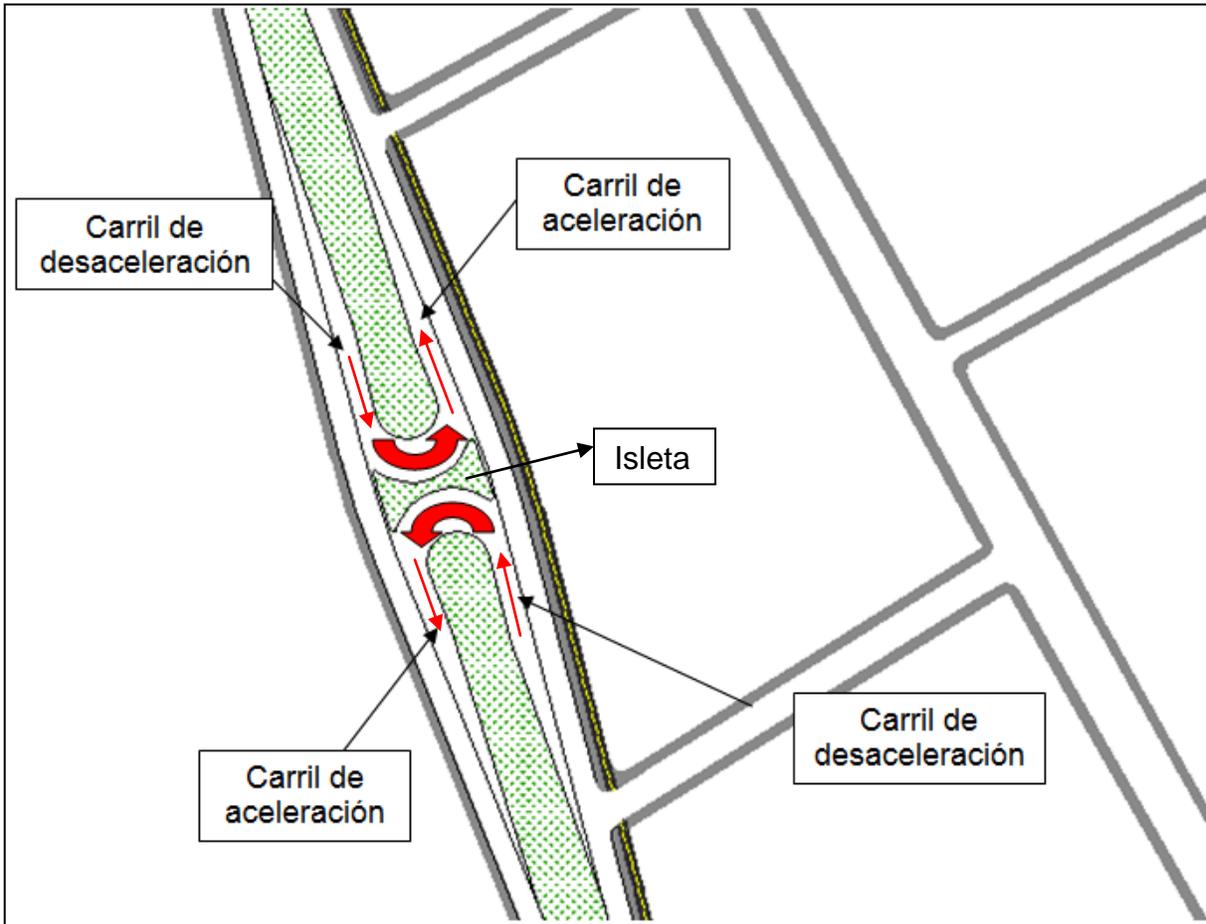
Es importante detallar que en esta vía secundaria se empleo un separador de 1 metro, que va creciendo a medida se acercan a los retornos en U, alcanzando un ancho de 5 metros, en el cual se instalan los postes de luz, que sirven para iluminar la calle y dar seguridad a todos los usuarios.

En esta misma calle, se encuentran ubicados los dos retornos en forma de U, que sirven para la realización de varios giros, brindando continuidad a la intersección. Es importante que para el diseño de estos retornos se tengan en cuenta los radios de giro, los cuales dependen del tipo de vehículo, tal y como se muestra en las figuras 17 y 18 que corresponden a los radios de giro para vehículos livianos y buses, pues la estructura de la vía no es apta para el tránsito de vehículos pesados. De esa manera los radios que se implementaron son de 5 metros para el interno y 12 metros de radio externo, y el eje del alineamiento cuenta con un radio de 8 metros. Así se tiene un ancho de carril de 7 metros, cada retorno, con el fin de que en caso de presentarse averías, los vehículos puedan parquearse sin afectar el flujo.

Estos radios funcionan para velocidades muy pequeñas, en este caso se manejan velocidades de diseño entre 5 y 10 km/h, por ser en una vía secundaria, donde el flujo vehicular es menor que en la vía principal.

En la siguiente figura se muestra el diseño y sentido de estos retornos en la calle 12, observándose también, una pequeña isleta que separa los retornos, y cuenta con radios de 0.5 metros y una separación de la vía de 50 cm, como exigen las

especificaciones del INVIAS y que se muestran en la figura 26 que trata de las isletas direccionales.



**Figura 38:** Detalle Retornos U – calle 12.- Alternativa 1.

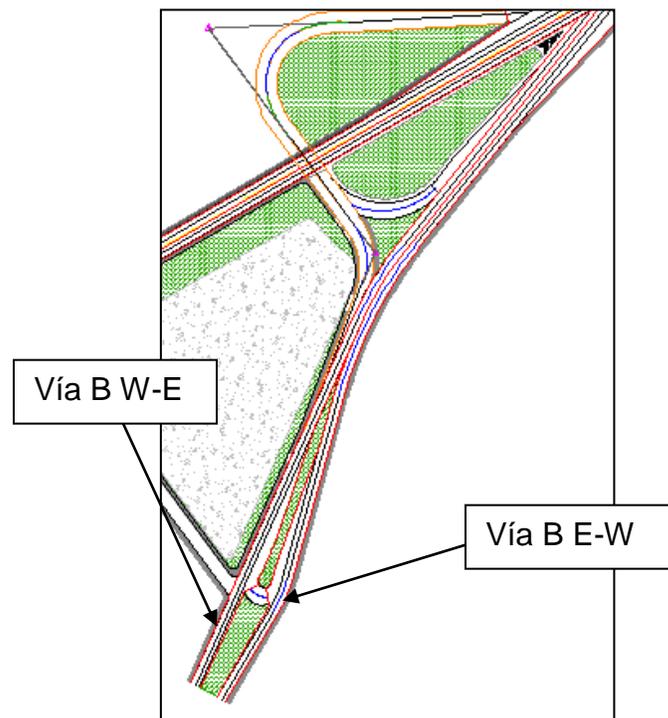
En la figura se muestran claramente los carriles de aceleración y desaceleración, que permiten el ingreso al retorno. Por un lado, los carriles de aceleración tienen una longitud de transición de 45 metros y una longitud total de 55 metros, con un ancho de carril igual al de la vía, de 3.65 metros; los carriles de desaceleración cuentan con una longitud de transición de 45 metros y una longitud total de 60 metros, en la cual el vehículo alcanzara la velocidad para hacer el giro. Igualmente cuenta con un ancho de carril de 3.65 metros.

Estas longitudes de transición y total de los carriles de aceleración y desaceleración se obtuvieron de las tablas 16 y 17, respectivamente, en la cuales se debe tener en cuenta la velocidad de diseño que lleve la vía.

La carrera 2ª también se diseñó para una velocidad de 40 km/h, los alineamientos correspondientes a esta vía secundaria se nombraron como Vía B tanto para el sentido E-W y W-E, y cuentan con una longitud de 300 metros con anchos de carril ajustados a la norma de 3.65 metros, aunque ésta a diferencia de la calle 12 no cuenta con un separador, sino únicamente en la zona en donde se empieza a hacer más ancho, por la presencia del retorno en U y la isleta, y por ello la iluminación se hace es al borde de la vía, aunque sin interrumpir a los conductores ni a los peatones.

Sobre esta vía los dos alineamientos cuentan con diferente diseño, ya que en ésta se ubica un retorno en U. Es así como el alineamiento Vía B W-E tiene sólo un radio de curvatura de 120 metros, que como se calculó anteriormente, cumple con las especificaciones técnicas del INVIAS, pues este debe ser mínimo de 47 metros. El otro alineamiento, Vía B E-W, en cambio, cuenta con dos radios de curvatura uno de 160 metros y otro, que coincide con el mínimo requerido, de 47 metros.

En la siguiente imagen se muestran los alineamientos por cada sentido y como es su trayectoria.



**Figura 39:** Alineamientos carrera 2ª.- Alternativa 1.

Las entretangencias en estos alineamientos también satisfacen los requisitos mínimos, los cuales para una velocidad de 40 km/h, como se menciona anteriormente, debe ser de 56 metros, para curvas en sentido distinto.

La siguiente tabla muestra los valores de las entretangencias del alineamiento Vía B sentido E-W, ya que éste es que posee las dos curvas.

**Tabla 23:** Entretangencias Alineamiento carrera 2<sup>a</sup>.- Alternativa 1.

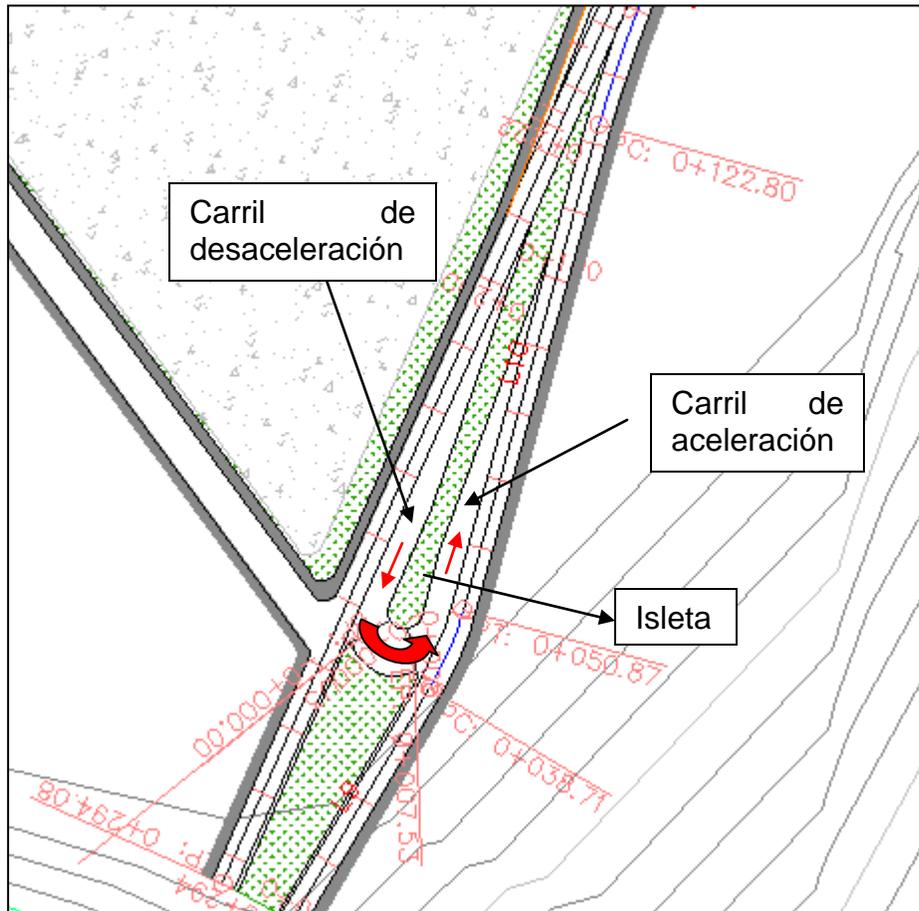
Line Table: Alignments				
Line #	Length	Direction	Start Point	End Point
L9	38.71	N30° 30' 12.87"E	(949605.29,995304.79	(949624.93,995338.14)
L10	71.92	N15° 40' 17.23"E	(949629.69,995349.30	(949649.12,995418.55)
L11	117.68	N38° 39' 19.51"E	(949678.23,995475.27	(949751.73,995567.17)

Como se observó la línea 10 y la 11 son las tangentes que se encuentran entre curvas, y superan los valores mínimos, generando confort a los conductores, pues a pesar de ser una vía secundaria, ésta contará con las distancias apropiadas para ofrecer una buena visibilidad.

El tercer retorno en U que se propuso se encuentra sobre esta vía de la carrera 2<sup>a</sup>, y está compuesto, como los anteriores, de un radio interno de 5 metros y un radio externo de 12 metros para garantizar un ancho de carril de 7 metros que sirve en cualquier caso de emergencia. También se diseño para el tránsito de vehículos livianos y buses, pues la estructura de pavimento tampoco se diseño para cargas mayores, por ello se adapto a esos radios, con lo que la velocidad de diseño debe manejarse, de igual manera, entre los 5 y 10 km/h.

Los carriles de aceleración y desaceleración de esta U, comprende las mismas longitudes de los retornos en U de la calle 12, pues como bien se menciona antes, la vía maneja una velocidad de 40 km/h y es por esto que el carril de aceleración tiene una longitud total de 55 metros y 45 metros de transición, y el carril de desaceleración tiene una longitud total de 60 metros y 45 metros de transición.

En la siguiente figura se puede apreciar el retorno 3 que se ubica sobre la carrera 2<sup>a</sup>.



**Figura 40:** Detalle Retorno U – carrera 2ª.- Alternativa 1.

Se diseñaron de igual manera 4 conectantes que permiten una mejor comunicación entre las diferentes vías, y lo más importante, dar continuidad al sistema sin verse afectado por el plan retorno.

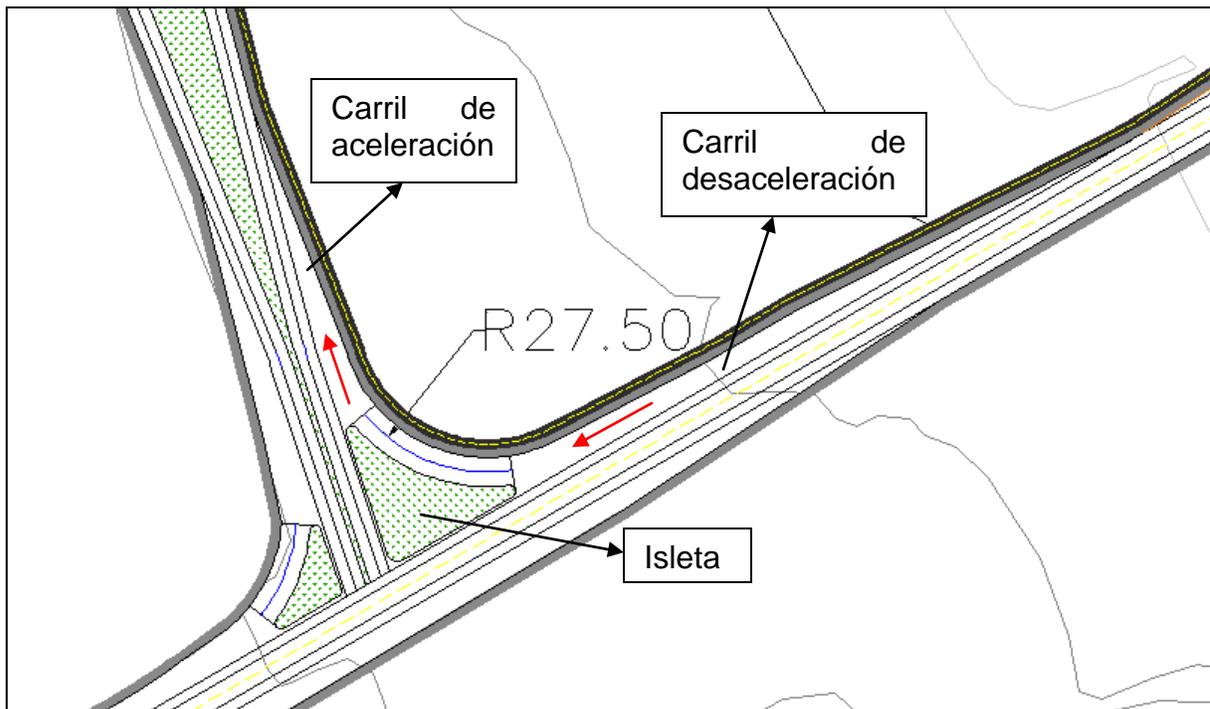
Explicando las especificaciones de cada una de las conectantes diseñadas se tiene en primer lugar la conectante que une la Avenida 5ª sentido N – S con la calle 12 en sentido E – W. Ésta cuenta con un ancho de carril de 5 metros que permite que las ruedas traseras puedan tener una trayectoria segura, tiene una longitud de 28.42 metros y un radio de curvatura de 27.50 metros y velocidad de diseño de 30 km/h.

Se conoce también que el peralte máximo en este caso es del 4% y el coeficiente de fricción transversal máximo, según la tabla 11, es de 0.28, y con estos parámetros se calcula el radio de curvatura mínimo para comprobar que el usado es el apropiado para desarrollar la velocidad de diseño:

$$R_{Cmin} = \frac{(30 \text{ km/h})^2}{127 * (0,04 + 0,28)} = 22 \text{ m}$$

Con este radio mínimo igual a 22 metros se afirma que los valores usados se ajustan a la norma y ofrecerán un correcto funcionamiento de la vía a mejorar.

Dicha conectante se refleja en la siguiente imagen, en la que se observan también los carriles de aceleración y desaceleración y la isleta direccional.



**Figura 41:** Conectante AV N-S (carrera 5ª) – Vía A E-W (Calle 12).- Alternativa 1.

El carril de desaceleración, por provenir de la carrera 5ª que maneja una velocidad de diseño de 80 km/h, tiene una longitud de transición de 65 metros y una longitud total de 120 metros, y cuenta con un ancho de carril de igual dimensión a los que posee la vía principal, de 3.65 metros.

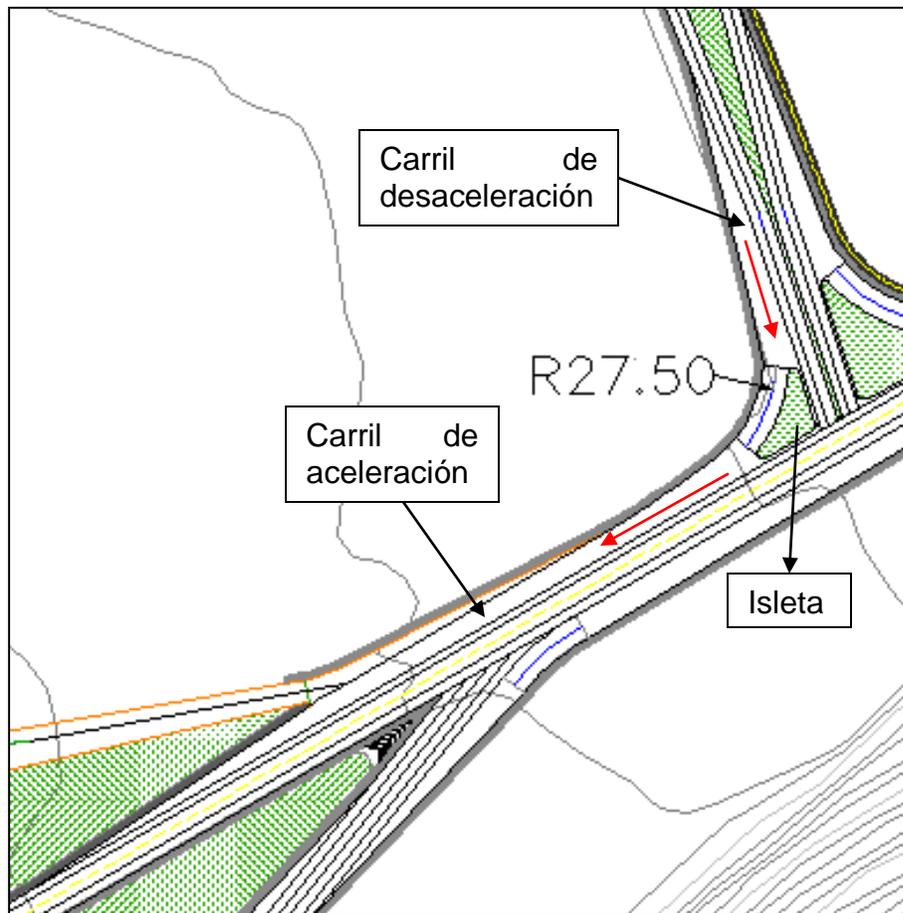
Por otro lado el carril de aceleración, que pertenece a la vía secundaria diseñada para una velocidad de 40 km/h, posee una longitud de transición de 45 metros y una longitud total de 55 metros y ancho de carril de 3.65 metros, también.

Estos datos se obtuvieron de las tablas 16 y 17 del presente trabajo, para estar siempre regidos en las normas Colombianas.

La isleta direccional tiene un área de 265 m<sup>2</sup> y tiene radios de 1 metro que sirve para guiar al conductor y dar un sentimiento de seguridad.

La segunda conectante permite la comunicación entre la calle 12 y la carrera 5<sup>a</sup>, esta al igual que la anterior, tiene un ancho de carril de 5 metros y una longitud de 17 metros. También posee un radio de 27.50 metros, radio interno de 25 metros y externo de 30 metros, y como se demostró anteriormente, cumple con el radio mínimo para una velocidad de 30 km/h.

La figura de a continuación exhibe el diseño de la conectante entre la calle 12 y la carrera 5<sup>a</sup>:



**Figura 42:** Conectante Calle 12 – AV carrera 5<sup>a</sup>.- Alternativa 1.

El carril de desaceleración tiene una longitud de 45 metros y longitud total de 60 metros, pues la velocidad de la vía antes de la entrada a la conectante es de 40 km/h y tiene un ancho de carril de 3.65 metros. Mientras tanto, el carril de aceleración

tiene una longitud de transición de 65 metros y una longitud total de 165 metros pues es una longitud apropiada para desarrollar la velocidad deseada.

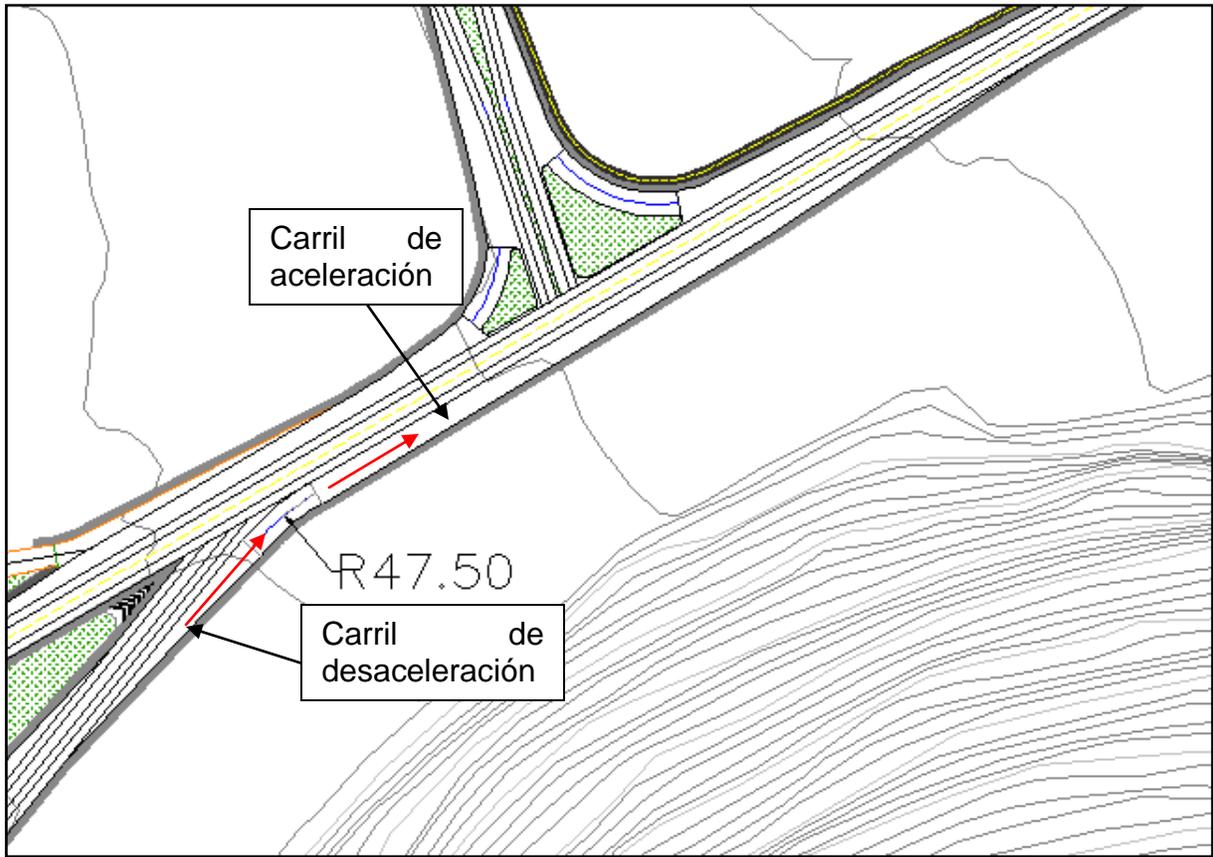
Claramente también se cuenta con una isleta que permitirá el direccionamiento de los vehículos, sin correr riesgo alguno. Esta tiene un área de  $86.5 \text{ m}^2$ , y radios de 1 metro que la rodean. Esta isleta en muchos casos es usada por los peatones como zona para el paradero de buses.

El diseño de la tercera conectante permite la comunicación entre la carrera 2ª con la carrera 5ª, y se realizó con el fin de descongestionar esa zona y darle una mejor movilidad a los vehículos que del centro del municipio necesitan viajar a la ciudad de Bogotá o los municipios aledaños hacia el Norte.

Esta conectante tiene un radio de curvatura de 47.5 metros, que funciona para una velocidad de 30 km/h. Tiene un ancho de carril de 5 metros y una longitud de 17.50 metros de trayectoria. Lógicamente cuenta con sus respectivos carriles de aceleración y desaceleración, que tienen ancho de carril de 3.65 que van creciendo hasta los 5 metros.

Como la vía inmediatamente anterior a la conectante tiene una velocidad de 40 km/h, el carril de desaceleración tiene una longitud de transición de 45 metros y longitud total de 60 metros. La vía a la que se va a comunicar, la carrera 5ª, tiene una velocidad de 80 km/h, por lo que el carril de aceleración tiene una longitud de transición de 60 metros y longitud total de 165 metros.

La imagen que sigue es un acercamiento a la conectante descrita, mostrando su ubicación dentro de la zona de estudio.

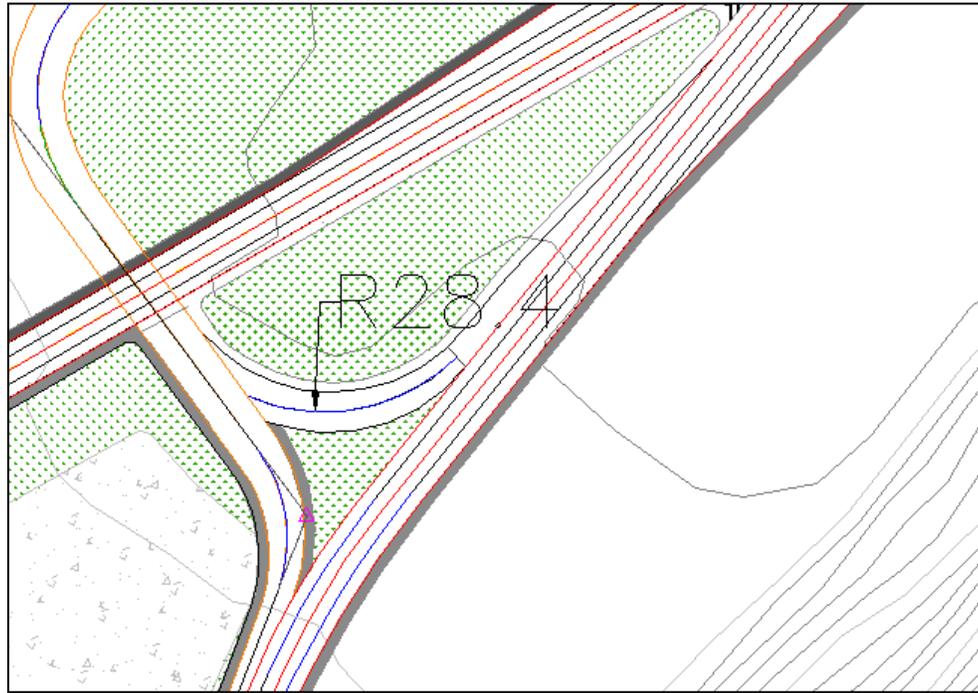


**Figura 43:** Conectante carrera 2ª – carrera 5ª.- Alternativa 1.

La última conectante que se diseñó se hizo con el fin de que si el conductor va por la calle 12 en sentido W-E pueda dirigirse a la carrera 5ª hacia el norte, brindando total comunicación hacia cualquier destino.

Esta cuenta con una velocidad de diseño de 30 km/h y un radio de 28 metros que garantiza el desarrollo de dicha velocidad sin problemas. El ancho de carril para esta conectante es de 6 metros, con un metro más que las anteriores conectantes, pues esta debe generar un giro más seguro ya que es la salida del retorno diseñado en deprimido, y por ello se necesita un espacio más amplio que permita que la rueda trasera del vehículo gire de forma correcta. Además tiene un solo carril correspondiente al de aceleración sobre la carrera 2ª con longitud de transición de 45 metros y total de 55 metros.

La siguiente imagen muestra el detalle y la ubicación de la última conectante, mostrando el radio del alineamiento y su respectivo carril de aceleración.



**Figura 44:** Conectante del Retorno 1.- Alternativa 1.

Como parte principal del diseño de esta alternativa, se encuentran los retornos que van en deprimido. Estos facilitarán la mayoría de movimientos sobre la intersección, ayudados de las conectantes y los retornos en U ubicados sobre las vías secundarias.

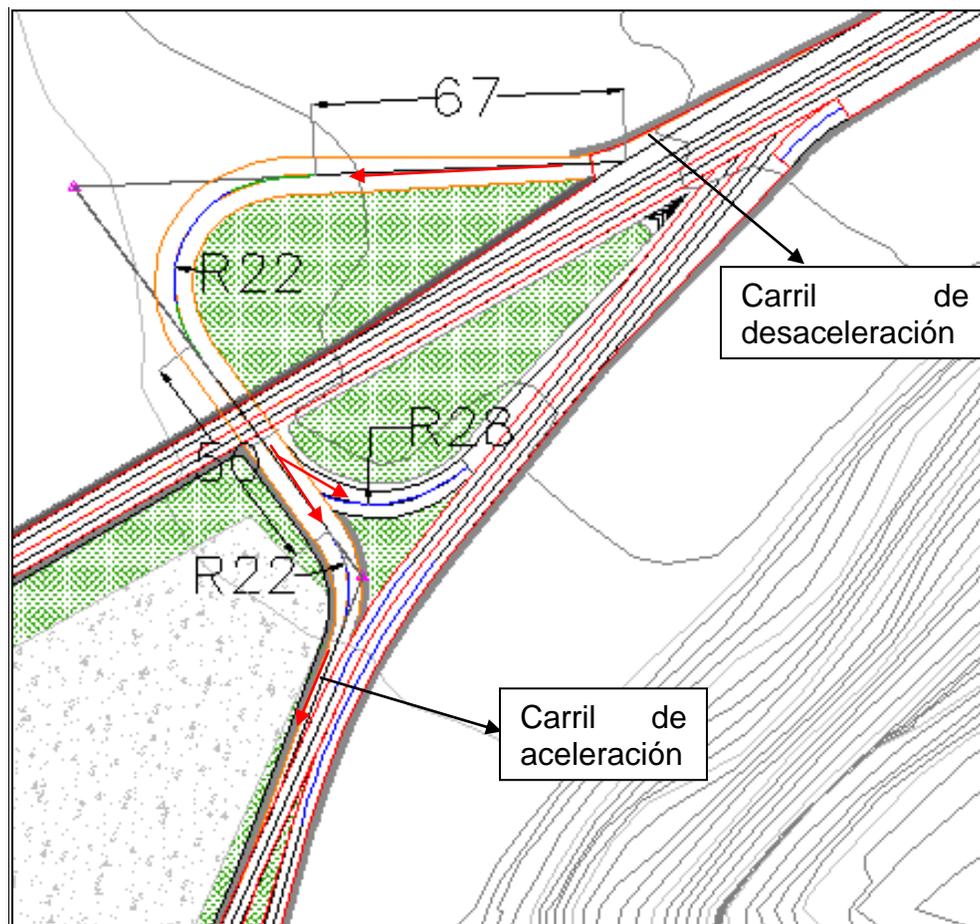
El primer retorno, que une la calle 12 con la carrera 2<sup>a</sup>, se compone de una espiral – curva – espiral, dos tramos rectos que facilitan tanto el descenso de los vehículos como su ascenso, y una curva circular. Las espirales, entonces, tienen una longitud de 19 metros y la curva circular tiene un radio de 22 metros, valores que se ajustan y permiten desarrollar la velocidad de diseño, que es equivalente a 30 km/h, pues como se calculó antes en las conectantes, el radio es precisamente el tomado en este caso, por lo que la curva está en condiciones de satisfacer los requerimientos y funcionar correctamente.

Como se dijo, este retorno tiene dos tramos rectos que serán la entrada y salida del deprimido. Así, la primera línea recta tiene una longitud de 67 metros, la cual tiene una distancia prudente para el descenso de los vehículos. El segundo tramo recto, que se encuentra entre dos curvas en distinto sentido, tiene una longitud de 50 metros, la cual cumple con la entretangencia mínima requerida por el manual de diseño geométrico para carreteras del INVIAS, ya que para una velocidad de 30 km/h, la distancia mínima recorrida en 5 segundos debe ser de 42 metros, lo que no

generará pendientes muy altas y por ende los vehículos podrán transitar bien, pero si se debe mantener la velocidad de diseño para tener un mejor control y seguridad en la trayectoria de este deprimido.

En cuanto a la curva circular, esta tiene también un radio que cumple exactamente con lo mínimo para la velocidad de 30 km/h, es decir, tiene 22 metros de radio. Al salir de dicha curva se encuentra el respectivo carril de aceleración.

Los detalles en planta se muestran en la siguiente imagen:



**Figura 45:** Retorno 1.- Alternativa 1.

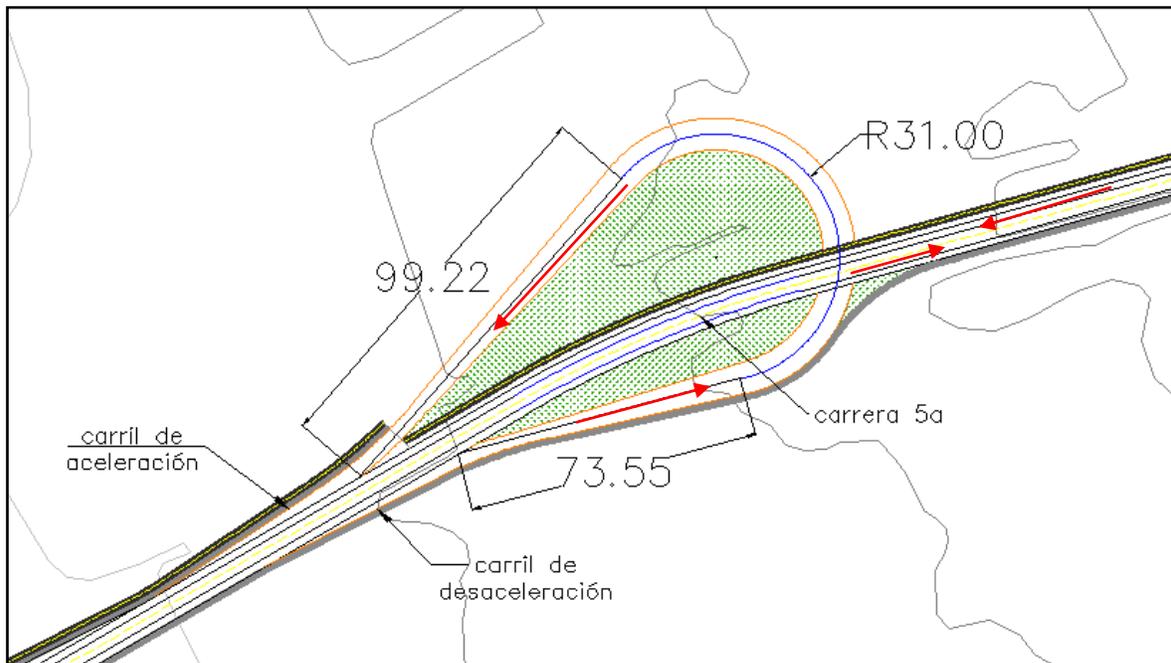
El retorno en la zona de la espiral – curva – espiral, tiene un ancho de carril de 8 metros con el fin de que las ruedas traseras de los vehículos tengan una correcta trayectoria, en un espacio amplio. El resto del ancho de carril va disminuyendo hasta los 6 metros y en las zonas del carril de aceleración y desaceleración tienen un ancho de carril de 3.65 metros. Como se describe, el retorno tiene un carril bastante

amplio que facilita el parqueo de un auto en caso de presentarse alguna eventualidad, y sobre todo dar la sensación de comodidad y seguridad a los conductores.

Para los carriles de aceleración y desaceleración se tuvieron en cuenta las tablas 16 y 17, por lo que para el carril de aceleración se dejó una longitud de transición de 65 metros, por pertenecer a una vía con velocidad de 80 km/h, y una longitud total que llega hasta el inicio de la espiral de 132 metros. Para el carril de desaceleración se tiene una longitud de transición de 45 metros y longitud total de 55 metros que inicia desde la salida de la curva circular.

Por último se explicaran cada uno de los valores tomados para el retorno 2 el cual permite que sí el conductor va sobre la carrera 5ª en sentido S-N se pueda regresar al sentido N-S o tomar la conectante para dirigirse a la calle 12. De cualquier manera estos retornos facilitan todos los giros estando en cualquier punto de la intersección.

En la siguiente figura se hace un acercamiento al retorno 2, mostrando algunos de sus detalles en planta:



**Figura 46:** Retorno 2.- Alternativa 1.

Como se observó, este retorno está compuesto por una curva circular de un radio de 31 metros que supera los 22 metros de radio de curvatura mínimo para la velocidad de 30 km/h que es para la que está diseñado éste. Además tiene una longitud antes

de llegar a la transición de los carriles de aceleración y desaceleración de 99 metros y 73.5 metros respectivamente.

El retorno se sitúa bajo la carrera 5ª, la cual tiene velocidad de diseño de 80 km/h, por lo que la transición del carril de desaceleración tiene una longitud de 65 metros, al igual que el carril de aceleración, de esa manera se asegura que el vehículo al entrar o salir del retorno pueda llegar sin dificultades a la velocidad deseada.

El ancho del carril es igual a la del retorno 1, de 8 metros en toda la curva circular y en los tramos rectos este ancho varia hasta alcanzar los 3.65 metros que tienen los carriles de entrada y salida.

Este es un pequeño panorama de la intersección diseñada con sus conectantes y retornos:



**Figura 47:** Intersección Vial.- Alternativa 1.

#### 4.6.1.2. Diseño en perfil

Conociendo el diseño en planta de la intersección, con cada uno de sus elementos, se realiza una explicación del diseño en perfil de los mismos, analizando los componentes de las curvas verticales basados en el perfil del terreno natural.

Para empezar se tienen los perfiles de la Avenida principal, uno por cada sentido, ya que se debe garantizar que los dos carriles estén paralelos. Gracias a que el terreno natural no tiene grandes pendientes, si no es un terreno ondulado, los movimientos de tierras no son muy grandes, generando que el trazado de la rasante sea más fácil.

Como se mencionó, tanto el sentido N-S como el S-N deben ser iguales, por tanto ambos perfiles se componen del mismo número de curvas y longitud de estas. Pero antes de empezar a describir los perfiles, se debe saber las longitudes de las curvas verticales, coeficientes, pendientes y la separación entre PIV's, para ello se tienen las tablas 12, 13 y 14 del presente documento de las cuales se podrán obtener los datos necesarios.

Según las tablas mencionadas y la información contenida en el capítulo 4 numeral 4.4.2 se tiene que para una velocidad de diseño de 80 km/h, como la que maneja la carrera 5ª, las pendientes mínimas a usar son de 0.5% y 0.3% si el terreno es plano y las máximas según la tabla 12 es del 6%. Para la distancia que debe haber entre PIV's nos remitimos a la tabla 13, en la cual se establece que para dicha velocidad, la distancia debe ser mínimo de 225 metros.

En cuanto a los coeficientes K que se deben cumplir en el diseño del perfil de la vía, con el fin de garantizar un buen drenaje y evitar empozamientos, se tiene la tabla 14 del documento, en la cual se advierte que para una velocidad de 80 km/h estos valores de K deben ser de 26 y 30, para curvas convexas y cóncavas, respectivamente, y la longitud mínima de la curva debe ser de 48 metros, para el buen desempeño de la vía.

De este modo se realizó el diseño de la rasante de la carrera 5ª, la cual consta de 3 curvas verticales en los 1300 metros de longitud que tiene esta, horizontalmente.

Como se dijo antes, las rasantes deben ser paralelas sin importar el sentido, para dar mejor armonía y seguridad a peatones, de esta manera solo se describirá un solo sentido, en este caso el sentido S-N.

La primera curva es de tipo cóncava, situada entre las abscisas 0+100 y 0+170, tiene una longitud de curva de 70 metros y un K de 39 que va a evitar el empozamiento de las aguas en esta curva. Las pendientes que acompañan a esta curva son de 1.1% y 2.9%. Comparando con los requerimientos mencionados, la curva 1 es apropiada y se ajusta a la norma Colombiana.

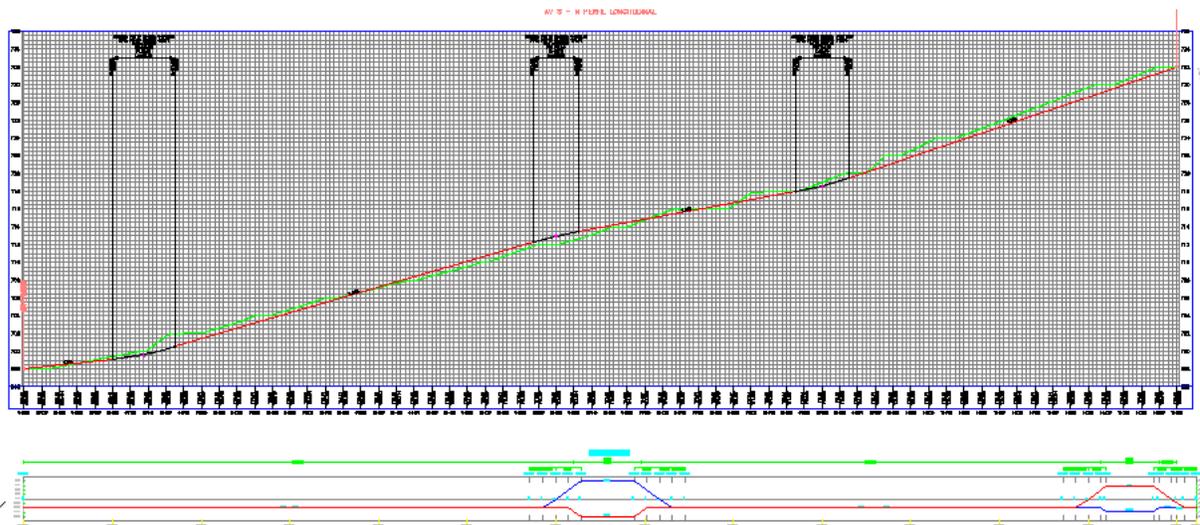
Una segunda curva de tipo convexa, y situada entre las abscisas 0+575 y 0+625, tiene una longitud de curva de 50 metros, con un K de 46.7, y pendientes de 2.90% y 1.83%. A pesar de que el coeficiente K sea alto no supera el límite permitido que es de 50, ya que para poder reducir este valor la longitud de curva también debe

disminuir y entonces se incumpliría el valor mínimo de la curva vertical que es de 48 metros, por lo que el ajuste realizado es el óptimo y cumple cabalmente con las exigencias.

La tercera curva vertical, de tipo cóncava, está situada entre las abscisas 0+870 y 0+930, con una longitud de curva de 60 metros y un K de 38,7. Esta longitud de curva se adoptó para no incrementar el coeficiente K, pues este valor es justo para el buen desempeño de la vía. En cuanto a la pendiente desde esta curva al final del alineamiento es de 3,38%, siendo la máxima encontrada en el diseño y apropiada para ese tipo de terreno, que claramente no supera el 6% permitido para desarrollar una velocidad de 80 km/h y que no generara grandes movimientos de tierra.

El diseño de la rasante de la carrera 5ª, más que facilitar el cálculo de excavaciones y/o terraplenes, sirvió como guía para el trazado de los demás elementos, pues esta rasante no es la propia existente, ya que la concesión DEVISAB no proporcionaba estos datos, entonces, ayudados de la superficie generada por la digitalización de las curvas de nivel en el mapa topográfico, se planteó una rasante óptima que se asemejara a la que se encuentra actualmente, pues al ser una vía concesionada, está fundada en buenos criterios técnicos y por ello el mejoramiento de la movilidad en esta intersección no involucra la modificación de la carrera 5ª, sino por el contrario, aprovecharla y acoplar los demás elementos sin cambiar la geometría de la vía principal.

La siguiente figura muestra un pequeño panorama de la rasante de la vía principal, junto con sus curvas verticales. En esta se puede notar que la trayectoria de la vía tiene una pendiente longitudinal suave de menos del 3%, pues la altura mínima es de 698 metros y máxima de 732 metros en 1300 metros de longitud horizontal.



**Figura 48:** Rasante carrera 5<sup>a</sup>.- Alternativa 1.

Un aspecto importante que se puede observar en la imagen, es la transición de peralte en la cual se muestra la variación de los bordes del pavimento con respecto al eje de la vía, con el fin de dar armonía, mayor dinamismo y seguridad al conductor, pues con estos diagramas es posible identificar zonas críticas y así hacer las respectivas correcciones para evitar accidentes, especialmente cuando se transita por una curva a altas velocidades.

Como ya se describió, la carrera 5<sup>a</sup> en su alineamiento horizontal tiene 2 grandes curvas, las que se observan en la transición de peralte. En la primera curva, que tiene el radio de curvatura de 300 metros, se alcanza un 3.96% en el borde de vía izquierdo y -3.96% en el borde de vía derecho, alcanzando casi el peralte máximo; mientras que la curva 2 que tiene un radio más amplio, de 813 metros, el peralte máximo conseguido es de 2.78%.

Referente al diseño de la rasante de la calle 12, al igual que el alineamiento horizontal, se distinguieron varios cambios con respecto a la que existe actualmente, pues se tuvieron que modificar los anchos de vía, añadir los carriles de aceleración y desaceleración de las conectantes, acomodar la zona peatonal y ampliar los separadores, en especial en donde se encuentran localizados los retornos en U. Todos esos factores hacen que la rasante tenga pequeños cambios regidos por el diseño en planta.

Al ser esta una vía secundaria, las especificaciones técnicas cambian con respecto a la de la vía principal, siendo ahora la pendiente máxima longitudinal del 7%, la separación mínima entre PIV's es de 80 metros, la longitud de la curva debe ser

mínimo de 24 metros y el coeficiente K a cumplir debe ser superior a 4.0 y 9.0 para curvas convexas y cóncavas, respectivamente.

De esta forma, el perfil de la calle 12 se compone de 3 curvas, con ambos sentidos totalmente paralelos. La primera curva de tipo convexo, entre las abscisas 0+095 y 0+155, se diseñó con una longitud de curva de 60 metros para lograr un K de 30,3 que genere un buen drenaje a la vía.

La segunda curva es cóncava y pertenece a las abscisas 0+200 y 0+260, consta de una longitud de 60 metros que permite un K de 15,7 para evitar el empozamiento. La última curva diseñada es convexa y se localiza entre las abscisas 0+285 y 0+345 para una longitud de curvatura de 60 metros y un coeficiente K bastante apropiado de 30,6, que evita los valores mínimos y máximos para un mejor desempeño de la vía.

En esta rasante correspondiente a la calle 12, la pendiente longitudinal máxima es de 2.58%, lo que hace que los vehículos no tengan la necesidad de bajar o sostener la velocidad como se ve en vías con altas pendientes.

Como se evidenció en cada uno de los valores tomados en el diseño de la rasante, se cumplieron con todos y cada uno de las especificaciones técnicas requeridas, garantizando el buen desempeño de la carretera, pues se tendrá un buen drenaje de las aguas superficiales, y la seguridad del conductor ya que se garantizan las distancias de visibilidad en el trayecto de las curvas verticales.

Las siguientes imágenes muestran a grandes rasgos el diseño de la rasante de la calle 12, por cada sentido, con la respectiva ubicación de las curvas y el diagrama de transición de peraltes.

VIA A W-E PERFIL LONGITUDINAL

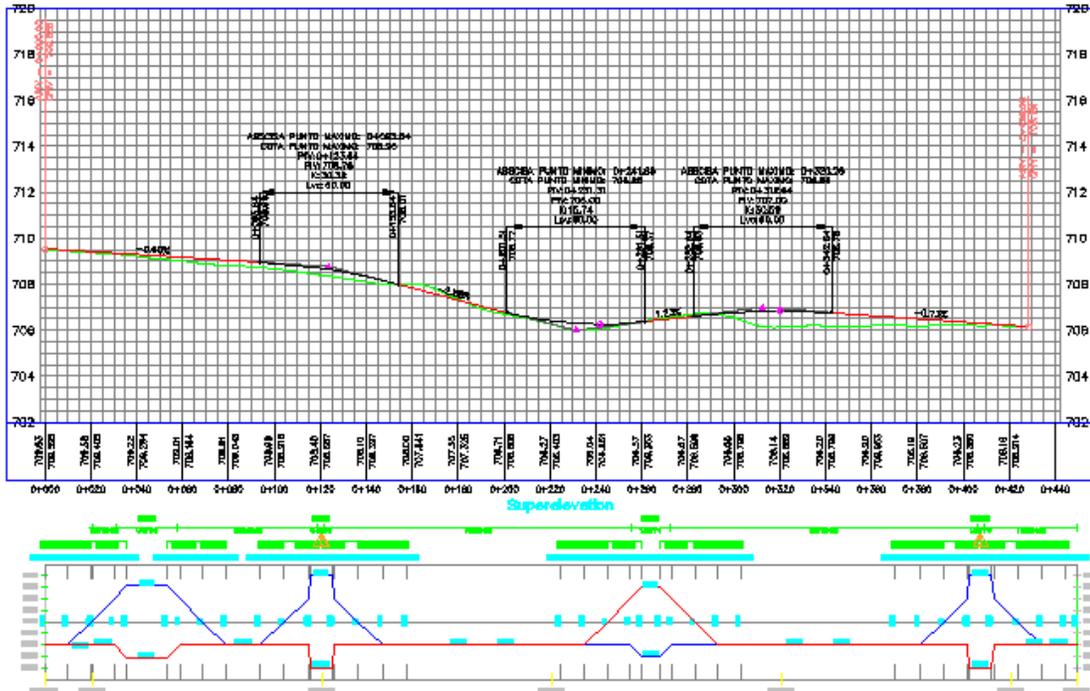


Figura 49: Rasante calle 12.- sentido W-E.- Alternativa 1.

VIA A E-W PERFIL LONGITUDINAL

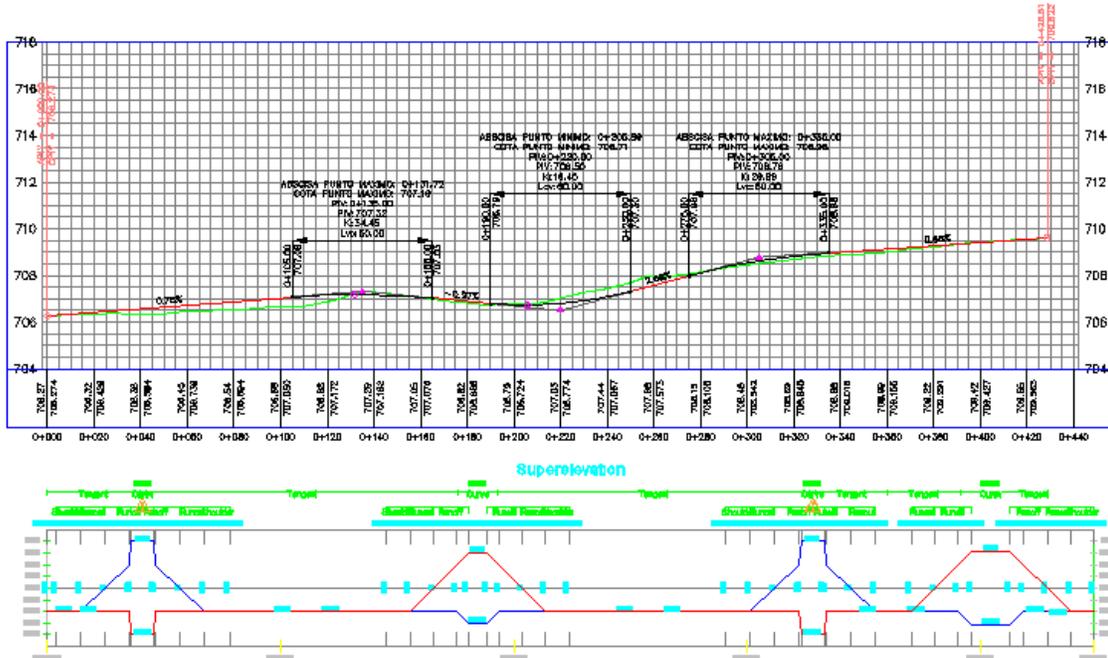


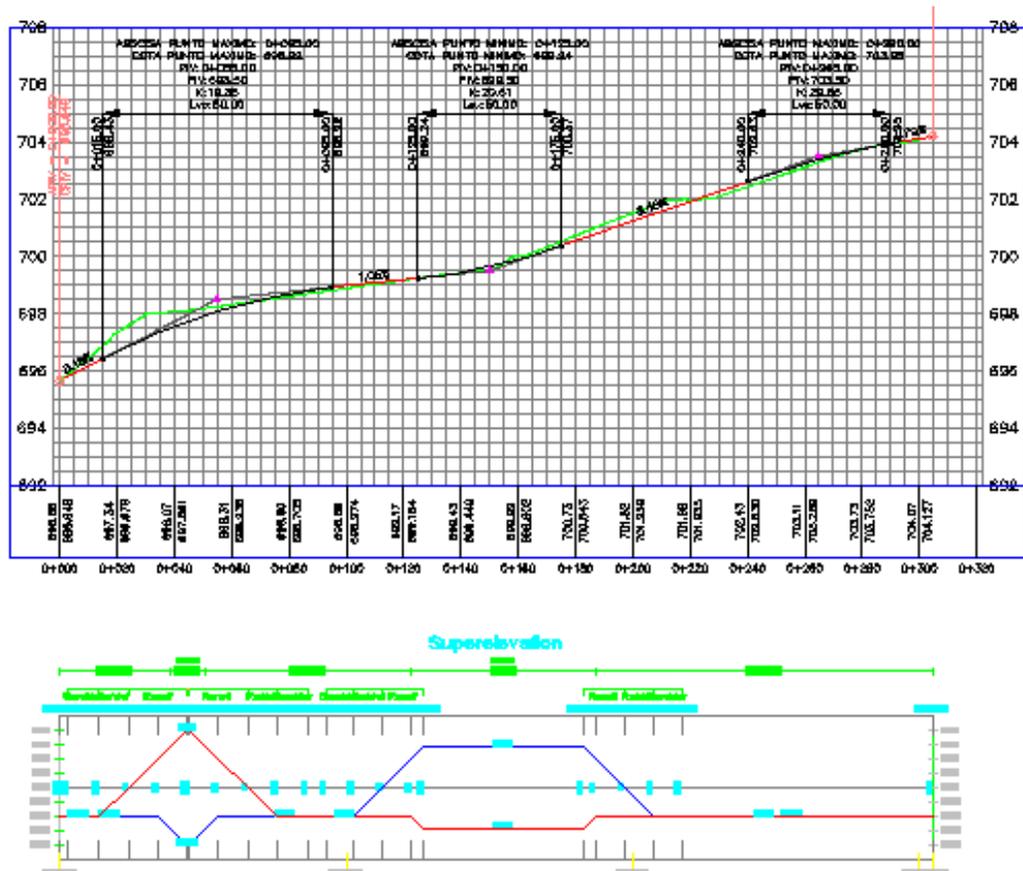
Figura 50: Rasante calle 12.- sentido E-W.- Alternativa 1.

En el diagrama de peraltes de la calle 12 sentido W-E, se observa la variación de los bordes de vía izquierda y derecho en las cuatro curvas propuestas en el alineamiento horizontal. En la primera y tercera curva se ve una transición de peralte más suave, pues los radios empleados en estas son más amplios, entre 121 y 138 metros de curvatura lo que hace que se alcancen peraltes máximos de 3.13% y 2.99%; en cuanto a la segunda y cuarta curva, se tiene una transición que alcanza el peralte máximo de 4.0% ya que en estas se tienen radios que cumplen apenas con lo exigido para una velocidad de 40 km/h.

Para la carrera 2ª, entre tanto, se diseñó una rasante comprendida por tres curvas verticales. Las condiciones mínimas se resaltaron anteriormente en la explicación de la rasante de la calle 12, pues estas dos vías manejarán una misma velocidad de diseño de 40 km/h.

La primera curva, en el alineamiento que va sentido E – W sobre la carrera 2ª, está ubicada entre las abscisas 0+015 y 0+095 y cuenta con una longitud de curva de 80 metros para alcanzar un coeficiente K de 19. Esta longitud se eligió porque era la que mejores resultados de coeficiente generaba, pues al disminuir la longitud disminuía de igual manera el K y no podían utilizarse longitudes mayores a 80 metros por la cercanía a la abscisa 0+000.

La segunda curva de tipo cóncava tiene una longitud de curva de 50 metros y un K de 21; mientras que la última curva de tipo convexa, con una longitud igual a la anterior tiene un K de 30. En este diseño la pendiente longitudinal es más alta que la de las anteriores rasantes, pero no supera el 6% permitido, pues lo máximo alcanzado es 5.18% siendo aceptable la decisión tomada pues no está en contra de las especificaciones y proporcionara las condiciones apropiadas para los usuarios.



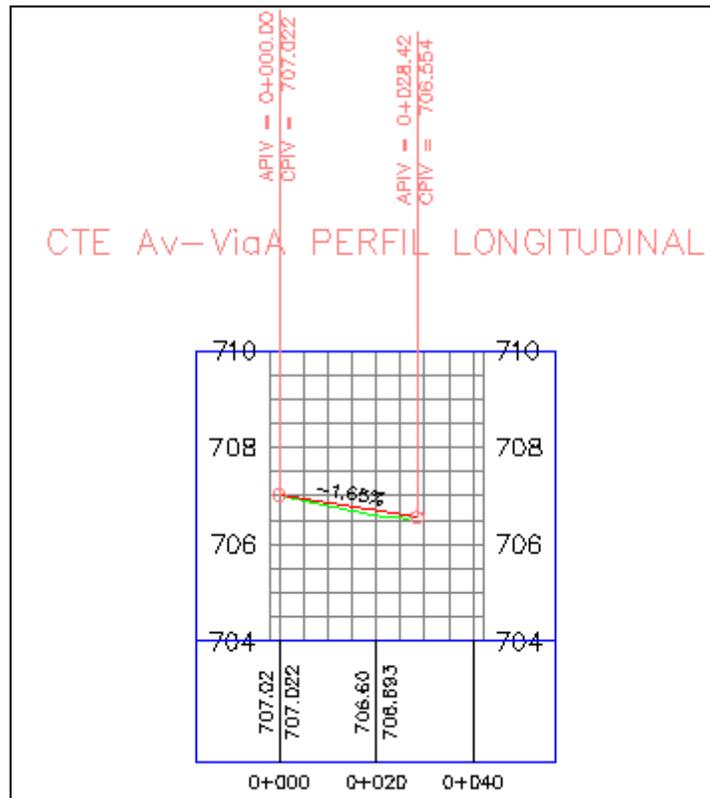
**Figura 51:** Rasante carrera 2ª.- sentido E – W.- Alternativa 1.

En la imagen anterior se muestra la rasante diseñada para la carrera 2ª, y donde se ubican las curvas verticales a lo largo del alineamiento horizontal, acompañado de la transición de peraltes en la cual se desarrolla el peralte máximo para la curva 1 y de 2.85% en la curva que tiene un radio de curvatura de 160 metros.

Terminadas las rasantes de las vías secundarias y de la vía principal, se describen las rasantes de las cuatro conectantes las cuales tienen un trayecto más corto y bajas pendientes longitudinales. En el trazado de la rasante de cada una de ellas, se debe evitar la condición desfavorable, que es incluir una curva vertical a una curva horizontal y mucho más cuando el trayecto es tan corto. Por esta razón, simplemente se traza una línea recta que una los bordes de los ramales de entrada y salida que comunicaran con las respectivas vías.

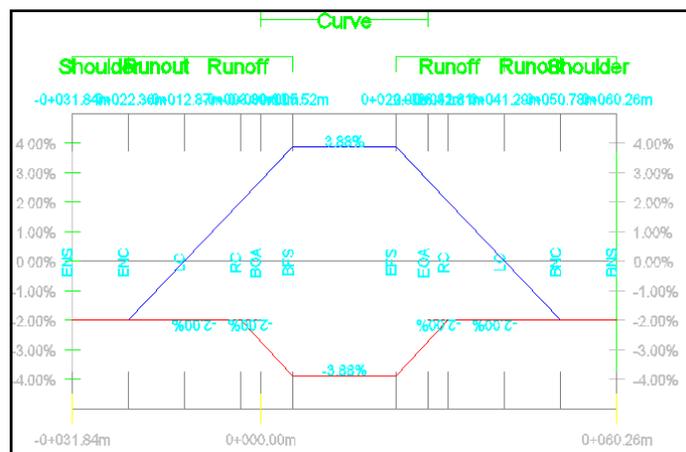
La primera rasante a describir es la que pertenece a la conectante denominada Av-VíaA E-W la cual comunica la avenida principal con la calle 12 sentido E-W. Esta se compone de una línea recta de 1.65% de pendiente. Une la carrera 5ª a una altura

de 707 metros con la calle 12 a una altura de 706.5 metros, como se muestra a continuación:



**Figura 52:** Rasante Conectante AV 5ª - Calle 12. - Alternativa 1.

A continuación se muestra la transición de peralte de dicha conectante:

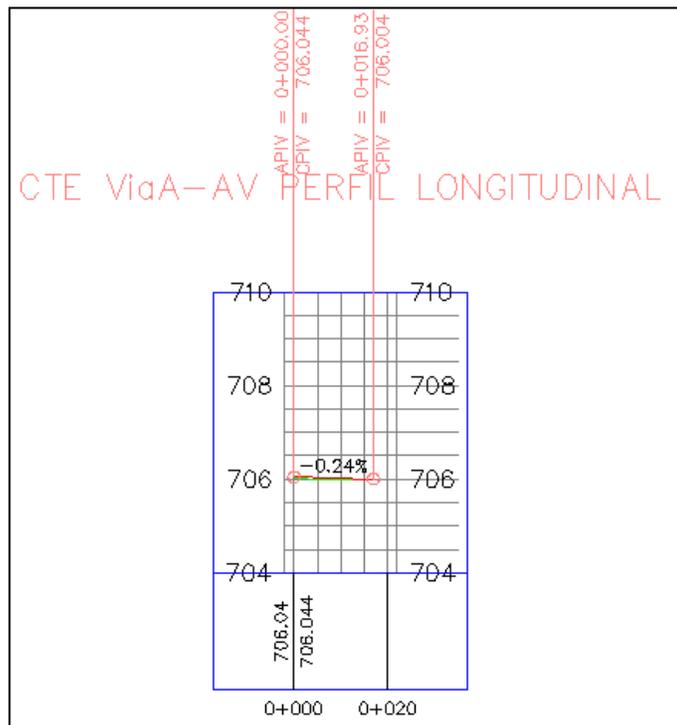


**Figura 53:** Transición de peralte de la Conectante AV 5ª - calle 12.- Alternativa 1.

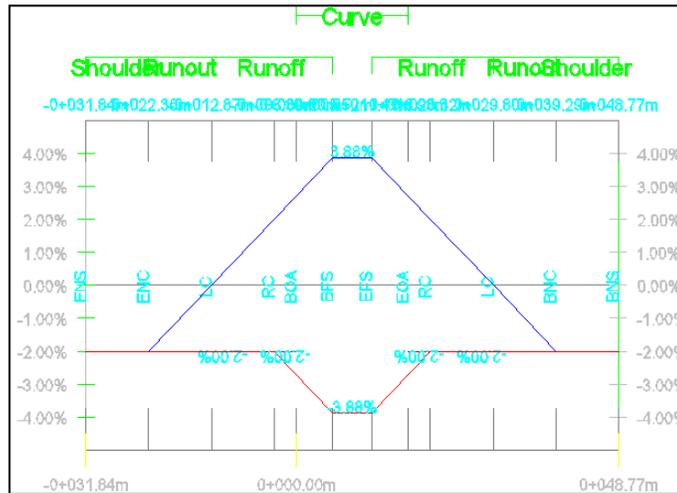
La transición del peralte en esta conectante se desarrolla hasta un 3.88% siendo casi el máximo para la que fue diseñada.

La rasante correspondiente a la conectante que empalma la calle 12 con la carrera 5ª y/o el retorno 1, presenta una línea recta con 0.24% de pendiente, que se localiza sobre los 706 metros. Al ser este un terreno plano, el movimiento de tierras será mínimo y en cuanto a la transición de peralte, esta desarrolla un peralte máximo de 3.88%. Es importante resaltar que estas conectantes generan una buena visibilidad, pues no existen barreras o pequeñas curvas verticales que impidan la visualización hacia adelante.

Las imágenes siguientes muestran la rasante de la conectante de la calle 12 y su respectiva transición de peraltes para confirmar los datos proporcionados.



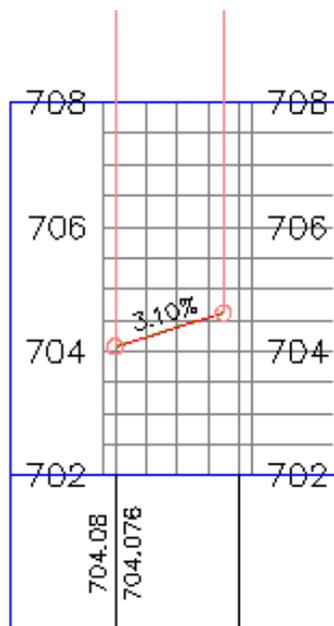
**Figura 54:** Rasante conectante calle 12 – AV 5ª.- Alternativa 1.



**Figura 55:** Transición de peraltes – conectante Calle 12 – AV 5ª.- Alternativa 1.

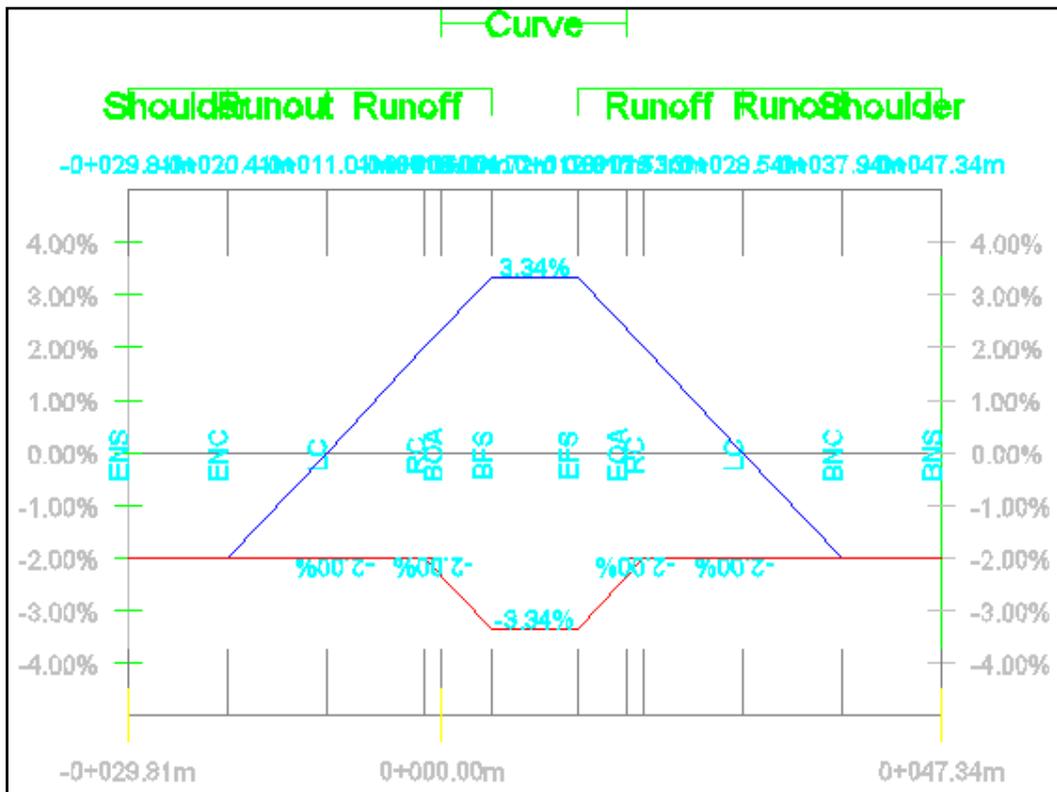
A la conectante que permite la unión entre el centro del municipio de Anapoima con la Avenida principal, se le diseño una rasante que, como las anteriores, cuenta con una línea recta de 3.10% de pendiente, y una diferencia de altura de 5 metros.

Como se puede evidenciar en la siguiente imagen, la rasante se trazo demasiado cerca el terreno natural, lo cual hará mínimas las excavaciones o generación de terraplenes y se va a permitir un buen drenaje de la conectante por la pendiente que presenta.



**Figura 56:** Rasante Conectante carrera 2ª – carrera 5ª. - Alternativa 1.

La conectante descrita desarrolla un peralte máximo de 3.34%, como es de notar en la figura que se sigue, lo cual permite afirmar que la curva que se diseño en el alineamiento cuenta con una trayectoria suficiente para que la transición del peralte se pueda lograr sin poner en riesgo la seguridad del conductor.



**Figura 57:** Transición de peraltes de la conectante carrera 2ª – carrera 5ª. - Alternativa 1.

El diseño en perfil también incluye la rasante de los retornos en U ubicados sobre las vías secundarias. Estos perfiles, al igual que las conectantes, no están conformados por curvas verticales, sino por rectas que se trazan casi al nivel del terreno natural haciendo que el movimiento de tierras sea mínimo.

La rasante del primer retorno en U, que permite el giro de los vehículos que van sentido E – W al sentido W – E sobre la calle 12, cuenta con una recta de 1.33% de pendiente y una diferencia de alturas de 15 cm aproximadamente.

En las siguientes figuras se detalla la rasante del mencionado retorno en U, y su correspondiente diagrama de transición de peraltes en el cual se alcanza el 3.97 % del 4% de peralte máximo establecido para dicho retorno.

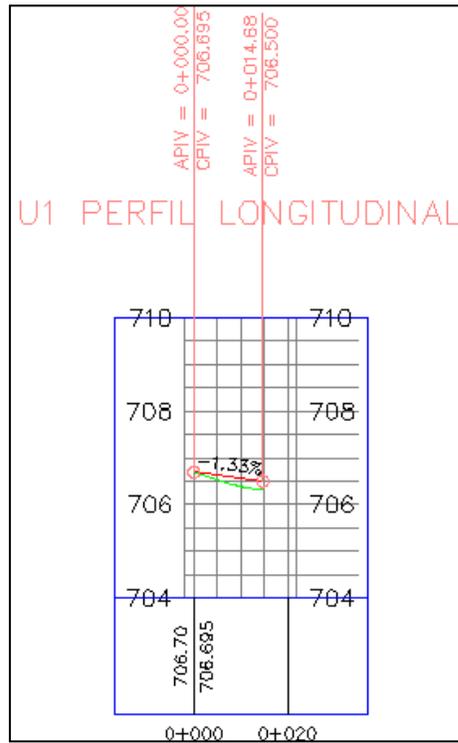


Figura 58: Rasante retorno U1 Calle 12. - Alternativa 1.

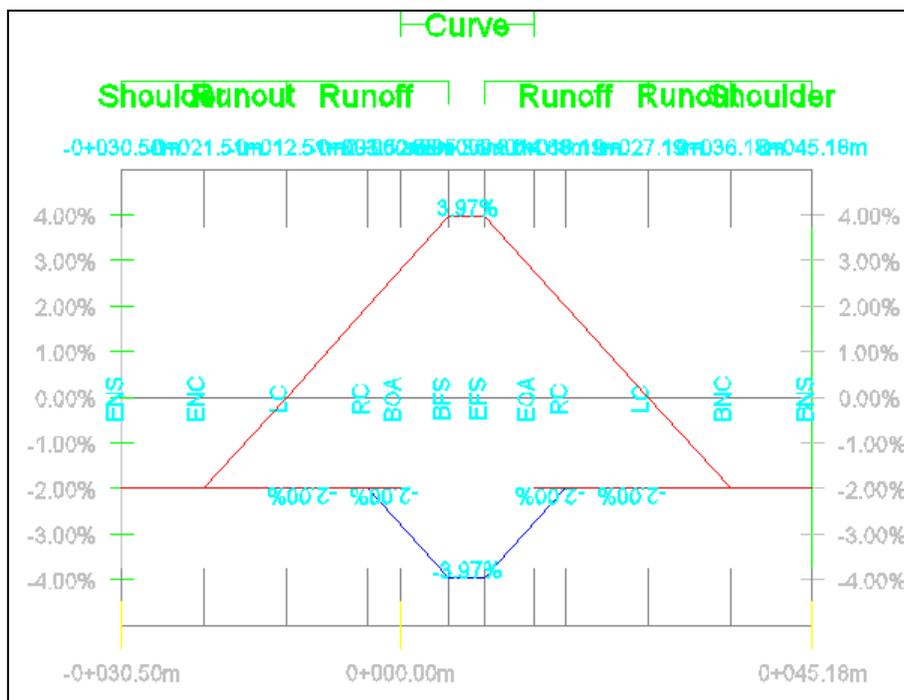
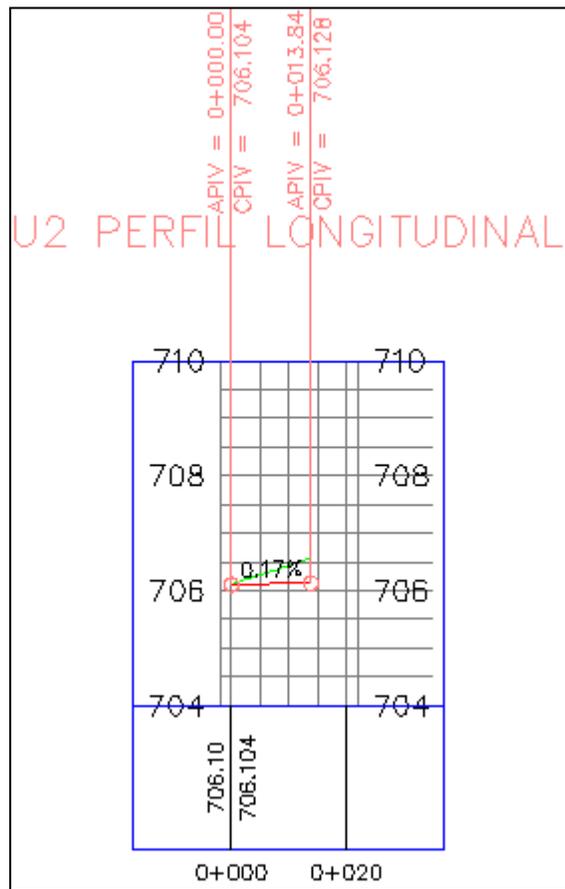


Figura 59: Transición de Peraltes retorno U1 Calle 12. - Alternativa 1.

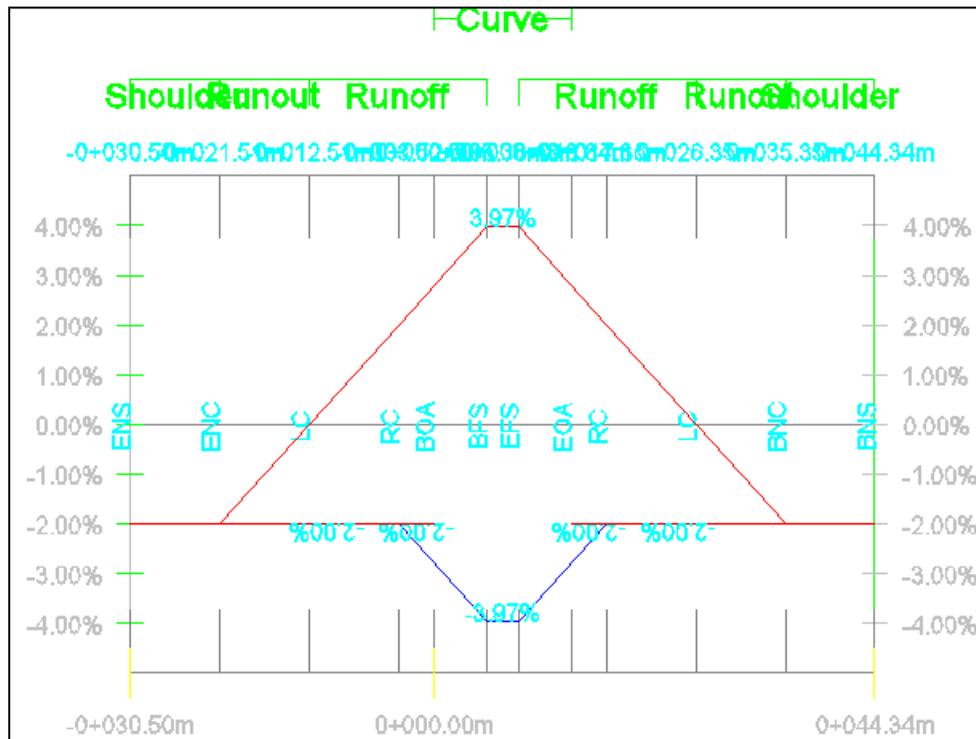
Para el retorno U que permite el giro de los vehículos que vienen sentido W – E al E – W sobre la calle 12, se diseñó una rasante compuesta de una línea recta de 0.17% de pendiente, con desnivel de 5 cm aproximadamente, lo que indica que los dos alineamientos de la calle 12 son prácticamente paralelos y que el desnivel entre ambos es mínimo.

La figura siguiente muestra la rasante del retorno en consideración, mostrando la pendiente tan baja por la alineación entre ambos sentidos de la calle 12.



**Figura 60:** Rasante Retorno U2 calle 12. - Alternativa 1.

Igualmente, se muestra a continuación, el diagrama de la transición de peraltes para este segundo retorno diseñado, el cual desarrolla un peralte máximo de 3.97% y que es importante tener presente, pues con esto se demuestra que el vehículo va a tener una correcta transición a lo largo de la curva horizontal, que debe cumplirse a bajas velocidades, por ser de un radio pequeño.



**Figura 61:** Transición de peraltes del Retorno U2 calle 12. - Alternativa 1.

El último retorno en U que corresponde a la carrera 2ª, y permite el giro de los vehículos que van por el sentido W – E para tomar el sentido contrario, cuenta con un diseño de rasante similar a las anteriores, en este caso es una línea recta de 1.64% de pendiente, mostrando un desnivel de 10 cm entre los dos alineamientos sobre la carrera 2ª.

Además de la rasante, se detalla el diagrama de transición de peraltes, el cual se desarrolla al máximo para el que fue diseñado el respectivo retorno, y ayudados de este se puede garantizar que el vehículo tendrá una correcta trayectoria con plena seguridad.

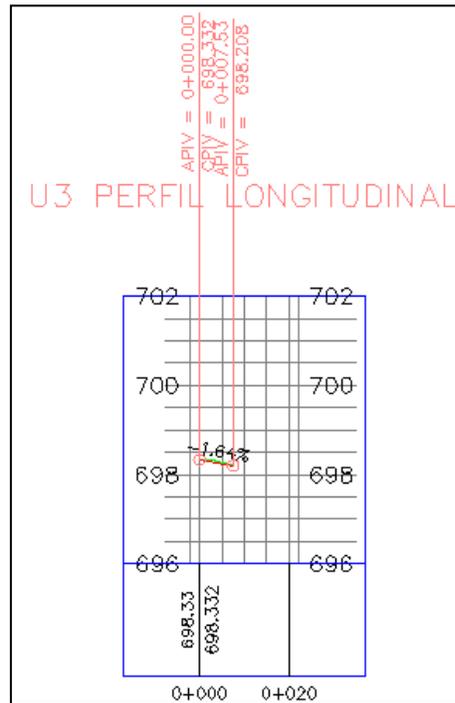


Figura 62: Rasante Retorno U carrera 2ª. - Alternativa 1.

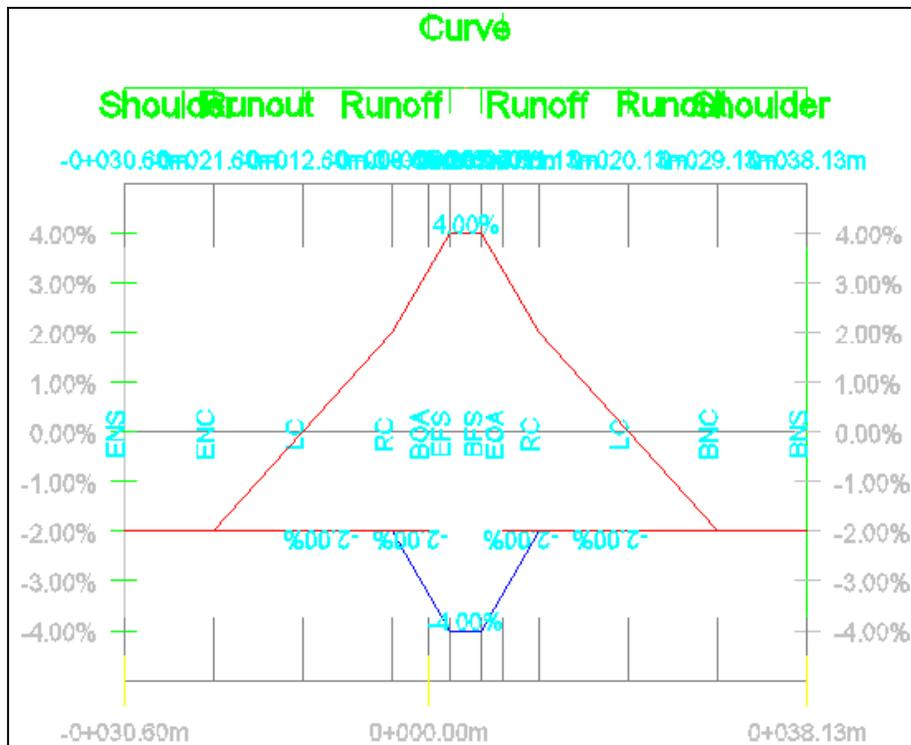


Figura 63: Transición de peralte retorno U Carrera 2ª. - Alternativa 1.

Los últimos elementos que constituyen la intersección diseñada, son los retornos principales que solucionan en gran medida el problema de movilidad en épocas de alta demanda vehicular, sobre todo cuando se lleva a cabo el plan retorno para descongestionar y agilizar el tránsito.

El retorno 1, que permite el giro de los vehículos que van por la carrera 5ª sentido N – S o por la calle 12 en sentido W – E y se quieren dirigir a la carrera 2ª sentido W – E o regresar a la carrera 5ª hacia el Norte, cuenta con una rasante con varios detalles. En primera medida, es importante señalar que el gálibo, es decir, la altura que debe existir entre la vía principal y la rasante del retorno, debe ser de 7 metros, el cual garantizara que los vehículos más grandes, puedan pasar por debajo de la vía sin restricción y sin ningún problema.

De esta forma, en el trazado de la rasante de este retorno, además de las consideraciones anteriores, se tuvieron en cuenta las pendientes a usar en este. Como se observa en el alineamiento horizontal, existe un primer tramo recto de 67 metros y una distancia horizontal de 140 metros desde el inicio del retorno hasta al borde del andén que va en sentido Norte – Sur sobre la carrera 5ª, lo cual generó una pendiente del 8.0%, la cual supera en un 1.0% la pendiente máxima exigida por el INVIAS para este tipo de vía.

Ésta pendiente se adoptó con el ánimo de reducir costos en la excavación de tierras, pues para poder disminuir la pendiente, se debía contar con un alineamiento más extenso, lo que también implicaría mayor impacto ambiental y social, ya que el trayecto a recorrer por los conductores sería más largo provocando mayor uso de combustible y tiempo. Además, se decidió tomar ésta pendiente porque los vehículos van a una baja velocidad de diseño y cuentan con las distancias de visibilidad adecuadas y permitirá una segura trayectoria.

En cuanto a la transición de peraltes, las curvas circulares situadas a lo largo del alineamiento horizontal, cuentan con un buen desarrollo, pues para el caso de la primera curva, alcanza un peralte máximo de 4% y la segunda curva simplemente genera una transición que depende del bombeo.

A continuación se mostraran las respectivas imágenes de la rasante y la transición de peraltes de dicho retorno, en la que se detallan algunos de los aspectos mencionados.

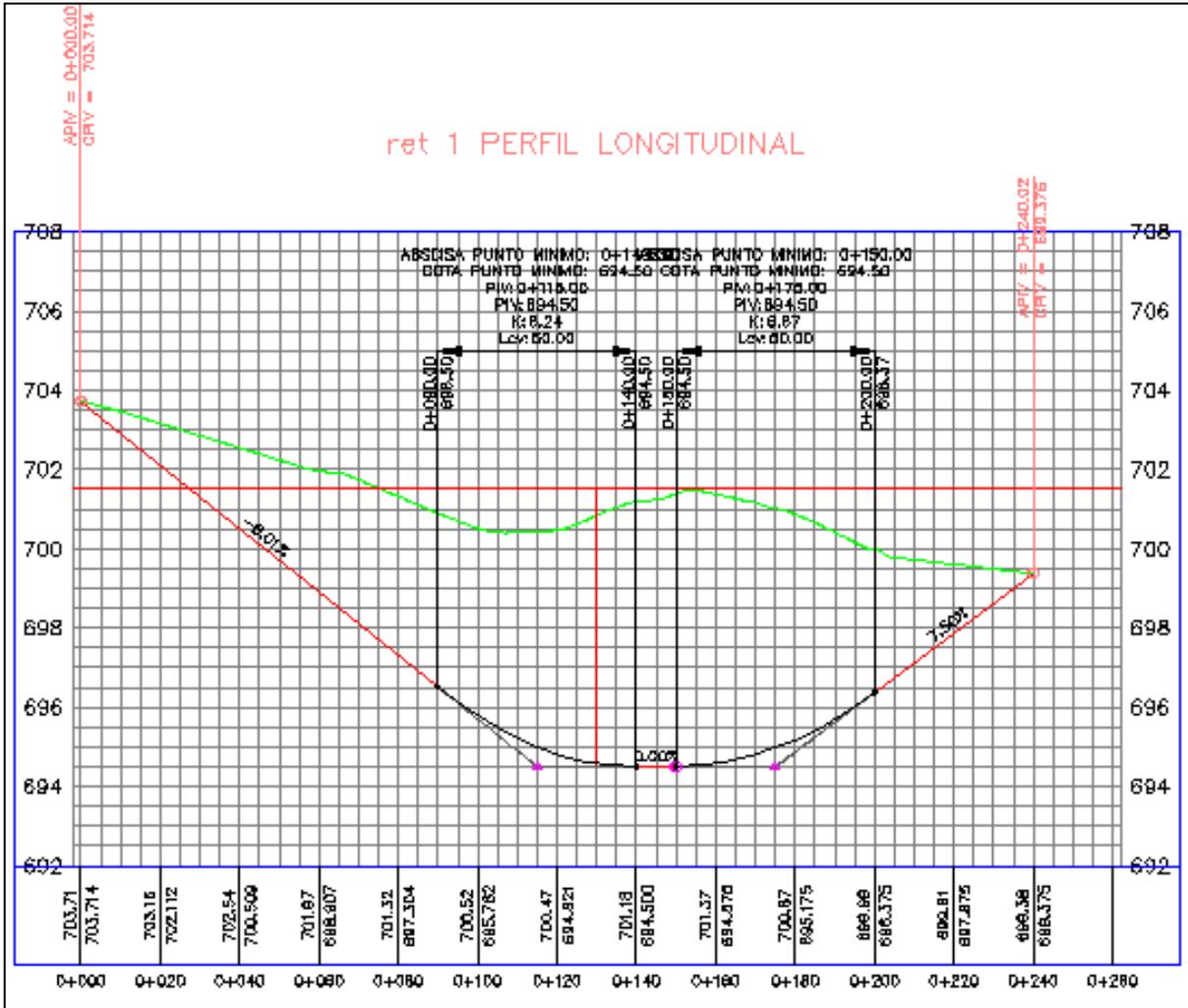


Figura 64: Rasante Retorno 1. - Alternativa 1.

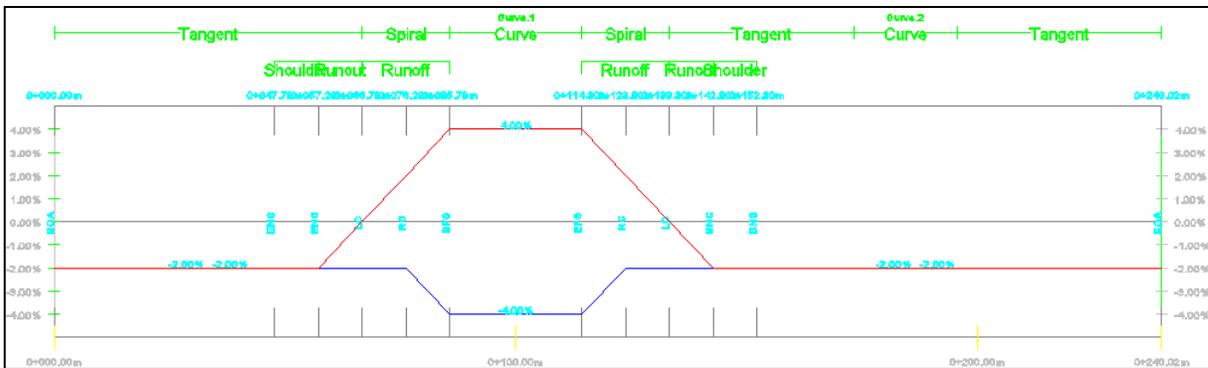


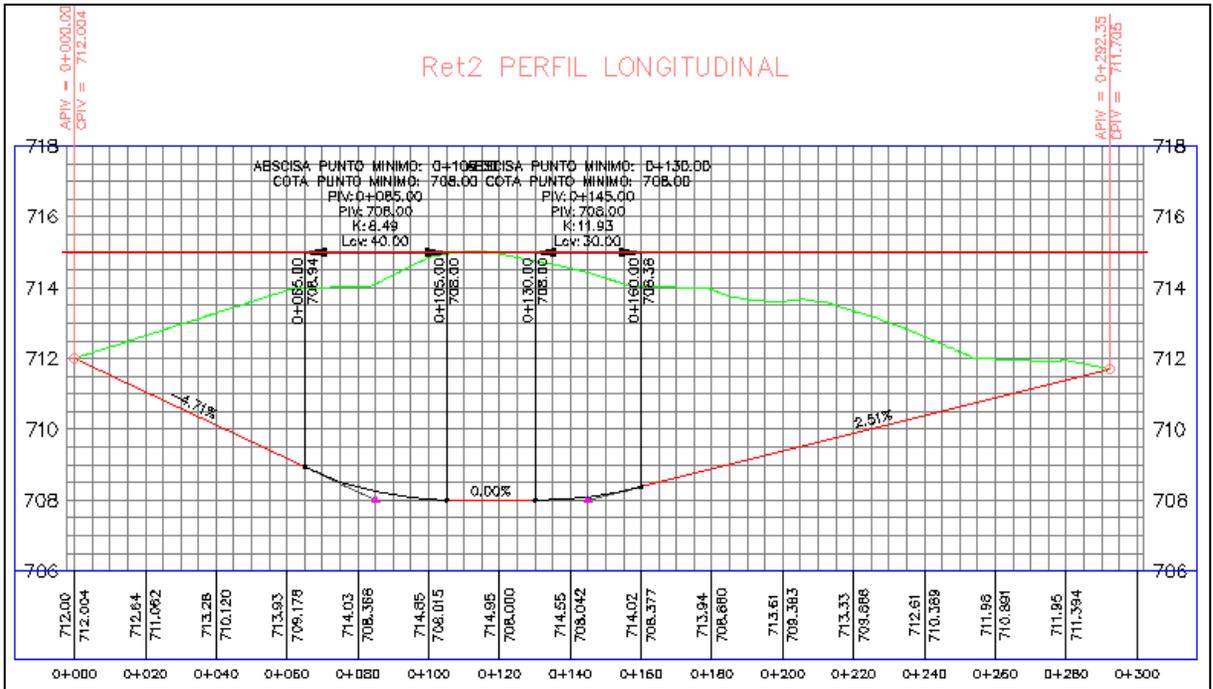
Figura 65: Transición de Peraltes Retorno 1. - Alternativa 1.

Es de resaltar en la Figura 64, las líneas rojas que se plasman allí, pues a partir de ellas se puede saber entre que abscisas va la vía principal y cuál es la cota roja que se presenta en este tramo, y de esa manera tener claro desde que altura se deben bajar los 7 metros correspondientes al galibo. Es así como se encontró que la carrera 5ª se encuentra entre las abscisas 0+140 y 0+155, contemplando los 7.30 metros de calzada y los 3.0 metros correspondientes a los andenes que se sitúan a cada lado de la vía. Por otro lado, la altura de la carrera 5ª en este tramo es de 701.5 metros, por lo que la rasante del retorno en esta zona debe alcanzar una altura de 694.5 metros para garantizar el paso libre y seguro de los vehículos en este deprimido.

Además de lo anterior se pueden observar las curvas verticales instauradas en esta rasante, las cuales tienen una longitud de curva de 50 metros y cumplen con un coeficiente K de 6.2 y 6.7 respectivamente, el cual, según el INVIAS, debe ser mínimo de 6.0 para una curva cóncava, como las utilizadas en este caso.

Para culminar las rasantes diseñadas, se tiene el retorno 2 el cual permite tomar el sentido Norte – Sur sobre la carrera 5ª y a partir de ahí tomar las direcciones que sean necesarias por el conductor.

En la siguiente figura se muestra a grandes rasgos la rasante diseñada para este retorno y sus componentes que serán descritos seguidamente:



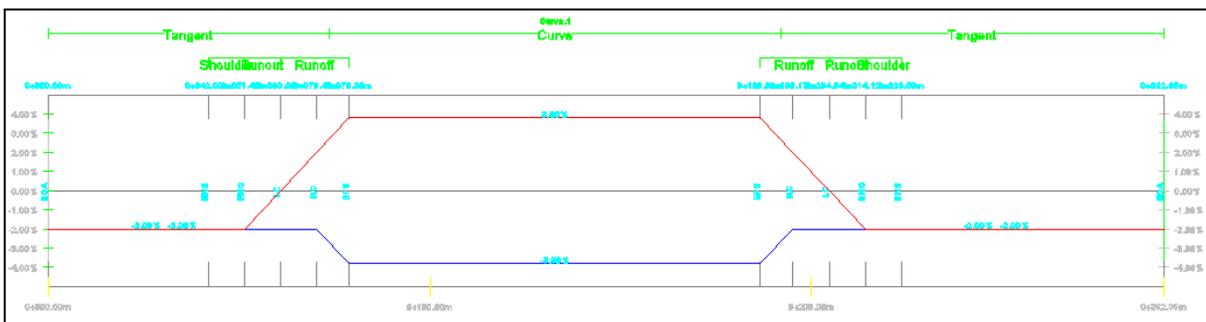
**Figura 66:** Rasante Retorno 2. - Alternativa 1.

En primera medida, se analizaran las pendientes desarrolladas en esta rasante, que como se observa son de 4.7% y 2.5% y se ajustan a lo recomendado por el INVIAS, de usar pendientes inferiores al 7%. Estas se lograron por las longitudes adoptadas, pero sobretodo, por el diseño de la carrera 5ª, porque a pesar de que en el retorno 1 también se hayan contado con longitudes similares a estas, en este caso el ramal de entrada y salida se encontraban a 6 metros verticalmente de la zona que debe tener el galibo de 7 metros, haciendo que el trazado fuera más suave, mientras que con el retorno 1 los ramales de entrada y salida estaban por encima de esta zona una longitud vertical de 10 metros, lo que ocasiono la diferencia entre estos, a pesar de tener longitudes extensas, pero que de cualquier modo, garantizaran la visibilidad del conductor en todo el recorrido.

Se tienen de igual manera las curvas verticales tipo cóncavas, en donde la primera curva tiene una longitud de curva de 40 metros y un K de 8.5 y la segunda presenta una longitud de curva de 30 metros para garantizar un K de 11.9. Es importante resaltar que la longitud de curva mínima para darle buenas condiciones a la vía, es de 24 metros, por lo que los valores adoptados prestaran un adecuado servicio, además de que se están cumpliendo los coeficientes para evitar empozamientos.

Como se observo en la Figura 66, la altura de la carrera 5ª, específicamente del tramo que sobre pasa por la curva circular del retorno 2, es de 715 metros, y el tramo que debe cumplir el galibo exigido por el INVIAS, se encuentra entre las abscisas 0+105 y 0+120, pero que por condiciones de estética y mejor desarrollo de la curva horizontal se amplió hasta la abscisa 0+135, y así ofrecer al conductor 30 metros de un perfil recto, y en los cuales también se contemplaron los andenes y ciclorruta que van sobre la carrera 5ª.

Como se mencionó, el vehículo tiene una trayectoria suave y amplia para llevar a cabo la transición sobre la curva circular, por lo que en el diagrama siguiente se ve que el peralte máximo conseguido es de 3.80%, lo que brindará al conductor la sensación de seguridad y control en todo el recorrido.



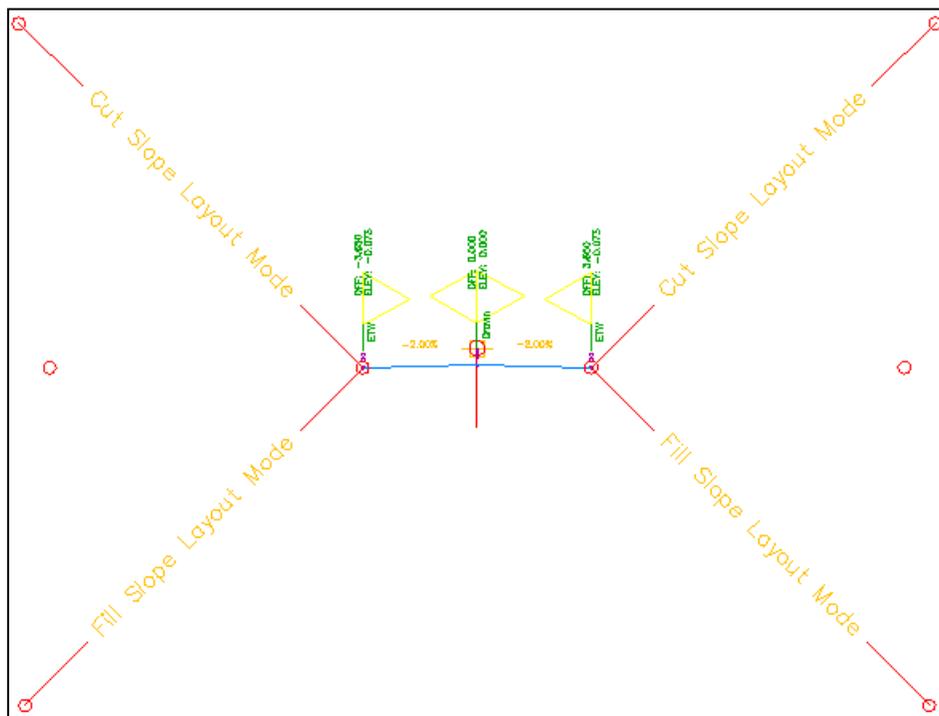
**Figura 67:** Transición de peraltes del Retorno 2.- Alternativa 1.

### 4.6.1.3. Sección Transversal

Para la creación de la sección transversal típica, se tuvieron en cuenta los datos recopilados de las vías existentes, que se encuentran en el capítulo 4.2 del presente trabajo, en donde se encuentran los espesores de la estructura de pavimento, tanto de la vía principal como de las vías secundarias. Como se dijo anteriormente, esta información fue proporcionada por la oficina de planeación de la Alcaldía del municipio de Anapoima, y a partir de ella se pudieron generar dos secciones transversales típicas, con los espesores suministrados.

De esta manera, se realizó una sección transversal típica que será usada en los corredores de la carrera 5ª, las conectantes y los retornos 1 y 2. Para los retornos U, la calle 12 y la carrera 2ª, se empleo otra sección transversal típica. Estas dos difieren únicamente en los espesores utilizados, pues las vías secundarias fueron diseñadas para soportar menores cargas vehiculares, y en los diseños que se realizaron en este proyecto se aprovecharon las estructuras existentes que podían aportar al mejoramiento de la movilidad, con el fin de reducir costos y el impacto social y ambiental.

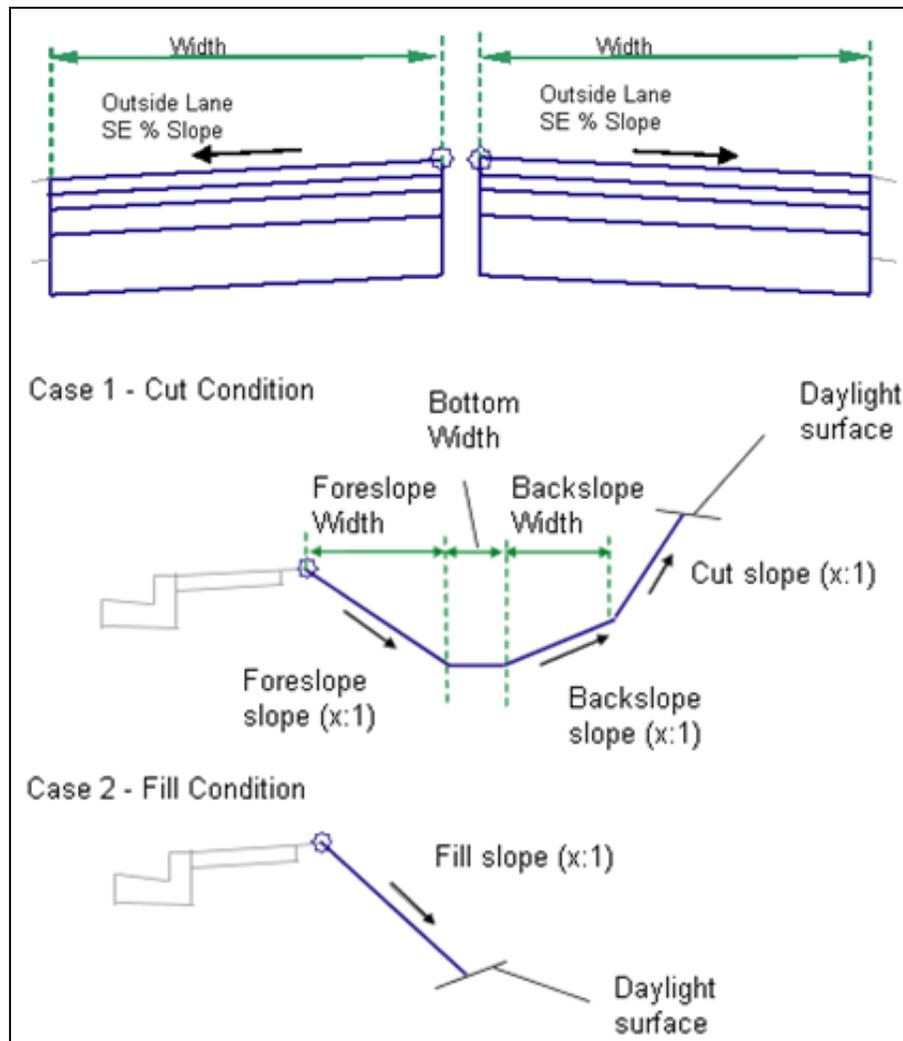
En la siguiente figura se identifica la sección transversal típica diseñada y más adelante se señalarán los espesores y criterios tomados en cada una de ellas.



**Figura 68:** Sección Transversal Típica. - Alternativa 1.

Como se pudo observar, las dos secciones transversales típicas diseñadas, se componen únicamente del ancho de calzada y los cortes y/o rellenos hasta los chaflanes. Se omitieron las bermas para estos casos ya que, para el caso de la vía principal, en donde es más importante el uso de estas, la concesión DEVISAB las ubico en puntos estratégicos, donde existen más probabilidades de accidentes, y en la visita realizada, se evidencio que en la zona de interés no existían bermas, además que, al tratarse de una intersección, el uso de bermas implicaría mayor extensión de terreno.

Las siguientes figuras permiten identificar cada uno de los parámetros necesarios para la conformación de la sección transversal:



**Figura 69:** Elementos de la sección Transversal.  
**Fuente:** Documentos de Ayuda.- AutoCad Civil 3D.

Para la conformación de la estructura de la vía, en la primera figura se observan 4 capas, las cuales pertenecen a la rodadura asfáltica, la base asfáltica, la base y la sub-base, además de la pendiente que se tendrá transversalmente por cada carril en la calzada, es decir, el bombeo, que permitirá que las aguas superficiales puedan drenar adecuadamente y así mantener en buen estado la carretera.

En el caso de presentarse la condición de corte, en donde se proponen cunetas, se deben tener presente las pendientes a usar y los anchos de estas, además de la forma que se desean.

De esa manera, los espesores de pavimento y pendientes usadas en las cunetas, que conformaran la sección transversal de la vía principal, son:

**Tabla 24:** Sección transversal típica para vías primarias.

<b>SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA.- PRIMARIA</b>		
<b>Estructura de pavimento</b>	Ancho de carril (m)	3.65
	Rodadura asfáltica (m)	0.08
	Base asfáltica (m)	0.15
	Espesor Base (m)	0.27
	Espesor sub-base (m)	0.30
	Bombeo (%)	2
<b>Generación De cunetas</b>	Pendiente	1.00:1 (recorrido por altura)
	Anchura inferior (m)	0.50
	Anchura superior (m)	1.50

Los anteriores valores, como se mencionó, hacen referencia a la sección transversal típica correspondiente a la vía principal y las conectantes dentro de la intersección, de este modo, los siguientes parámetros son los utilizados para la construcción de la sección transversal de las vías secundarias, como la carrera 2ª y la calle 12:

**Tabla 25:** Sección transversal típica para vías secundarias.

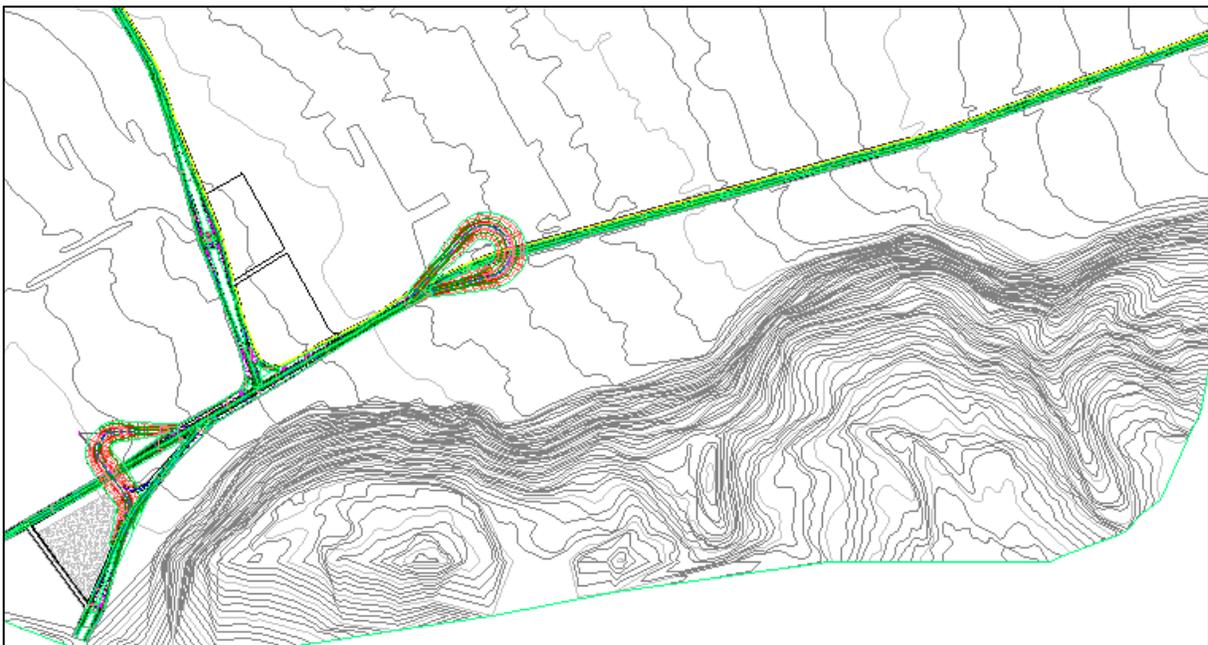
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA.- SECUNDARIA</b>		
<b>Estructura de pavimento</b>	Ancho de carril (m)	3.65
	Rodadura asfáltica (m)	0.05
	Base asfáltica (m)	0.07
	Espesor Base (m)	0.15
	Espesor sub-base (m)	0.26
	Bombeo (%)	2

Con la creación de las dos secciones transversales típicas que se usaran en la intersección, se inicia con la construcción de los corredores, de forma digital, en la que interviene el diseño en planta, en perfil y transversal de cada uno de los alineamientos que componen dicha intersección, lo que permitirá conocer más adelante, los volúmenes para el movimiento de tierras.

Todos los corredores se construyeron con el mismo criterio, en donde se selecciona el alineamiento a tratar, junto con su rasante y la sección transversal correspondiente. A cada corredor se debe asignar una frecuencia de distancia, en la que se van a encontrar los principales elementos del alineamiento, y designar el tope que estos corredores tendrán.

De dicho modo, los corredores contarán con una frecuencia en cada elemento del alineamiento, así: a lo largo de las tangentes, cada 20 metros y cada 10 metros a lo largo de las curvas, las espirales y las curvas verticales. En cuanto a las fronteras para cada corredor, se dibujaron los bordes de vía, los cuales cubren el ancho total en cada alineamiento diseñado. Estos permiten que el corredor se desarrolle entre las poli líneas señaladas sobre el terreno natural.

En la siguiente imagen se muestra un pequeño panorama de los diferentes corredores que componen la intersección vial.



**Figura 70:** Visualización de los corredores viales. - Alternativa 1.

Teniendo conformados los corredores, se debe realizar un análisis para el cálculo del volumen de movimiento de tierras, datos muy importantes a la hora de estimar los costos de cada diseño.

Como ya se había mencionado, existen tramos de carretera que tendrán la misma conformación a la actual, es decir, que no se le realizaran modificaciones, como en el caso de la carrera 5ª como algunos tramos de la calle 12 y carrera 2ª. Por esta razón, es importante tener en cuenta las abscisas entre las cuales se van a llevar a cabo los nuevos cambios geométricos y así poder proporcionar los datos correctamente.

En las siguientes tablas se mostrarán los volúmenes resultantes para el movimiento de tierra de cada alineamiento diseñado que deba ser intervenido geoméricamente con respecto al existente, y que por tal motivo se debe estimar un costo para su construcción.

Para la carrera 5ª se tomaran los volúmenes únicamente de lo que concierne a los carriles de aceleración y desaceleración, que fueron implementados para su mejoramiento, pero nada en la construcción de los carriles principales como tal, ya que esa vía está bien concesionada y no requirió de mas modificaciones. De este modo los tramos a tener en cuenta para los volúmenes son:

Para la carrera 5ª sentido Norte – Sur se tendrán en cuenta los tramos entre las abscisas km 0+700 al km 0+910 y del km 0+960 al km 1+120. Del otro sentido, Sur – Norte, el tramo a tener en cuenta se encuentra entre las abscisas 0+300 a la 0+500.

**Tabla 26:** Volumen corte y terraplén km 0+700 al km 0+910 sentido N-S carrera 5ª. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+700.00	0.81	0.00	15.49	0.00	23.62	2954.30
0+720.00	0.00	2.49	8.11	24.90	31.73	2979.20
0+740.00	0.00	1.44	0.00	39.34	31.73	3018.54
0+760.00	0.00	0.53	0.00	19.74	31.73	3038.28
0+780.00	0.00	0.55	0.00	10.84	31.73	3049.12
0+800.00	0.00	1.55	0.00	21.00	31.73	3070.12
0+820.00	0.00	2.38	0.00	39.29	31.73	3109.41
0+840.00	0.00	3.28	0.00	56.46	31.73	3165.87
0+854.54	0.00	3.34	0.00	47.99	31.73	3213.86
0+860.00	0.00	3.67	0.00	19.15	31.73	3233.01
0+868.98	0.00	5.37	0.00	40.60	31.73	3273.62
0+880.00	0.00	6.09	0.00	63.13	31.73	3336.74
0+883.43	0.00	6.48	0.00	21.53	31.73	3358.28
0+897.87	0.00	8.22	0.00	106.21	31.73	3464.48
0+900.00	0.00	8.49	0.00	17.79	31.73	3482.27
0+910.00	0.00	9.38	0.00	89.34	31.73	3571.61

De la tabla anterior se puede obtener el volumen de corte y terraplén en este primer tramo, restando los valores acumulados, así:

$$V_{\text{corte/terraplén}} = \text{Vacumulado (km0 + 910)} - \text{Vacumulado (km0 + 700)}$$

$$V_{\text{corte}} = 3571.61\text{m}^3 - 2954.3\text{m}^3 = \mathbf{617,31\text{m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 31.73\text{m}^3 - 23.62\text{m}^3 = \mathbf{8,11\text{m}^3}$$

En la tabla que sigue, y con el mismo procedimiento anterior, podemos encontrar los correspondientes volúmenes de corte y terraplén para el segundo tramo sentido N –S sobre la carrera 5ª.

**Tabla 27:** Volumen corte y terraplén km 0+960 al km 1+120 sentido N-S carrera 5ª. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+960.00	0.00	14.65	0.00	133.63	31.73	4115.55
0+970.00	0.00	13.59	0.00	141.23	31.73	4258.78
0+972.13	0.00	13.38	0.00	28.79	31.73	4285.57
0+980.00	0.00	12.64	0.00	102.33	31.73	4387.90
0+986.29	0.00	12.08	0.00	77.78	31.73	4465.69
1+000.00	0.00	10.88	0.00	157.30	31.73	4622.99
1+000.74	0.00	10.92	0.00	8.05	31.73	4631.04
1+015.18	0.00	11.88	0.00	164.69	31.73	4795.73
1+020.00	0.00	12.19	0.00	57.97	31.73	4853.69
1+029.63	0.00	14.77	0.00	129.79	31.73	4983.48
1+040.00	0.00	19.22	0.00	176.23	31.73	5159.71
1+080.00	0.00	18.98	0.00	382.03	31.73	5541.74
1+080.00	0.00	12.84	0.00	318.24	31.73	5859.98
1+100.00	0.00	7.19	0.00	200.28	31.73	6060.26
1+120.00	0.00	8.13	0.00	153.22	31.73	6213.48

$$V_{\text{corte/terraplén}} = \text{Vacumulado (km1 + 120)} - \text{Vacumulado (km0 + 960)}$$

$$V_{\text{corte}} = 6213,48\text{m}^3 - 4115,55\text{m}^3 = \mathbf{2097,93\text{m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 31,73\text{m}^3 - 31,73\text{m}^3 = \mathbf{0.00\text{m}^3}$$

En el sentido Sur – Norte, la tabla de a continuación, exhibe los volúmenes de los 200 metros a intervenir.

**Tabla 28:** Volumen corte y terraplén km 0+300 al km 0+500 sentido S – N carrera 5ª.  
- Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+300.00	0.00	10.74	0.00	207.57	0.00	2259.88
0+320.00	0.00	10.85	0.00	215.86	0.00	2475.73
0+340.00	0.00	10.88	0.00	217.25	0.00	2692.99
0+360.00	0.00	7.41	0.00	182.91	0.00	2875.90
0+380.00	0.00	6.66	0.00	140.69	0.00	3016.59
0+400.00	0.00	5.82	0.00	124.73	0.00	3141.31
0+420.00	0.00	4.53	0.00	103.49	0.00	3244.81
0+440.00	0.00	2.58	0.00	71.12	0.00	3315.93
0+460.00	0.00	1.92	0.00	45.04	0.00	3380.97
0+480.00	0.00	1.37	0.00	32.97	0.00	3393.93
0+500.00	0.00	1.19	0.00	25.60	0.00	3419.54

$$V_{\text{corte/terraplén}} = V_{\text{acumulado}} (\text{km}0 + 300) - V_{\text{acumulado}} (\text{km}0 + 500)$$

$$V_{\text{corte}} = 3419.54 \text{ m}^3 - 2259.88 \text{ m}^3 = \mathbf{1159.66 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0.00 \text{ m}^3 - 0.00 \text{ m}^3 = \mathbf{0.00 \text{ m}^3}$$

Como se observó, en ninguno de los sentidos de la carrera 5ª se presentaron terraplenes demasiado bajos, por lo que los costos para la intervención de esta vía los costos serán dirigidos principalmente a los cortes.

Respecto a las vías secundarias, los tramos de interés para el cálculo de volúmenes, son los siguientes:

Calle 12 sentido E – W entre las abscisas 0+100 a 0+240 y sentido W – E entre las abscisas 0+120 a la 0+360. En cuanto a la carrera 2ª, el sentido E – W será modificado a lo largo de todo su alineamiento, al contrario del sentido W – E que no necesitara un análisis para conocer los volúmenes pues, a pesar que se diseño en perfil y planta, esto sólo se hizo para dar guía al alineamiento del otro sentido, y por ende conservara la estructura actual.

Las 2 tablas que se muestran a continuación pertenecen a los volúmenes de las intervenciones en la calle 12.

**Tabla 29:** Volumen corte y terraplén km 0+100 al km 0+240 sentido E – W calle 12.- Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+100.00	0.00	0.63	0.00	14.23	0.00	286.16
0+120.00	0.00	1.05	0.00	16.82	0.00	302.98
0+140.00	0.00	3.83	0.00	46.74	0.00	351.72
0+145.45	0.00	3.85	0.00	20.93	0.00	372.65
0+155.45	0.00	3.84	0.00	38.48	0.00	411.13
0+160.00	0.00	3.79	0.00	17.37	0.00	428.50
0+165.45	0.00	3.77	0.00	20.63	0.00	449.13
0+175.45	0.00	3.81	0.00	37.92	0.00	487.05
0+175.82	0.00	3.83	0.00	1.81	0.00	488.85
0+180.00	0.00	3.95	0.00	15.57	0.00	504.42
0+180.41	0.00	3.98	0.00	1.63	0.00	506.05
0+184.58	0.00	3.90	0.00	18.01	0.00	522.06
0+188.72	0.00	3.95	0.00	16.00	0.00	538.06
0+190.00	0.00	4.02	0.00	5.12	0.00	543.18
0+193.20	0.00	4.30	0.00	13.09	0.00	556.27
0+193.58	0.00	4.33	0.00	2.04	0.00	558.31
0+200.00	0.00	4.55	0.00	28.08	0.00	586.39
0+203.68	0.00	4.30	0.00	16.27	0.00	602.66
0+213.88	0.00	4.59	0.00	44.49	0.00	647.16
0+220.00	0.00	5.03	0.00	30.43	0.00	677.59
0+223.68	0.00	5.15	0.00	18.72	0.00	696.30
0+240.00	0.00	4.35	0.00	77.58	0.00	773.88

$$V_{\text{corte/terraplén}} = V_{\text{acumulado}}(km0 + 100) - V_{\text{acumulado}}(km0 + 240)$$

$$V_{\text{corte}} = 773.89 \text{ m}^3 - 286.16 \text{ m}^3 = \mathbf{487.73 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0.00 \text{ m}^3 - 0.00 \text{ m}^3 = \mathbf{0.00 \text{ m}^3}$$

**Tabla 30:** Volumen corte y terraplén km 0+120 al km 0+360 sentido W – E calle 12. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+120.00	0.00	0.94	0.00	19.02	0.00	173.11
0+140.00	0.00	1.19	0.00	21.23	0.00	194.34
0+160.00	0.00	2.58	0.00	37.62	0.00	231.96
0+180.00	0.00	2.63	0.00	52.06	0.00	284.02
0+200.00	0.00	3.10	0.00	57.32	0.00	341.34
0+220.00	0.00	3.79	0.00	68.89	0.00	410.23
0+231.40	0.00	3.08	0.00	39.13	0.00	449.36
0+234.38	0.00	3.23	0.00	9.39	0.00	458.75
0+346.98	0.06	0.06	0.06	0.05	14.61	744.58
0+356.64	0.00	0.28	0.29	1.65	14.90	746.24
0+357.48	0.00	0.31	0.00	0.25	14.90	746.48
0+360.00	0.00	0.39	0.00	0.88	14.90	747.36

$$V_{\text{corte/terraplén}} = V_{\text{vacumulado}}(km0 + 120) - V_{\text{vacumulado}}(km0 + 360)$$

$$V_{\text{corte}} = 747,36 \text{ m}^3 - 173,11\text{m}^3 = \mathbf{574,25 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 14,90 \text{ m}^3 - 0,00 \text{ m}^3 = \mathbf{14,90 \text{ m}^3}$$

Del alineamiento E – W de la carrera 2ª, se tienen las siguientes tablas que muestran el volumen en toda la longitud en este sentido. Para abreviar el número de tablas, se tomaron aquellas que indican las primeras y últimas estaciones, pero para cualquier detalle, al igual que en los demás alineamientos, se tienen los anexos del presente documento, en los cuales se encontraran planos y tablas de cada alternativa diseñada.

**Tabla 31:** Volumen corte y terraplén km 0+000 al km 0+304 sentido E–W carrera 2ª.-  
Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00
0+003.01	0.00	2.88	0.00	8.12	0.00	8.12
0+013.51	0.00	4.26	0.00	37.51	0.00	45.63
0+020.00	0.00	6.79	0.00	35.87	0.00	81.50
0+024.01	0.00	7.96	0.00	29.55	0.00	111.04
0+034.51	0.00	9.46	0.00	91.45	0.00	202.50
0+038.71	0.00	9.48	0.00	39.77	0.00	242.27
0+040.00	0.00	9.41	0.00	11.58	0.00	253.85
0+044.57	0.00	8.88	0.00	39.51	0.00	293.36
0+044.79	0.00	8.84	0.00	1.92	0.00	295.28
0+045.01	0.00	8.80	0.00	1.91	0.00	297.19
0+050.00	0.00	7.44	0.00	38.23	0.00	335.42
0+216.94	0.00	2.60	0.00	28.75	2.10	941.57
0+220.00	0.00	2.22	0.00	7.37	2.10	948.94
0+240.00	0.00	1.27	0.00	34.87	2.10	983.81
0+260.00	0.00	2.12	0.00	33.85	2.10	1017.66
0+280.00	0.00	3.53	0.00	56.42	2.10	1074.09
0+300.00	0.00	5.54	0.00	90.66	2.10	1164.75
0+304.66	0.00	3.18	0.00	20.33	2.10	1185.08

En este caso, como el volumen corresponde a todo el alineamiento, se toman los últimos valores acumulados, siendo:

$$V_{\text{corte}} = 1185.08 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 2.10 \text{ m}^3$$

Los alineamientos restantes, como las conectantes y los retornos deprimidos y en U, al ser las principales modificaciones de la intersección, deben calcularse los volúmenes a lo largo de toda su longitud, pues son elementos que actualmente no se encuentran construidos, sino que fueron nuevas implementaciones para mejorar la movilidad en la zona.

Para los tres retornos en U, ubicados en la calle 12 y carrera 2ª, se obtuvieron las siguientes tablas exhibiendo los volúmenes de corte y terraplén necesarios para una posterior estimación de costos.

**Tabla 32:** Volumen corte y terraplén retorno U1 Calle 12.- Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	7.12	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.36	0.00	5.87	0.00	32.84	0.00	32.84
0+007.34	0.00	5.45	0.00	9.80	0.00	42.63
0+009.31	0.00	5.15	0.00	8.86	0.00	51.49
0+010.00	0.00	5.07	0.00	2.92	0.00	54.41
0+014.68	0.00	5.52	0.00	21.45	0.00	75.86

**Tabla 33:** Volumen corte y terraplén retorno U2 Calle 12. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	7.41	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.36	0.00	9.52	0.00	41.66	0.00	41.66
0+006.92	0.00	10.18	0.00	14.48	0.00	56.14
0+008.48	0.00	10.84	0.00	15.68	0.00	71.83
0+010.00	0.00	11.45	0.00	16.47	0.00	88.29
0+013.84	0.00	13.82	0.00	49.60	0.00	137.89

**Tabla 34:** Volumen corte y terraplén retorno U3 Carrera 2ª. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	7.13	0.00	0.00	0.00	0.00
0+002.13	0.00	7.40	0.00	13.75	0.00	13.75
0+003.76	0.00	7.53	0.00	10.81	0.00	24.56
0+005.40	0.00	7.33	0.00	10.69	0.00	35.24
0+007.53	0.00	7.71	0.00	14.49	0.00	49.73

Se observa que para la construcción de los tres retornos no serán necesarios terraplenes, y los volúmenes de corte no son tan elevados.

Los retornos principales, que al ir en forma de deprimido, tienen un mayor volumen referente a corte, y se ven reflejados en las tablas que siguen:

**Tabla 35:** Volumen corte y terraplén retorno 1. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	6.83	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	20.56	0.01	273.87	0.01	273.87
0+040.00	0.00	37.28	0.00	578.38	0.01	852.25
0+043.98	0.00	41.08	0.00	155.82	0.01	1008.07
0+053.48	0.00	50.97	0.00	437.21	0.01	1445.29
0+060.00	0.00	58.80	0.00	357.99	0.01	1803.28
0+062.98	0.00	62.83	0.00	181.07	0.01	1984.35
0+070.00	0.00	79.87	0.00	501.09	0.01	2485.44
0+072.48	0.00	86.69	0.00	194.46	0.01	2679.89
0+080.00	0.00	96.92	0.00	586.39	0.01	3266.28
0+081.98	0.00	95.07	0.00	148.24	0.01	3414.52
0+090.00	0.00	90.75	0.00	638.06	0.01	4052.58
0+100.00	0.00	101.95	0.00	925.89	0.01	4978.47
0+100.04	0.00	102.00	0.00	4.38	0.01	4982.85
0+107.27	0.00	108.51	0.00	715.00	0.01	5697.85
0+110.00	0.00	116.08	0.00	286.44	0.01	5984.29
0+116.77	0.00	125.30	0.00	767.11	0.01	6751.40
0+120.00	0.00	131.20	0.00	393.78	0.01	7145.17
0+126.27	0.00	142.05	0.00	630.47	0.01	7975.64
0+140.00	0.00	163.65	0.00	679.82	0.01	10068.92
0+145.27	0.00	168.91	0.00	876.45	0.01	10945.37
0+160.00	0.00	171.83	0.00	2509.33	0.02	13454.70
0+170.00	0.00	156.21	0.00	1640.20	0.02	15094.89
0+173.35	0.00	149.09	0.00	510.97	0.02	15605.86
0+180.00	0.00	131.36	0.00	972.47	0.02	16578.34
0+184.46	0.00	117.98	0.00	570.78	0.02	17149.12
0+195.56	0.00	83.54	0.00	1133.94	0.02	18283.05
0+200.00	0.00	71.73	0.00	344.35	0.02	18627.40
0+220.00	0.00	31.33	0.00	1030.60	0.02	19658.00
0+240.02	0.00	6.74	0.02	381.06	0.03	20039.07

**Tabla 36:** Volumen corte y terraplén retorno 2. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.01	30.93	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	81.79	0.09	1127.24	0.09	1127.24
0+040.00	0.00	107.50	0.02	1892.93	0.11	3020.17
0+042.00	0.00	106.99	0.00	215.00	0.11	3235.17
0+051.48	0.00	102.40	0.00	991.87	0.11	4227.04
0+060.00	0.00	104.48	0.00	881.48	0.11	5108.52
0+060.95	0.00	105.40	0.00	99.91	0.11	5208.43
0+070.43	0.00	116.86	0.00	1052.84	0.11	6261.26
0+073.55	0.00	121.30	0.00	372.28	0.11	6633.54
0+078.95	0.00	127.73	0.00	668.80	0.11	7302.34
0+080.00	0.00	128.84	0.00	133.24	0.11	7435.57
0+090.00	0.00	147.58	0.00	1373.35	0.11	8808.92
0+100.00	0.00	168.30	0.00	1588.05	0.11	10396.98
0+110.00	0.00	177.98	0.00	1766.75	0.11	12163.72
0+120.00	0.00	175.53	0.00	1811.75	0.11	13975.47
0+130.00	0.00	167.89	0.00	1752.58	0.11	15728.05
0+132.80	0.00	165.72	0.00	474.63	0.11	16202.68
0+140.00	0.00	158.67	0.00	1185.63	0.11	17388.31
0+150.00	0.00	143.94	0.00	1525.35	0.11	18913.66
0+160.00	0.00	128.52	0.00	1358.33	0.11	20271.99
0+170.00	0.00	120.24	0.00	1231.58	0.11	21503.57
0+180.00	0.00	107.75	0.00	1122.18	0.11	22625.75
0+186.64	0.00	98.27	0.00	665.98	0.11	23291.72
0+190.00	0.00	94.60	0.00	313.52	0.11	23605.24
0+192.04	0.00	92.73	0.00	184.96	0.11	23790.22
0+195.17	0.00	90.12	0.00	288.53	0.11	24078.75
0+200.00	0.00	88.51	0.00	431.60	0.11	24510.35
0+204.64	0.00	90.46	0.00	415.35	0.11	24925.70
0+214.12	0.00	97.69	0.00	891.24	0.11	25816.94
0+220.00	0.00	102.77	0.00	589.83	0.11	26406.77
0+223.59	0.00	105.74	0.00	374.15	0.11	26780.92
0+240.00	0.00	102.12	0.01	1705.57	0.12	28486.49
0+260.00	0.00	48.51	0.01	1506.32	0.13	29992.81
0+280.00	0.00	13.07	0.00	615.85	0.13	30608.67
0+292.35	0.01	7.07	0.08	124.35	0.21	30733.02

Como se evidenció, la remoción de tierra en estos deprimidos es alta, superando los 50.000 m<sup>3</sup> de corte entre ambos, siendo estos los elementos que mayor influencia tienen en este diseño.

A continuación se contemplan las tablas con los volúmenes para las conectantes, pues estas también deben ser tenidas en cuenta, ya que conforman una nueva construcción.

**Tabla 37:** Volumen corte y terraplén conectante carrera 5ª- calle 12. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.52	0.00	5.70	0.00	28.11	0.00	28.11
0+010.00	0.00	6.31	0.00	25.43	0.00	53.54
0+014.21	0.00	6.40	0.00	24.99	0.00	78.52
0+020.00	0.00	5.90	0.00	33.29	0.00	111.81
0+022.90	0.00	5.41	0.00	15.52	0.00	127.34
0+028.42	0.00	4.81	0.00	27.69	0.00	155.03

**Tabla 38:** Volumen corte y terraplén conectante calle 12 - carrera 5ª. - Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	4.79	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.52	0.00	4.74	0.00	26.21	0.00	26.21
0+008.47	0.00	4.91	0.00	13.88	0.00	40.09
0+010.00	0.00	4.90	0.00	7.33	0.00	47.42
0+011.41	0.00	4.89	0.00	6.76	0.00	54.17
0+016.93	0.00	5.13	0.00	27.63	0.00	81.80

**Tabla 39:** Volumen corte y terraplén conectante carrera 2ª-carrera 5ª.- Alternativa 1.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+004.72	0.00	4.54	0.00	20.04	0.00	20.04
0+008.77	0.00	4.69	0.00	18.50	0.00	38.54
0+010.00	0.00	4.67	0.00	5.72	0.00	44.26
0+012.81	0.00	4.55	0.00	12.85	0.00	57.11
0+017.53	0.00	4.16	0.00	20.43	0.00	77.54

Ninguna de las conectantes requirió el uso de terraplenes, y el volumen máximo en corte que se vio en las tablas fue de  $155 \text{ m}^3$ , siendo valores bajos, a comparación de los deprimidos.

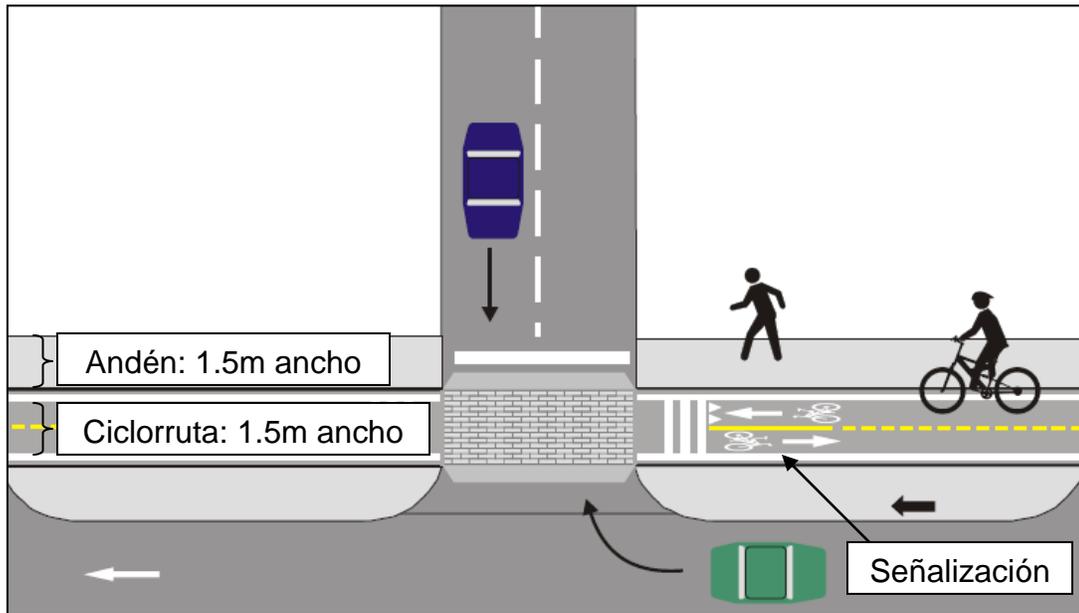
Conociendo los volúmenes relacionados con el movimiento de tierra, culmina la descripción que concierne a la movilidad vehicular, y se inicia con la movilidad peatonal y ciclística, con el fin de hacer accesible la intersección diseñada.

En primera medida se tienen los andenes, los cuales fueron diseñados a cada lado de las vías que conforman la intersección, con un ancho de 1.50 metros que permite el paso de dos personas en silla de ruedas sin interrumpirse.

Con respecto a la accesibilidad para estos andenes se pensó en ubicar una guía táctil de color amarillo, para que las personas con limitación visual pudiesen transitar seguros, pero según las recomendaciones dadas por el IDU en su guía práctica para la movilidad peatonal urbana, aclaran que para andenes de escala local, es decir, iguales o menores a 2 metros de ancho, como en este caso que son de 1.5 metros, se recomienda no utilizar esta ayuda pues no es eficiente y desinforma. Por tal razón se omitió esta franja guía en el diseño de los andenes pero si se tendrá en cuenta una altura libre de obstáculo de 2.20 metros, que admitirá que todas las personas no encuentren obstáculos verticales y puedan seguir con su recorrido sin ningún tipo de desviación.

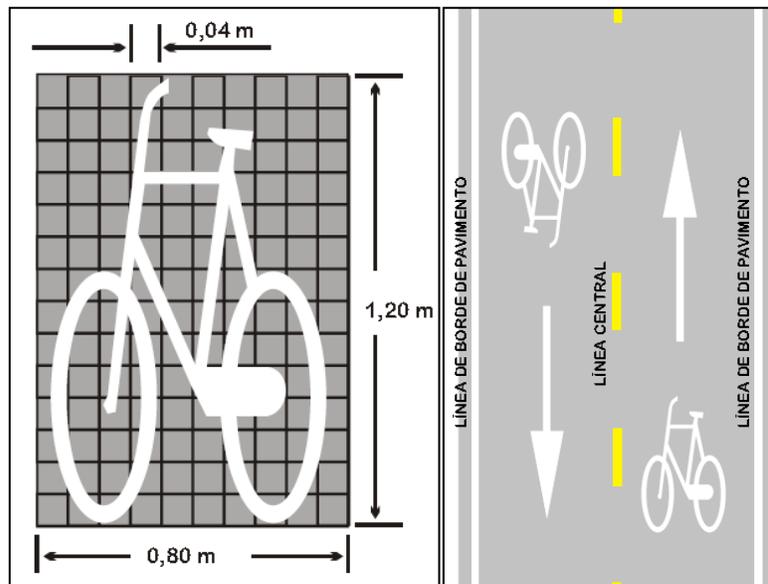
A un lado de cada vía que componen la intersección se diseño una ciclorruta de 1.50 metros de ancho, pensando de igual manera, en los usuarios de bicicletas que necesitan desplazarse a cualquier punto del casco urbano del municipio, desde las zonas residenciales hasta la parte cultural del mismo. Con este ancho se permite que dos personas en bicicleta crucen por el mismo sitio en diferente sentido.

En la siguiente figura se ilustra el modelo planeado para el andén y la ciclorruta en la intersección, basado en el manual de señalización del Ministerio de transporte de Colombia, del año 2004.



**Figura 71:** Ejemplo de implementación andén y ciclorruta en la intersección.  
**Fuente:** Manual de señalización.- Ministerio de transporte de Colombia, 2004.

La señalización horizontal en la ciclorruta es indispensable, por ello se obtuvieron las especificaciones y recomendaciones del manual de señalización del Ministerio de transporte de Colombia del 2004, concernientes a una ciclorruta bidireccional, como las implementadas en la intersección. Estas se muestran en la siguiente ilustración:



**Figura 72:** Señalización ciclorruta bidireccional.  
**Fuente:** Manual de señalización.- Ministerio de transporte de Colombia, 2004.

También se ubicaran señales verticales tipo I, que informe a los conductores la presencia de zonas escolares y con ello sean prudentes cuando estén en estas zonas. Igualmente, se instalaran señales que indiquen la velocidad máxima y las restricciones de altura para los vehículos que requieran el paso por los retornos en deprimido.

Refiriéndonos a estos retornos en deprimido es conveniente mencionar que en estos se instalaran captafaros sobre los bordes de la vía, actuando como guía para los conductores, brindando seguridad dentro de estos retornos.

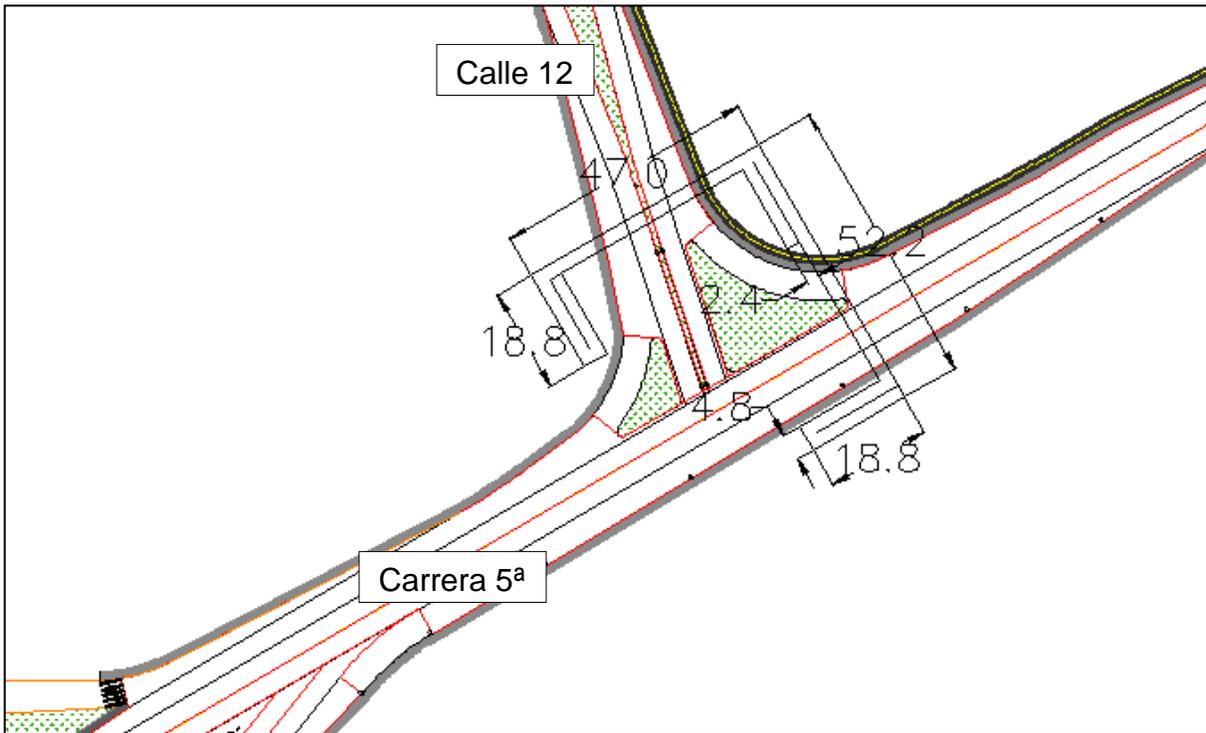
Como parte esencial del control y seguridad, tanto peatonal como ciclística, se diseño un puente de uso mixto que llamamos ciclo-puente, que cuenta con 3 zonas de entrada y salida comunicadas entre sí, ajustado a las dimensiones apropiadas para el uso de todos, ya sean personas de la tercera edad, niños o personas con alguna limitación física. Tiene rampas con pendientes del 10%, y un ancho de 2.40 metros que permite el paso de un peatón y una bicicleta o una persona con movilidad reducida por sentido.

Las barandas se ubican a 1.0 metro del piso, y contempla pasamanos en toda su longitud y en cada sentido de circulación. Estas tendrán un color amarillo que permita la identificación de las personas con escasas de visión.

Estos pasamanos brindaran seguridad tanto a niños como a personas en sillas de ruedas, al igual que al resto de los peatones, por lo que deben tener unas dimensiones accesibles. De esta manera los pasamanos se encuentran a ambos lados de la sección del puente y poseen dos alturas diferentes, una para la protección de todos los usuarios en general igual a 0.90 metros del piso y otra de 0.60 metros del piso para usuarios de silla de ruedas.

Es importante resaltar que éste se localizo estratégicamente, de manera que proporcionara seguridad, sobre todo a los estudiantes que deben a travesar la carrera 5ª, siendo una zona crítica para los peatones.

En estas figuras se detalla el puente peatonal, en cuanto a la localización y dimensiones, tanto en planta con en una vista 3D.



**Figura 73:** Localización y dimensiones del ciclo-puente (vista planta). - Alternativa 1.

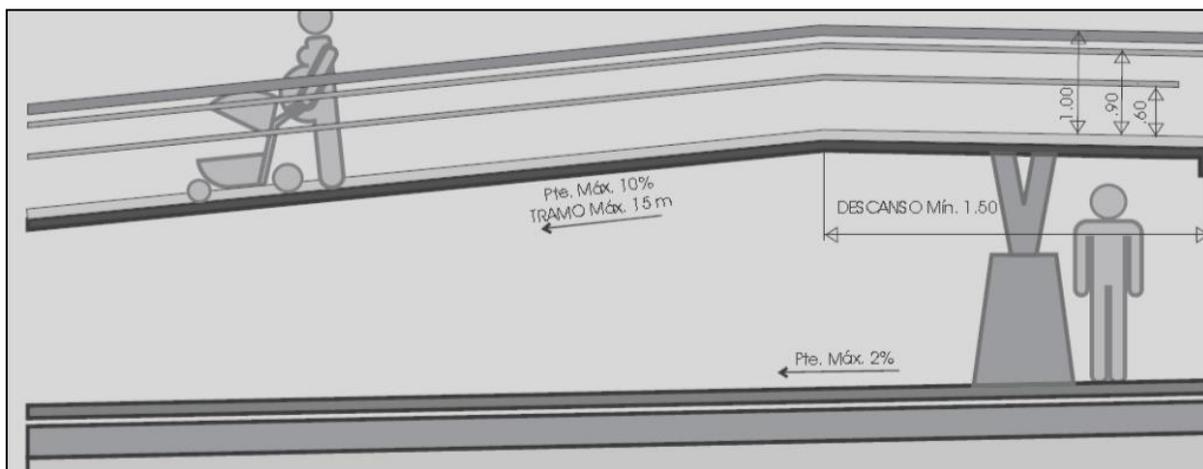
En esta figura se observa la localización del ciclo-puente, que corresponde a la calle 12 en ambos sentidos y la carrera 5ª, que garantizara la seguridad de todos y cubre la zona critica de la intersección.

Las dimensiones que allí se exhiben, reflejan las longitudes de las rampas y el ancho del ciclo puente. Este tiene descansos de 2.40 metros, el cual permitirá que las personas en sillas de ruedas o personas con coche, puedan hacer sus giros cómodamente, sin interrumpir a los peatones que vayan a su lado. De igual manera se muestra una longitud de 18.8 metros que corresponde a las rampas de entrada incluyendo los descansos.

Según la guía de movilidad peatonal del Instituto de desarrollo urbano, IDU, las rampas deben desarrollar una pendiente de 10% en una longitud horizontal máxima de 15 metros, lo que se tuvo en cuenta para el diseño de estas, pues la pendiente de las rampas se genera en una longitud de 14 metros y a ello se suman los dos descansos de 2.4 metros, dando como resultado una longitud de 18.8 metros, mencionados en el párrafo anterior.

El gálibo del ciclo- puente es igual a 5.60 metros, de tal forma que los vehículos puedan circular libremente bajo este, sin tener afectaciones de ningún tipo.

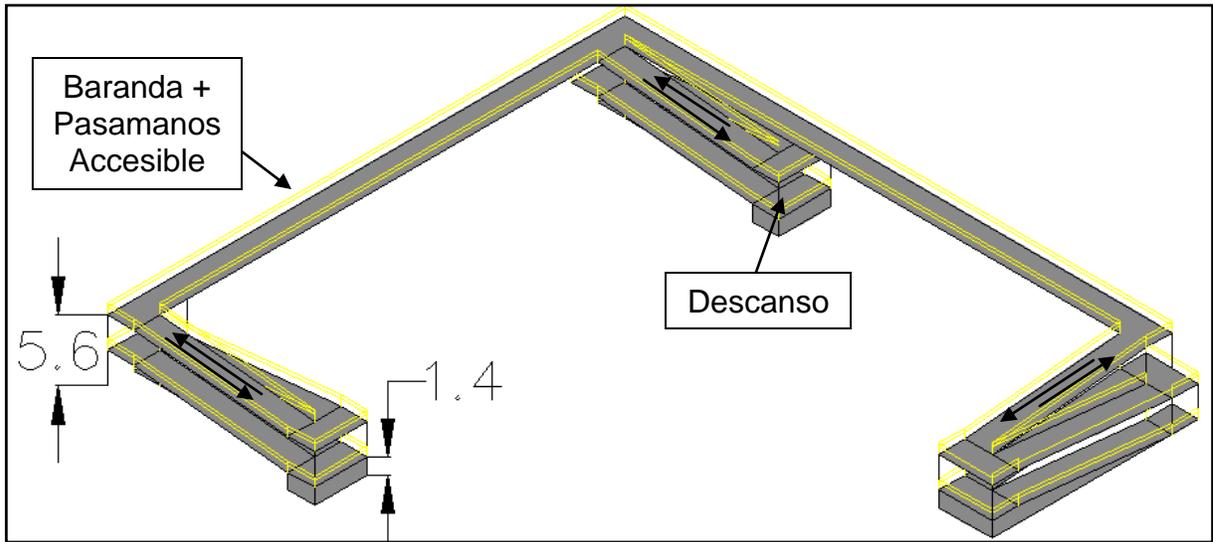
Para entender y detallar mejor el tema de los pasamanos, pendientes y descansos, nos basamos en la siguiente ilustración proporcionada por la guía de movilidad peatonal del IDU, en donde se especifican las dimensiones que se mencionaron anteriormente. A diferencia de este ejemplo, en el caso del ciclo- puente se empleó el descanso de 2.40 metros y el tramo para desarrollar la pendiente del 10% es de 14.0 metros, el resto de las recomendaciones exhibidas fueron tenidas en cuenta y aplicadas al diseño.



**Figura 74:** Ejemplo dimensiones baranda, pasamanos, descanso y pendientes en el ciclo-puente.

**Fuente:** Guía práctica de la movilidad peatonal urbana.- IDU.

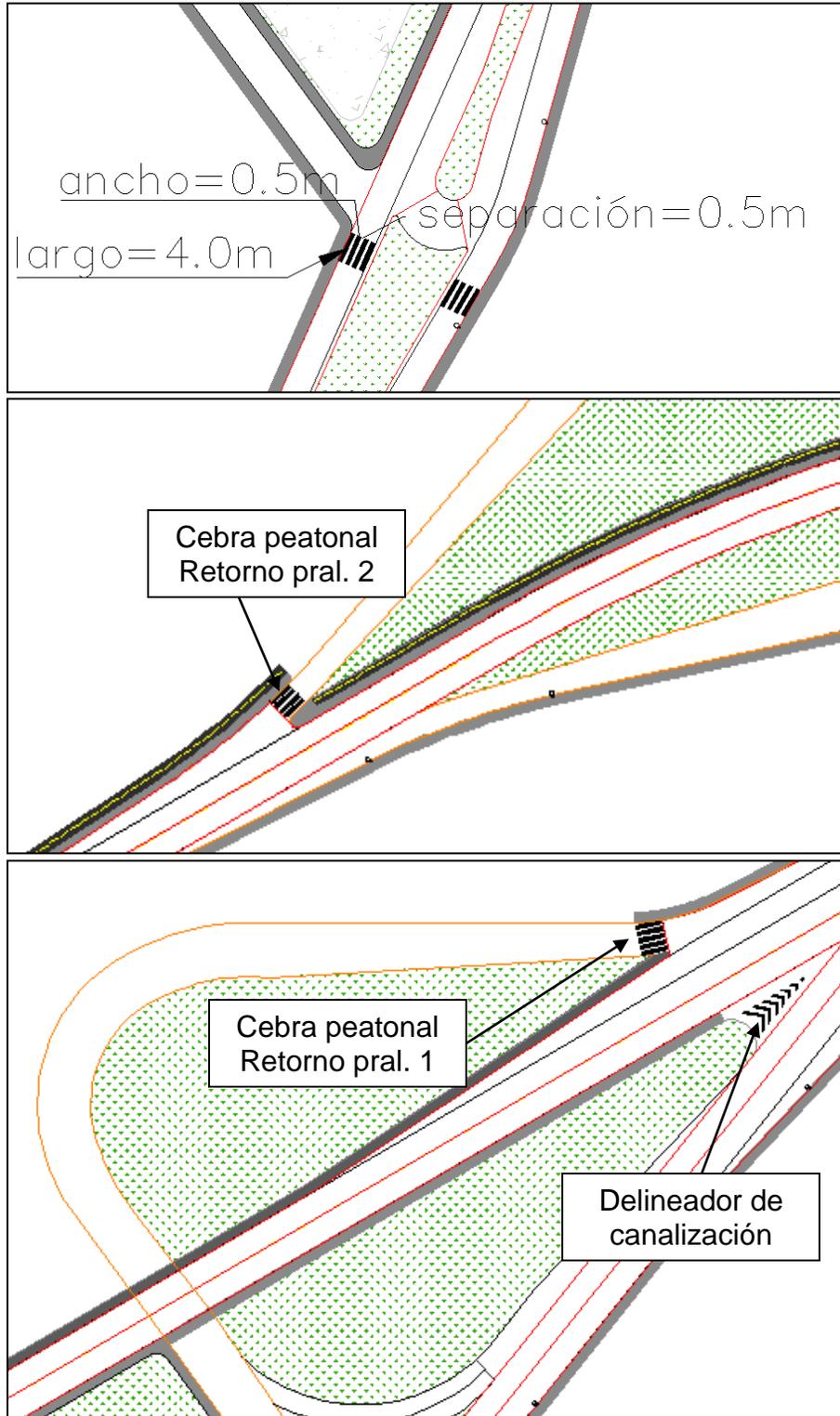
El diseño del ciclo-puente en general se puede apreciar en la siguiente figura, donde se notan las barandas y pasamanos, además que la altura entre descanso y descanso. Cada zona de entrada y salida consta de 4 rampas que garantizan el galibo del puente y la accesibilidad del mismo.



**Figura 75:** Vista en geométrico del ciclo-puente. - Alternativa 1.

En el diseño de esta alternativa se tuvieron en cuenta los pasos peatonales que garantizan la comunicación peatonal de un lado al otro de la vía. Para ello se implementaron 3 cebras peatonales, 2 sobre la carrera 5ª, en el ramal de entrada del retorno 1 y en el ramal de salida del retorno 2. La tercera cebra se ubico sobre la carrera 2, permitiendo que los peatones puedan pasar de un lado al otro de la vía sin problemas. Estas cebras tienen un largo de 4 metros que garantiza el paso libre y amplio de los peatones, cada línea tiene un ancho de 50 cm y separadas a 50 cm.

A la cercanía de estas cebras peatonales se instalaran unas tachas reflectivas, que provoque la disminución de la velocidad de los vehículos cuando los peatones deseen hacer uso de estas cebras. En las siguientes imágenes se muestran los pasos peatonales dentro de la intersección, así como las dimensiones utilizadas para estos. El primero ubicado sobre la carrera 2ª y las otras dos cebras peatonales en los retornos principales.



**Figura 76:** Ubicación de cebras peatonales en la intersección. - Alternativa 1.

Para visualizar y tener más detalles de esta alternativa, del diseño tanto en planta como en perfil, así como las dimensiones de los elementos que comprenden la intersección y el cálculo de los volúmenes para el movimiento de tierras, ver **Anexo 1**.

#### **4.6.2. Alternativa 2**

Como fundamento principal de esta alternativa se plantea el uso de un puente vehicular, el cual conectaría la calle 12 con la carrera 2<sup>a</sup>, permitiendo así la comunicación continua dentro del municipio; considerando claramente en el análisis y evaluación de la misma, la condición crítica previamente mencionada.

Complementario a dicho fundamento se diseñan cuatro conectantes o ramales y tres retornos en U, con el propósito de conformar una especie de circuito en la zona de interés, ya que se contemplan y solucionan la mayor parte de los desplazamientos vehiculares posibles, para posteriormente definir los elementos relevantes en cuanto al desplazamiento peatonal.

##### **4.6.2.1. Diseño en planta**

Durante el desarrollo del diseño en planta, se considerará como vía principal a la carrera 5<sup>a</sup> debido a su relevancia a nivel departamental y al hecho de que por ella transita el mayor y diversificado volumen de vehículos. Para esta vía se plantean dos alineamientos referenciados según la dirección de cada uno de los carriles que la conforman, considerando criterios como una velocidad de diseño de 80 Km/h y un peralte máximo de 8%, lo que a la vez implica el uso de parámetros derivados de la normativa como un coeficiente de fricción de 0.14 según lo especificado en la Tabla 11, un radio mínimo de curvatura de trabajo de 229 metros y una entretangencia mínima de 111 m o 333 m para curvas de diferente o igual sentido, respectivamente.

Las tablas que se presentan a continuación son evidencia del cumplimiento de uno de los criterios normativos, ya que es posible identificar que los radios empleados en los alineamientos de la carrera 5<sup>a</sup> en ambas direcciones son superiores a los 400 m, adicionalmente, cabe mencionar que las entre tangencias diseñadas para esta vía son aproximadamente de 447 m de longitud.

**Tabla 40:** Alineamiento carrera 5ª sentido N – S – Alternativa 2

Curve Table: Alignments					
Curve #	Radius	Length	Chord Direction	Start Point	End Point
C1	1586.24	133.93	S72° 19' 33.31"W	(954787.86,996156.09)	(954660.29,996115.44)
C2	410.05	106.68	S67° 17' 29.88"W	(954229.16,995997.86)	(954131.03,995956.79)

**Tabla 41:** Alineamiento carrera 5ª sentido S - N – Alternativa 2

Curve Table: Alignments					
Curve #	Radius	Length	Chord Direction	Start Point	End Point
C3	406.40	105.73	N67° 17' 29.88"E	(954132.86,995953.63)	(954230.12,995994.33)
C4	1589.89	134.24	N72° 19' 33.31"E	(954661.25,996111.91)	(954789.12,996152.66)

Es relevante mencionar de nuevo que el radio mínimo que se considera para el diseño en planta se calcula empleando la siguiente fórmula, la cual se expone en el manual diseño geométrico del INVIAS.

$$R_{Cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127 * (e_{max} + f_{Tmax})}$$

Donde:

$R_{Cmin}$ : Radio de curvatura mínimo

$V_{CH}$ : Velocidad de diseño (Km/h)

$e_{max}$ : Peralte máximo

$f_{Tmax}$ : Coeficiente de fricción transversal máxima (Tabla 11).

En lo que respecta a las vías secundarias, la calle 12 y la carrera 2ª, se diseñaron alineamientos de una longitud aproximada a los 286 m y 167 m respectivamente, con base a una velocidad de diseño de 40 Km/h y un peralte máximo de 4%, dichos alineamientos se desarrollaron con referencia en la dirección de desplazamiento de cada una de los carriles constituyentes de las vías y considerando como frontera para los mismos el espacio destinado para el puente vehicular.

En las siguientes tablas se evidencia que el diseño de dichos alineamientos es óptimo, en relación a los parámetros de obligatorio cumplimiento como los son un radio de curvatura mínimo de 47 metros, y entretangencias para curvas en el mismo sentido de 167 m y 56 m en caso contrario.

**Tabla 42:** Tangentes alineamiento calle 12, sentido W - E. Alternativa 2

Line Table: Alignments				
Line #	Length	Direction	Start Point	End Point
L1	45.05	S21° 01' 23.55"E	(953801.06,996181.07)	(953817.23,996139.01)
L2	104.78	S14° 49' 37.67"E	(953821.89,996124.60)	(953848.70,996023.32)
L3	105.60	S22° 32' 13.89"E	(953853.51,996009.09)	(953893.98,995911.55)

**Tabla 43:** Radios alineamiento calle 12, sentido W - E. Alternativa 2

Curve Table: Alignments					
Curve #	Radius	Length	Chord Direction	Start Point	End Point
C1	140.08	15.15	S17° 55' 30.61"E	(953817.23,996139.01)	(953821.89,996124.60)
C2	111.68	15.03	S18° 40' 55.78"E	(953848.70,996023.32)	(953853.51,996009.09)

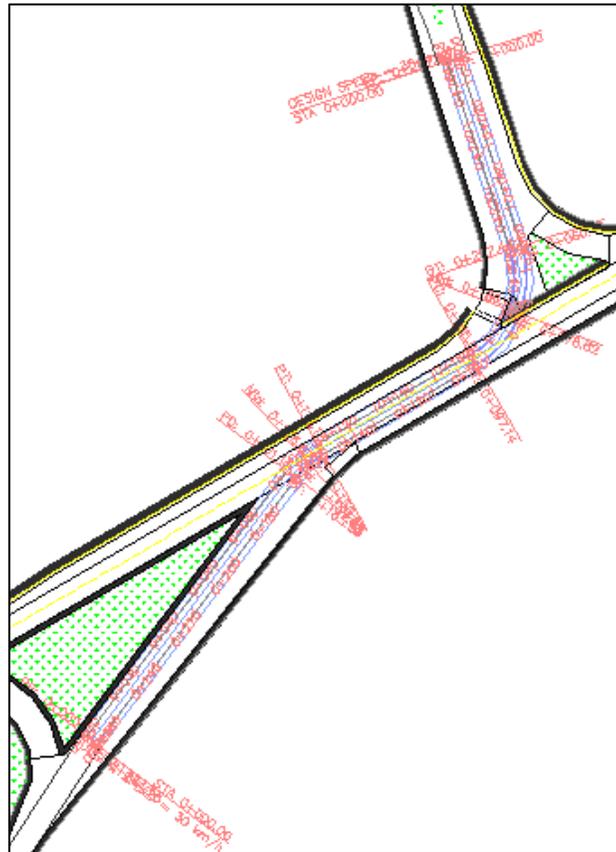
**Tabla 44:** Tangentes alineamiento carrera 2, sentido E - W. Alternativa 2

Line Table: Alignments				
Line #	Length	Direction	Start Point	End Point
L4	48.08	N25° 43' 32.34"E	(953719.53,995552.37)	(953740.40,995595.69)
L6	60.60	N16° 46' 51.18"E	(953743.06,995602.52)	(953760.56,995660.54)
L5	37.58	N33° 37' 20.20"E	(953766.42,995672.99)	(953787.23,995704.29)

**Tabla 45:** Radios alineamiento calle 12, sentido E - W. Alternativa 2

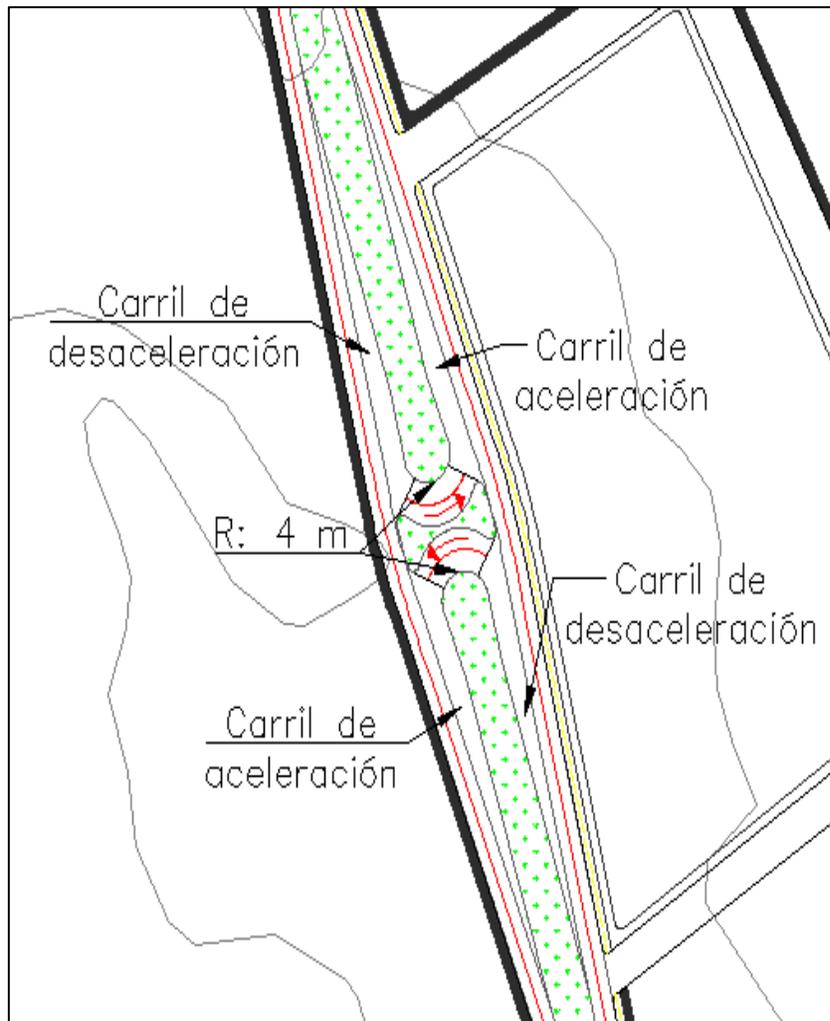
Curve Table: Alignments					
Curve #	Radius	Length	Chord Direction	Start Point	End Point
C3	47.00	7.34	N21° 15' 11.76"E	(953740.40,995595.69)	(953743.06,995602.52)
C4	47.00	13.82	N25° 12' 05.69"E	(953760.56,995660.54)	(953766.42,995672.99)

El diseño en planta del puente vehicular, que como se mencionó previamente, puede considerarse como el eje central de esta alternativa, se desarrolla con base a una velocidad de diseño de 30 Km/h y un peralte máximo de 4%. En estos alineamientos los valores del radio y entretangencia más pequeños son de aproximadamente 27 m y 54 m, respectivamente. El puente se caracteriza por ser bidireccional y por constituirse de dos carriles de 3.65 m cada uno.

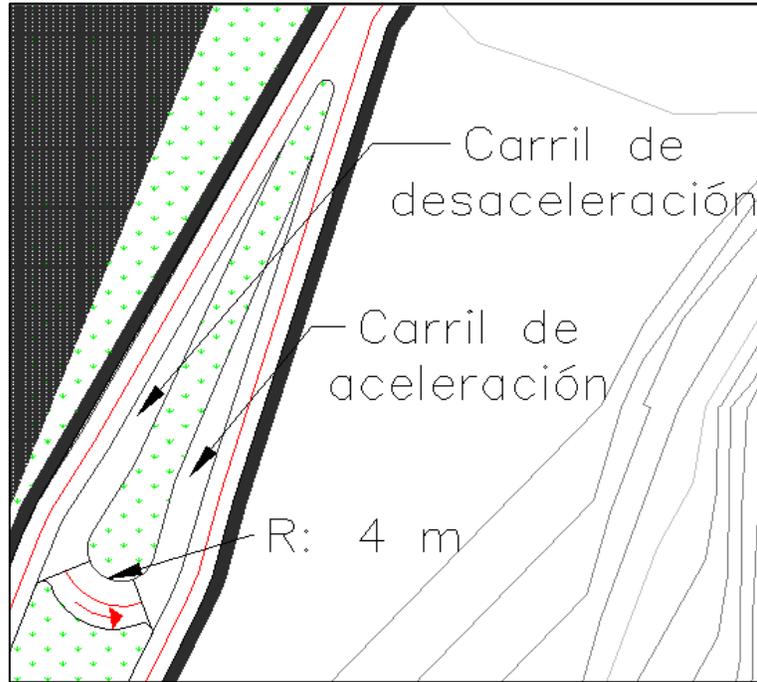


**Figura 77:** Alineamientos del puente vehicular - Alternativa 2

Con el propósito de formar un circuito en el cual se puedan permitir la mayor parte de desplazamientos dentro de la zona de interés se implementan retornos en forma de U y conectantes, también conocidas como ramales. En total se utilizan tres retornos, de los cuales dos se ubican en la calle 12 y uno en la carrera 2ª; estos se caracterizan principalmente por presentar un radio mínimo de 4 m, permitiendo así el óptimo desarrollo de la trayectoria de giro de un vehículo liviano, con un ancho de 6 m, una velocidad de diseño entre 5 y 10 Km/h y el uso de carriles de aceleración y desaceleración que cumplen con 45 m de transición para la variación de velocidad respectiva.

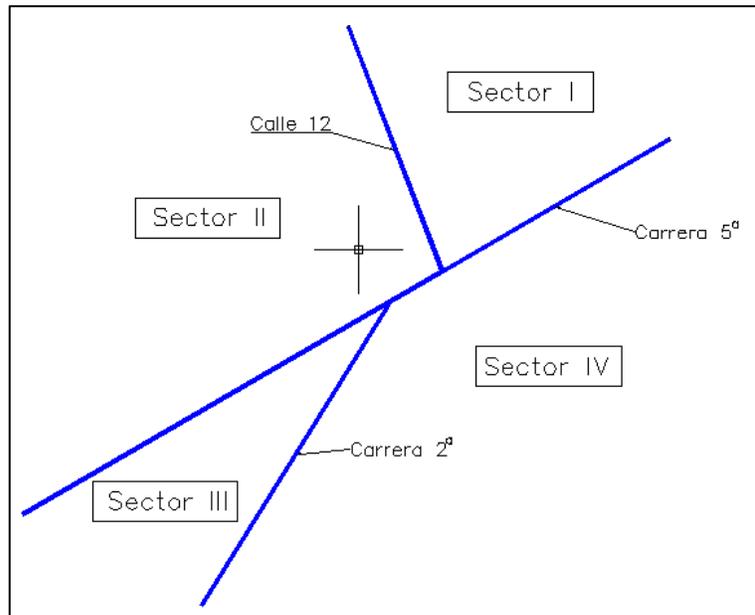


**Figura 78:** Retornos en “U” calle 12 – Alternativa 2



**Figura 79:** Retorno en "U" carrera 2ª – Alternativa 2

Para las conectantes entre la vía principal y las vías secundarias, se genera un sistema práctico que permite su fácil identificación; en el cual se divide la zona de interés o estudio en cuatro sectores, como se muestra en la siguiente figura.

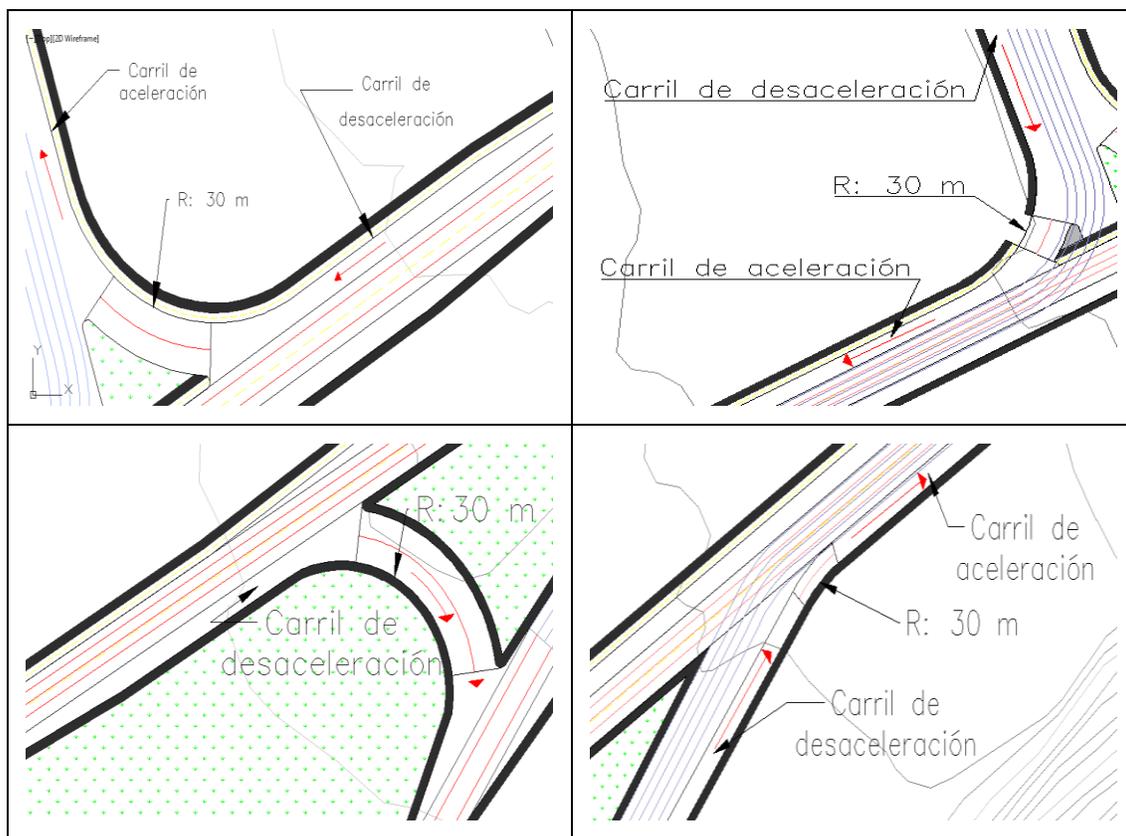


**Figura 80:** Esquema sectorización de la zona de interés

En total las conectantes planteadas son cuatro, las cuales se caracterizan por un peralte máximo de 4% y una velocidad de 30 km/h. Con el fin de profundizar en la descripción de estos elementos, se presenta a continuación una tabla resumen de las principales características de las conectantes o ramales diseñados y su respectiva representación gráfica.

**Tabla 46:** Información conectantes o ramales – Alternativa 2

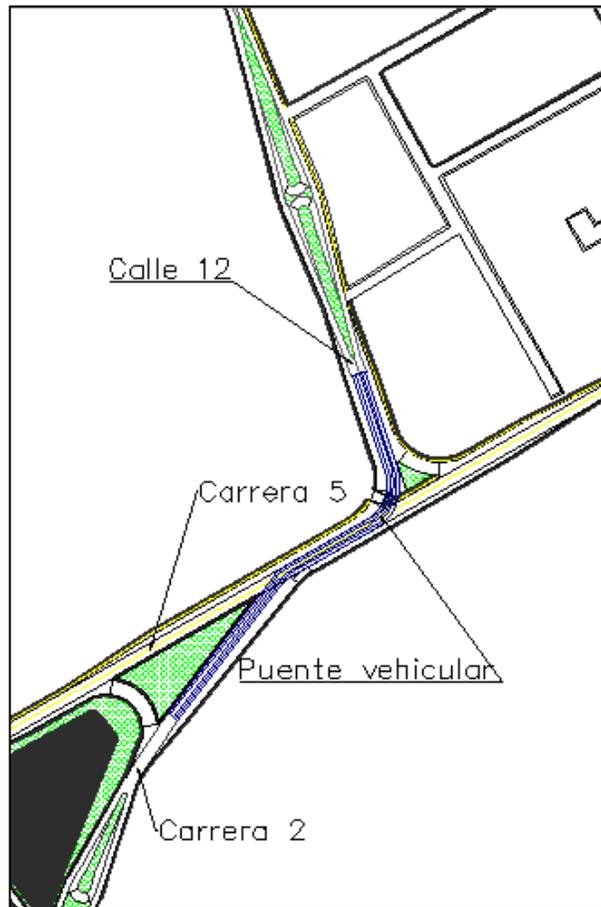
ID	Radio interior	Ancho	Sentido
Conectante sector I	30 m	8 m	Carrera 5 <sup>a</sup> – Calle 12
Conectante sector II	30 m	8 m	Calle 12 – Carrera 5 <sup>a</sup>
Conectante sector III	22 m	8.70 m	Carrera 5 <sup>a</sup> – Carrera 2 <sup>a</sup>
Conectante sector IV	30 m	3.65 m	Carrera 2 <sup>a</sup> – Carrera 5 <sup>a</sup>



**Figura 81:** Esquemas de ramal o conectante I, II, III y IV (Izquierda a Derecha – Superior a Inferior) – Alternativa 2

De acuerdo a la tabla y figura anteriores, se puede afirmar que para cada una de las conectantes se cumple el criterio del radio mínimo exigido para la velocidad de 30

Km/h; además es relevante mencionar que la variación en el ancho de dichas conectantes está en función de valor del radio interior de las mismas y se relaciona con la idea de funcionalidad continua ante situaciones tales como la presencia de un vehículo averiado. Los carriles de aceleración y desaceleración que se identifican en la Figura 81 cumplen con los criterios de longitud establecidos en la Tabla 16 y la Tabla 17, respectivamente; además cabe mencionar que el ancho de estos es de 3.65 m, igual al ancho de los carriles de las vía principal y vías secundarias.



**Figura 82:** Esquema general en planta de la alternativa 2

#### 4.6.2.2. Diseño en perfil

El diseño en perfil se basa principalmente en las cotas del terreno natural y en los alineamientos que fueron resultado del diseño en planta. En esta etapa de diseño como su nombre lo indica, se genera el perfil de cada una de las vías y elementos constituyentes a la alternativa como tal. Durante este proceso, al igual que en el diseño en planta, se deben considerar varios parámetros como el valor de la pendiente mínima, el cual es de 0.5% y la pendiente máxima que depende de la

velocidad de diseño y la categoría de la vía a intervenir; siendo aplicable para este caso específico los límites de 6% para la vía principal de 80 Km/h y 7% para las vías secundarias, conectantes y retornos, las cuales se caracterizan por velocidades de 30 Km/h y 40 Km/h. En la siguiente tabla se presentan otros de los parámetros que deben cumplirse en el diseño, según lo especifica la normativa existente.

**Tabla 47:** Parámetros de diseño según la normativa

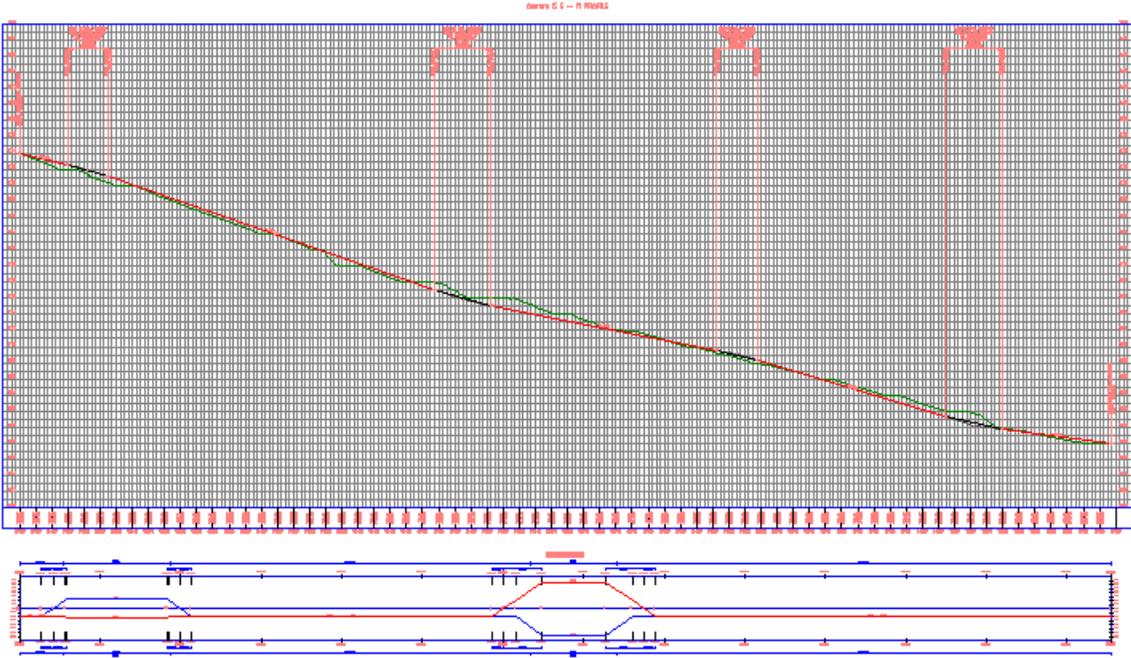
Velocidad de diseño (Km/h)	Longitud mínima de curva	K mínimo		Longitud mínima tangente vertical
		Curvas convexas	Curvas cóncavas	
30	20 m	2	6	60 m
40	24 m	4	9	80 m
80	48 m	26	30	225 m

En total se diseñaron 15 perfiles, de los cuales seis corresponden a las vías, porque a cada uno de los alineamientos diseñado le corresponde un perfil. En la siguiente tabla se presentan varios de los datos que caracterizan los perfiles que corresponden a la vía principal y a las vías secundarias, en la cual se puede identificar el tanto cumplimiento de los criterios de diseño mencionados previamente como las semejanzas entre los pares de perfiles de cada vía.

**Tabla 48:** Valores de los diseños de perfil desarrollados para las vías – Alternativa 2

Vía	Velocidad (Km/h)	Longitud mínima de curva (m)	K mínimo		Pendiente mínima	Pendiente máxima
			Curvas convexas	Curvas cóncavas		
Carrera 5ª (N-S)	80	50	42.92	41.42	1.31%	3.47%
Carrera 5ª (S-N)	80	50	43.36	43.18	1.35%	3.49%
Calle 12 (E-W)	40	40	28.41	14.38	0.95%	2.53%
Calle 12 (W-E)	40	40	25.73	14.83	0.81%	2.56%
Carrera 2ª (E-W)	40	50	---	15.76	1.21%	4.39%
Carrera 2ª (W-E)	40	50	---	15	1.11%	4.45%

Con el propósito de desarrollar con mayor profundidad la descripción de los perfiles generados para las vías, se presentan a continuación el esquema grafico de uno de los dos perfiles correspondientes a cada vía. En algunas de las siguientes figuras anteriores no solo se muestran los perfiles de las vías, sino que además se presenta el diagrama de transición de peraltes de las curvas de los alineamientos, para contrastar el desarrollo de estos; también es importante mencionar la superficie del terreno natural se representa por la línea de color verde, mientras las rasantes propuestas son representadas por líneas de color rojo.



**Figura 83:** Esquema del perfil de la carrera 5ª, sentido N – S. Alternativa 2

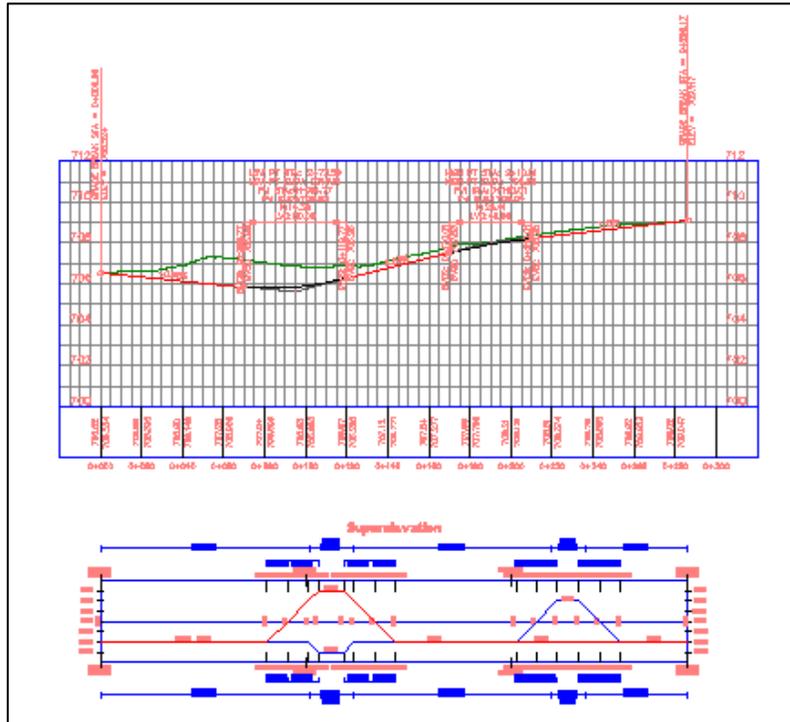


Figura 84: Perfil calle 12, sentido E – W. Alternativa 2

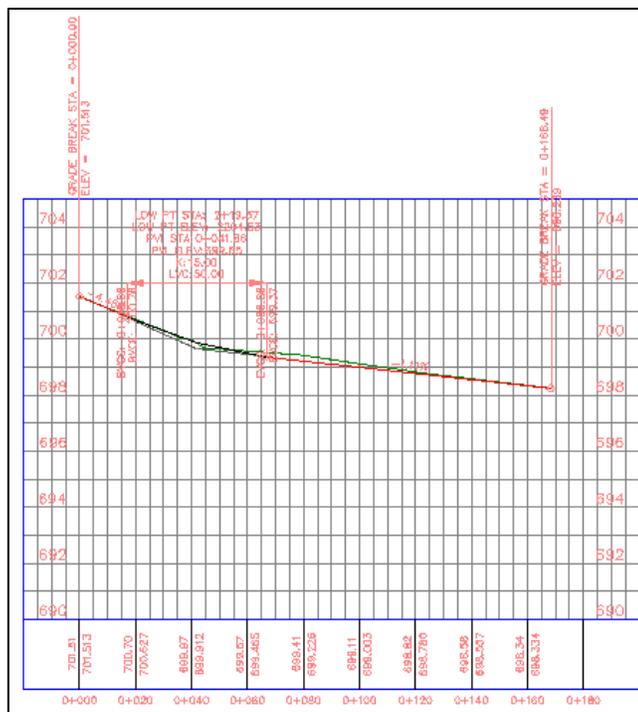
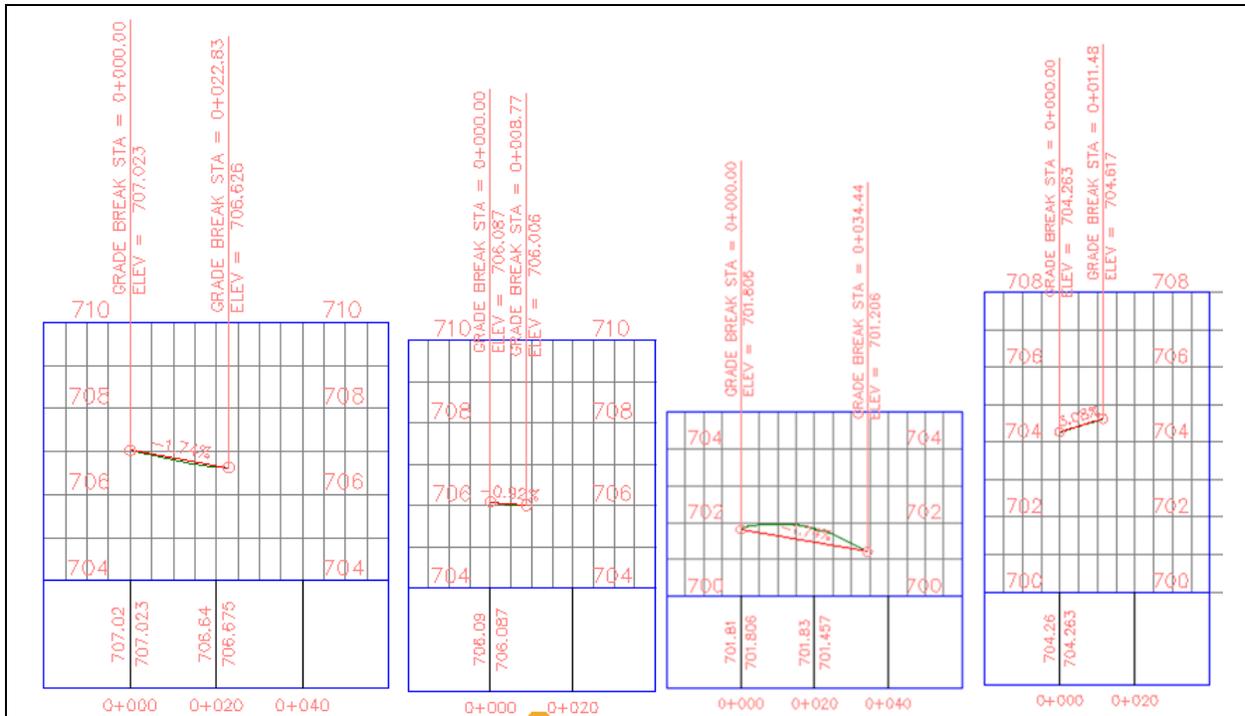


Figura 85: Perfil carrera 2ª, sentido W – E. Alternativa 2

Los perfiles correspondientes a las conectantes se caracterizan porque están conformados únicamente por tangentes, cuyas pendientes oscilan entre los valores de 0,92% y 3,08%; cumpliendo así los límites mínimos y máximos para este parámetro. A continuación se presentan los cuatros perfiles correspondientes al grupo de conectantes planteadas para esta alternativa.



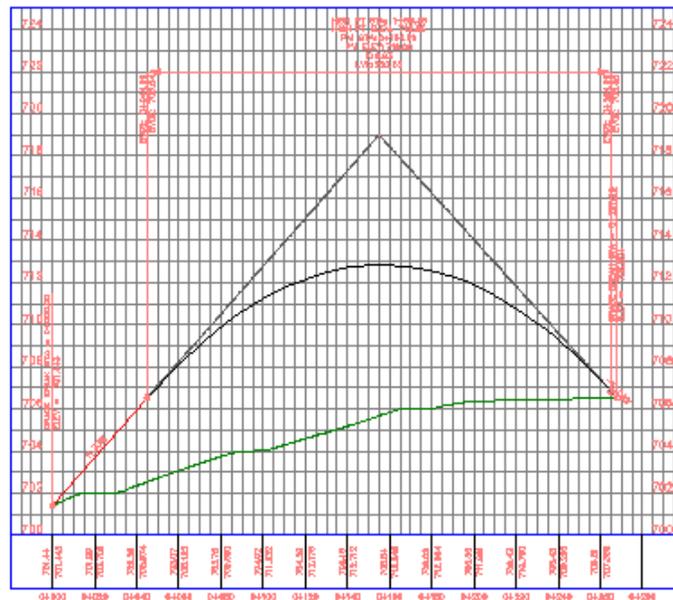
**Figura 86:** Perfiles de las conectantes o ramales I, II, III y IV - Alternativa 2

Similar a lo que ocurre con las conectantes, cada uno de los perfiles correspondientes a los retornos se constituyen por una tangente. Las mayores pendientes se presentan en los perfiles de los retornos integrados a la vía de la calle 12, pero cabe mencionar que como en el caso anterior y como se puede evidenciar en la siguiente tabla, no se infringe ninguno de los límites establecidos por la normativa.

**Tabla 49:** Información de los perfiles de los retornos (Alternativa 2)

ID retorno	Sentido	Pendiente rasante (%)
U1	calle 12 E-W – calle 12 W-E	3.07
U2	calle 12 W-E – calle 12 E-W	3.52
U3	carrera 2ª W-E – carrera 2ª E-W	1.13

Por último pero no menos importante se presenta en la siguiente figura el perfil del puente vehicular. Dicho perfil se caracteriza por estar compuesto de una curva vertical convexa de 220 m de longitud, un coeficiente K con un valor aproximado de 9 y dos segmentos lineales con pendiente superiores pero cercanas al 11%, adicionalmente en el diseño el galibo se desarrolla en 7 m para garantizar que los vehículos de gran altura puedan pasar por debajo de este sin inconveniente alguno.



**Figura 87:** Perfil puente vehicular sentido W – E. Alternativa 2

#### 4.6.2.3. Sección transversal típica

La caracterización de la sección transversal típica empleada en el diseño de esta alternativa es un factor común entre las tres alternativas desarrolladas en el presente trabajo porque, al igual que en los otros dos casos, se utilizan dos secciones, diferenciadas entre sí principalmente por las características de la estructura de pavimento, cuya información se deriva de la recopilación de estudios de la vía existente descrita en el capítulo 4.2; además el proceso de generación de estas, y el análisis que el mismo proceso involucra, es igual al descrito con mayor detalle en el numeral sobre la sección transversal de la primera alternativa.

Cabe mencionar que en la presente alternativa se utiliza una sección transversal para la vía principal y las conectantes o ramales de entrada o salida a la misma, la cual se define con base a los parámetros presentados en la Tabla 24; mientras que para las vías secundarias y los retornos en U componente de las mismas se utiliza la otra sección trasversal diseñada, cuya descripción se presenta en la Tabla 25.

Posterior a la definición de las secciones transversales a utilizar, se generan los corredores para las conectantes, los retornos, y la vía principal y las vías secundarias, los cuales son el producto resultante de la interrelación entre los diseños en planta, perfil y las secciones, considerando intervalos de 20 m para tangentes y 10 m para curvas y espirales. En la siguiente figura se presenta un esquema general de los corredores mencionados previamente.



**Figura 88:** Visualización corredores viales

Del análisis de los corredores, fundamentado entre otros aspectos en las secciones transversales definidas, es posible calcular cantidades correspondientes a los movimientos de tierras; dichas cantidades son un factor de gran importancia en los análisis de costos de proyectos viales y este caso no es la excepción.

Con el propósito de no extralimitar en el análisis del proyecto, en cuanto a los costos generados por los movimientos de tierras, se identifican los tramos viales enmarcados dentro de la zona de interés en los cuales se evidencia una intervención obligatoria, ya sea porque el trazado de la vía actual no es útil o porque estos se relacionan con los elementos nuevos del diseño en sí, como por ejemplo las conectantes.

En la siguiente tabla se relacionan las vías, los tramos a intervenir, y el volumen de corte y terraplén que sería necesario suplir.

**Tabla 50:** Volúmenes terraplén y corte para tramos de interés de las vías - Alternativa 2.

Vía	sentido	Tramo de interés		Volumen terraplén m <sup>3</sup>	Volumen corte m <sup>3</sup>
Carrera 5 <sup>a</sup>	S - N	40 m	180 m	29234.15	0
		300 m	500 m	1048.7	0
	N - S	820 m	960 m	487.77	0
		990 m	1220 m	2313.15	0
Calle 12	E - W	40 m	160 m	268.83	0
	W - E	60.2 m	240 m	1273.49	0.1
Carrera 2 <sup>a</sup>	E - W	0 m	167.41 m	398.74	0
	W - E	0 m	168.49 m	567.25	0

Como se mencionó previamente, para los elementos nuevos propuestos en el diseño, como las conectantes y los retornos, se analizan los movimientos de tierras en relación a la longitud total de los mismos.

A continuación se presentan las tablas de volúmenes de terraplén y corte para cada uno de dichos elementos.

**Tabla 51:** Volúmenes conectante sector I - Alternativa 2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	7.66	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	7.02	0.01	72.43	0.01	72.43
0+011.42	0.00	6.98	0.00	9.75	0.01	82.17
0+020.00	0.01	7.23	0.05	59.89	0.06	142.06
0+022.83	0.00	7.35	0.02	20.17	0.08	162.23

$$V_{\text{corte}} = 162,23 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,08 \text{ m}^3$$

**Tabla 52:** Volúmenes conectante sector II - Alternativa 2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00
0+004.38	0.00	7.76	0.00	32.93	0.00	32.93
0+008.77	0.00	8.90	0.00	36.92	0.00	69.85

$$V_{corte} = 69,85 \text{ m}^3$$

$$V_{terraplén} = 0 \text{ m}^3$$

**Tabla 53:** Conectante sector III - Alternativa 2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	12.05	0.00	61.29	0.00	61.29
0+017.22	0.00	13.28	0.00	93.15	0.00	154.44
0+020.00	0.00	13.30	0.00	37.75	0.00	192.19
0+030.00	0.00	10.38	0.00	120.33	0.00	312.52
0+034.44	0.00	8.06	0.00	40.89	0.00	353.41

$$V_{corte} = 353,41 \text{ m}^3$$

$$V_{terraplén} = 0 \text{ m}^3$$

**Tabla 54:** Volúmenes conectante sector IV - Alternativa 2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.74	0.00	4.11	0.00	11.81	0.00	11.81
0+010.00	0.00	4.11	0.00	17.52	0.00	29.34
0+011.48	0.00	0.00	0.00	3.05	0.00	32.39

$$V_{corte} = 32,39 \text{ m}^3$$

$$V_{terraplén} = 0 \text{ m}^3$$

**Tabla 55:** Volúmenes U1 calle 12 - Alternativa 2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	3.83	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.90	0.00	3.24	0.00	21.75	0.00	21.75
0+010.00	0.00	2.89	0.00	12.22	0.00	33.96
0+011.81	0.00	3.44	0.00	5.51	0.00	39.48

$$V_{\text{corte}} = 39,48 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0 \text{ m}^3$$

**Tabla 56:** Volúmenes U2 Calle 12 - Alternativa 2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.90	0.00	3.30	0.00	9.74	0.00	9.74
0+010.00	0.00	3.07	0.00	12.92	0.00	22.66
0+011.81	0.00	3.81	0.00	6.42	0.00	29.08

$$V_{\text{corte}} = 29,08 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0 \text{ m}^3$$

**Tabla 57:** Volúmenes U carrera 2 - Alternativa 2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.34	0.00	5.20	0.00	13.84	0.00	13.84
0+010.00	0.00	4.46	0.00	21.69	0.00	35.53
0+010.69	0.00	5.08	0.00	3.18	0.00	38.71

$$V_{\text{corte}} = 38,71 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0 \text{ m}^3$$

Descritos los criterios y elementos que se relacionan directamente con la movilidad para los usuarios de vehículos y motos, se debe mencionar y describir las medidas o propuestas implementadas en esta alternativa, que tienen influencia en el desplazamiento de peatones y ciclistas dentro de la zona de interés.

Semejante a la idea de generar un circuito en el cual se pudieran desarrollar la mayoría de los desplazamientos vehiculares, también se pretende generar un sistema que cumpla la misma función, pero a nivel peatonal; para lo cual se propone

la construcción o adecuación de un andén limitante con las vías a intervenir, de 1.5 m de ancho, permitiendo así el desarrollo de la franjas componentes de estos elementos, las cuales se mencionaron y describieron previamente. En conjunto con los andenes se propone implementar una cicloruta del mismo ancho que estos, en uno de los extremos de la carrera 5ª, la cual se conectaría con otro tramo de cicloruta ubicada en el borde derecho de la calle 12 sentido E – W. Cabe mencionar que los tramos de ciclorutas se ubican limitantes a las vías, con el propósito de no interrumpir los accesos a las edificaciones.

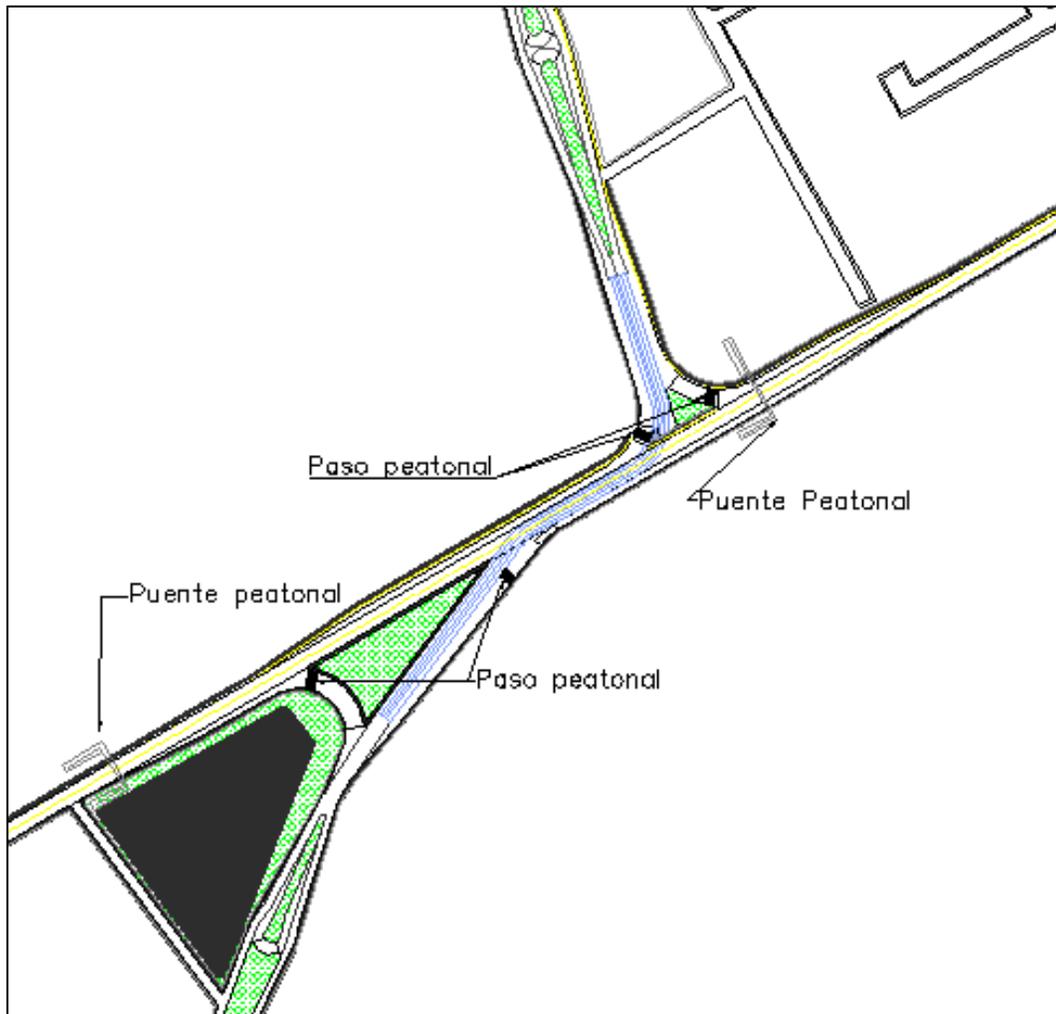
Las vías pueden considerarse como una barrera limitante para el desplazamiento de los peatones; por consiguiente, para contrarrestar dicha limitación, se establece la ubicación dos puentes peatonales a una distancia entre sí, menor a los 500 m, por medio de los cuales se permitirá el tránsito de los peatones de forma segura en sentido E –W y viceversa, a través de la carrera 5ª, que es la vía de mayor velocidad según las condiciones de análisis. Es primordial mencionar que los puentes peatonales deben cumplir los criterios de accesibilidad como el uso de un bordillo y la instalación de pasamanos a 0.75 m y 0.90 m del nivel del piso.



**Figura 89:** Esquema de ubicación de los puentes peatonales propuestos - Alternativa 2

En las vías secundarias se implementan pasos peatonales en zonas donde la velocidad de diseño es de 30 Km/h, los cuales se identifican con cebras y son los

elementos primordiales para garantizar el desplazamiento de peatones en sentido norte sur y viceversa.



**Figura 90:** Elementos implementados para la movilidad peatonal

Para visualizar y tener más detalles de esta alternativa, del diseño tanto en planta como en perfil, así como las dimensiones de los elementos que comprenden la intersección y el cálculo de los volúmenes para el movimiento de tierras, ver **Anexo 2**.

### 4.6.3. Alternativa 3

#### 4.6.3.1. Diseño en planta

La tercera alternativa para el mejoramiento de la movilidad en el municipio de Anapoima, se concentro principalmente en el diseño de un deprimido que uniera la carrera 2ª con la calle 12, bajo la estructura de la carrera 5ª, permitiendo así una entera comunicación entre ellas, sin verse afectadas por la gran demanda vehicular en temporadas altas, ya que los vehículos van a poder atravesar la carrera 5ª sin importar que sobre ella exista el llamado “plan retorno”.

Este diseño se acompaña de 4 conectantes, cada una con sus respectivos carriles de aceleración y desaceleración, las cuales le brindaran a la intersección un mayor número de movimientos dentro de ella, satisfaciendo las necesidades de los conductores.

Partiendo de ello, se da inicio con la descripción de los parámetros tomados en cuanto al diseño horizontal para esta última alternativa.

Al igual que en las anteriores alternativas diseñadas, la carrera 5ª no sufrirá modificaciones en su trazado, excepto por la adición de los carriles de aceleración y desaceleración que requieren las conectantes. Por ello, la geometría de esta vía principal será la misma que la asumida y descrita en el diseño de la primera alterativa, cuya información se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 58:** Dimensiones geométricas del alineamiento carrera 5ª.- Alternativa 3.

Longitud del alineamiento	1300 metros
Radio 1	302 metros
Radio 2	811 metros
Velocidad de diseño	80 km/h
Peralte máximo	8%

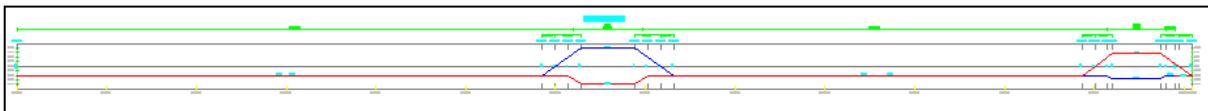
Estos valores como se ha aclarado, cumplen satisfactoriamente con lo requerido en el Manual de diseño geométrico para carreteras del INVIAS, pues en primera medida el radio mínimo, según la ecuación que se explicó en la descripción de las anteriores alternativas, es de 229 metros, además que el peralte tomado es el adecuado para las vías primarias.

En la siguiente figura se expone un pequeño panorama de lo que sería el diseño de la alternativa 3.



**Figura 91:** Panorama diseño.- Alternativa 3.

Con el fin de tener claro la transición del peralte en la carrera 5ª, el siguiente diagrama permite conocer el peralte máximo desarrollado en los 1300 metros contemplados en la intersección.



**Figura 92:** Transición de peralte carrera 5ª.- Alternativa 3.

En la imagen solo se puede apreciar el diagrama como tal, por ello es importante mencionar que el peralte máximo en la curva 1 con radio de 302 metros es del 4%, mientras que para la segunda curva que tiene un radio más grande igual a 811 metros, desarrollo un peralte máximo de 2.78%, lo cual garantiza la seguridad de los conductores cuando estén maniobrando sobre estas curvas.

El diseño en planta de las vías secundarias se ajusto a una velocidad de diseño de 40 km/h y cuentan con un peralte máximo del 4% por ser de carácter urbano. Para describir tanto la calle 12 como la carrera 2ª en cuanto a la geometría, se propusieron

las siguientes tablas que contienen de manera ordenada los valores asumidos para su diseño.

**Tabla 59:** Geometría Alineamientos Calle 12.- Alternativa 3.

	<b>Calle 12 – sentido E-W</b>	<b>Calle 12 – sentido W-E</b>
<b>Radio curva 1</b>	138.18 metros	138.18 metros
<b>entretangencia</b>	133.45 metros	133.46 metros
<b>Radio curva 2</b>	47 metros	47 metros
<b>entretangencia</b>	30,42 metros	29.61 metros
<b>Radio curva 3</b>	118.8 metros	121.83 metros
<b>Longitud alineamiento</b>	338.31 metros	337.26 metros
<b>Ancho carril</b>	3.65 metros	3.65 metros

En esta tabla se observó que los radios son similares a los utilizados en la alternativa 1, pero para este caso, la longitud total del alineamiento es más corta debido a la ubicación del deprimido que posee otro alineamiento diferente al de la calle 12, ya que contiene otras características.

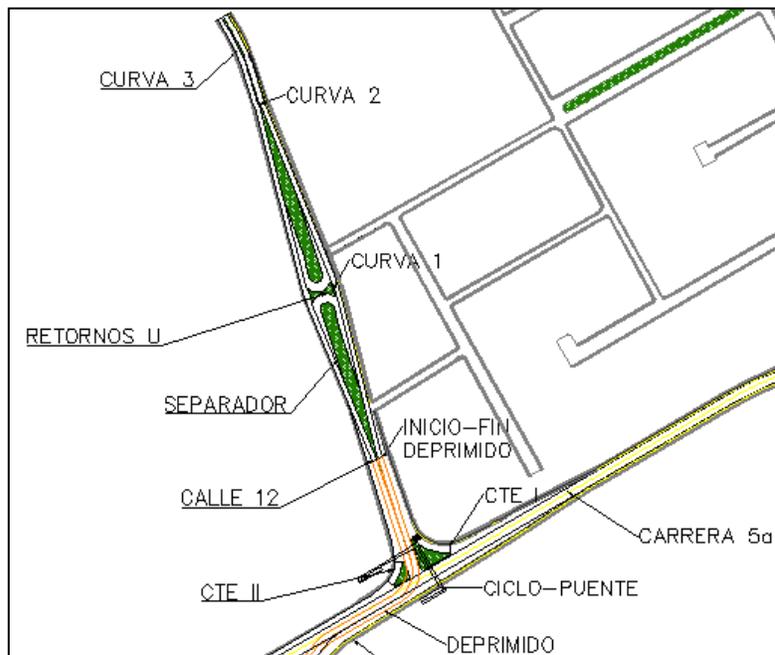
Los radios, según la fórmula del INVIAS, tienen que ser mínimo de 47 metros para una velocidad de 40 km/h, siendo el radio de la curva 2 el que está en el límite mínimo permitido pero cumpliendo al igual que las demás curvas.

Las entretangencias, es decir, las líneas que unen las tangentes entre las curvas diseñadas, deben ser de 56 metros mínimo, ya que son curvas que van en distinto sentido, y por tanto, esta distancia debe ser menor a la recorrida en 5 segundos a la velocidad de diseño de 40 km/h.

Observando la tabla anterior se encontró que la entretangencia entre la curva 2 y 3 no cumple con lo especificado, pues faltan 26 metros para lograr la adecuada entretangencia y garantizar la distancia para el adelantamiento, sin embargo, al ser curvas en distinto sentido, hay una buena visualización para poder responder ante cualquier obstáculo que se encuentre entre estas curvas, además que para este sentido de la vía solo se cuenta con un carril de 3.65 metros, lo que hace que los vehículos en su trayecto no deban adelantar algún otro, pues el ancho no es suficiente para que en un punto específico se encuentren dos vehículos viajando en la misma dirección. Por estos motivos, se decidió dejar esta entretangencia de 30 metros, pues una modificación para el cumplimiento de ésta, requería un desplazamiento de la curva 3 lo que aumentaría costos, en el impacto ambiental y social aparte de que no se podría aprovechar la carretera existente que hasta el día de hoy ha funcionado sin problemas.

Igualmente, es conveniente mencionar que en esta calle se dispuso de un separador entre 1 y 5 metros, ya que va creciendo al acercarse a los retornos en U que se diseñaron en la calle 12, y permitirá la instalación de los postes de luz y así brindar seguridad a todos los usuarios.

Esta imagen permite una mejor visualización de los parámetros descritos para la calle 12.



**Figura 93:** Detalles Calle 12.- Alternativa 3.

La tabla que sigue corresponde a los alineamientos de la carrera 2ª, en donde se reflejan los valores adoptados por cada sentido de la vía.

**Tabla 60:** Geometría Alineamientos Carrera 2ª.- Alternativa 3.

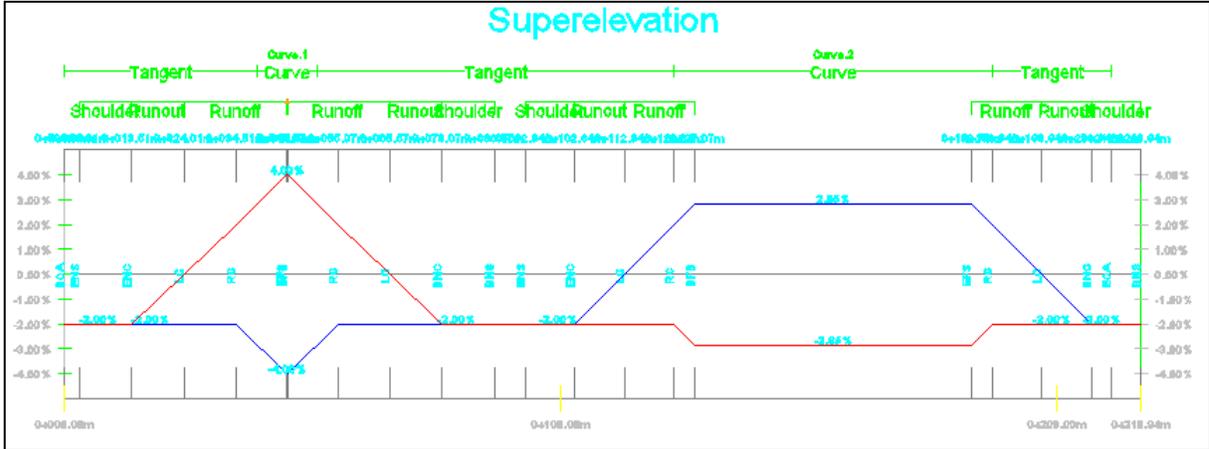
	<b>Carrera 2ª – sentido E-W</b>	<b>Carrera 2ª – sentido W-E</b>
<b>Radio curva 1</b>	47 metros	120 metros
<b>entretangencia</b>	71.93 metros	-
<b>Radio curva 2</b>	160 metros	-
<b>Longitud alineamiento</b>	210.92 metros	209.78 metros
<b>Ancho carril</b>	3.65 metros	3.65 metros

Es notable que en el sentido Este – Oeste se emplearon 2 curvas que satisfacen el radio mínimo de 47 metros al igual que la entretangencia, superando los 56 metros

de distancia mínima recorrida en 5 segundos para curvas en distinto sentido a una velocidad de 40 km/h.

Entre tanto, el sentido Oeste – Este requirió de una curva y por ende no existe entretangencia para este alineamiento. La diferencia en el diseño e implementación de menos curvas entre esta dirección y la anterior dependieron de la ubicación del retorno en U que se diseño sobre la carrera 2ª.

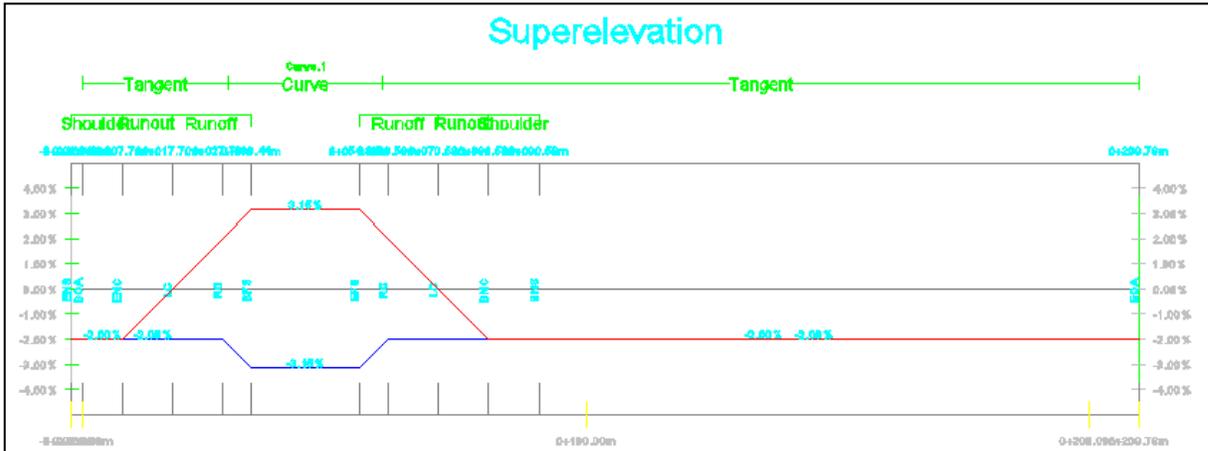
Las siguientes imágenes permiten identificar los nombres de los parámetros descritos para una mejor comprensión de la tabla para la carrera 2ª y la transición de peraltes que esta desarrolla.



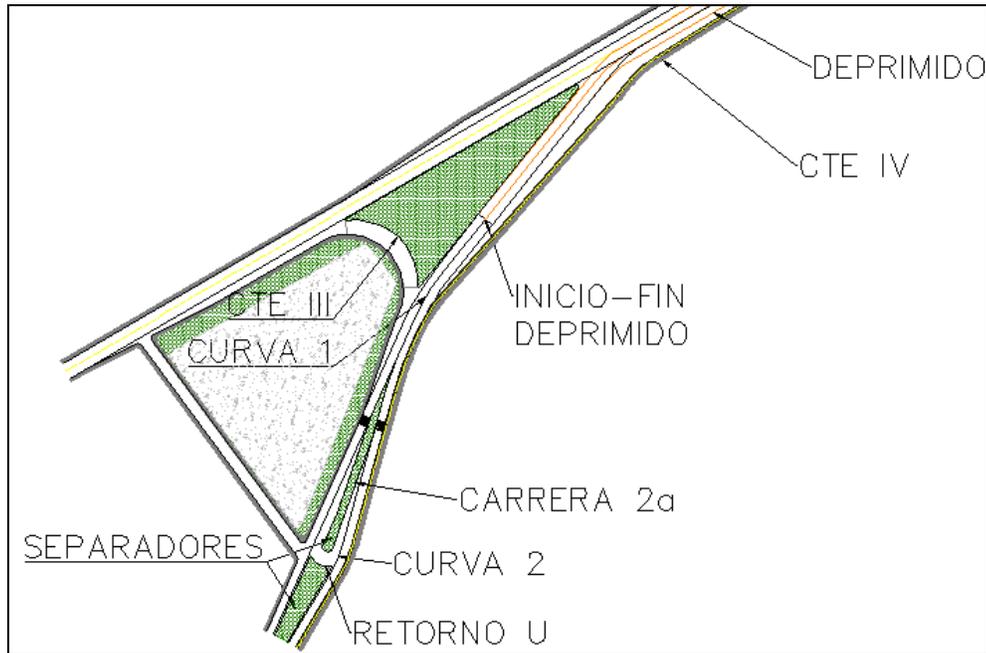
**Figura 94:** Transición de peralte carrera 2ª sentido E-W. Alternativa 3.

En este sentido, la primera curva desarrolla un peralte máximo de 4% por tener una curva con un radio mínimo, mientras que en la curva que presenta un radio de 160 metros, el peralte máximo alcanzado es 2,85%.

Para el sentido W –E de la carrera 2ª, la curva con radio de 120 metros permite que genere un peralte máximo de 3,15%. Esto demuestra que la vía ofrecerá un recorrido seguro a los conductores sin peligro de volcamientos.



**Figura 95:** Transición de peralte carrera 2ª sentido W-E. Alternativa 3.



**Figura 96:** Detalles carrera 2ª.- Alternativa 3.

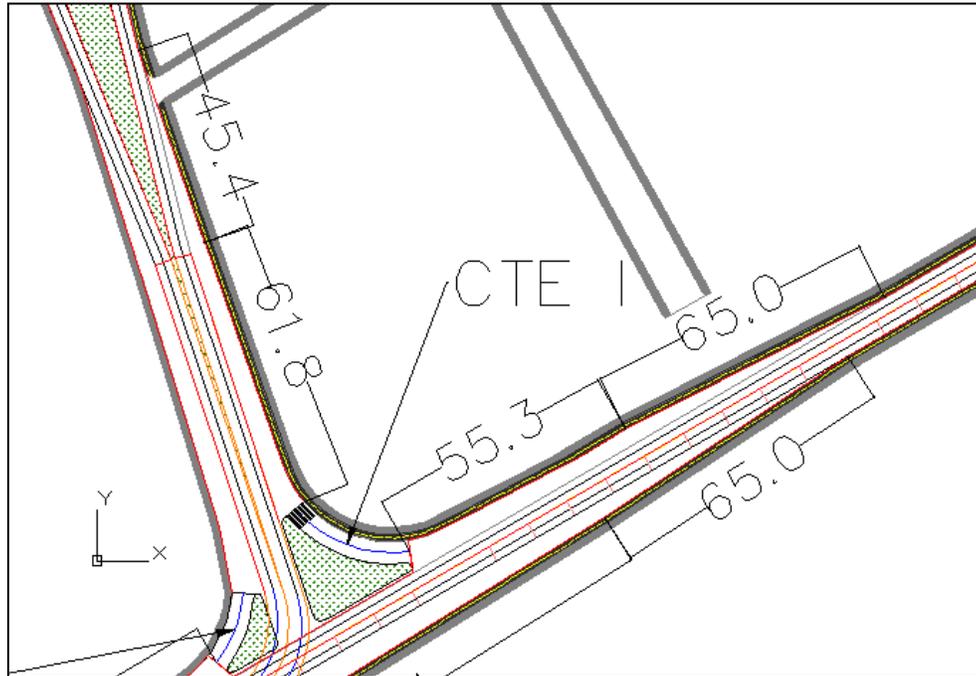
En cuanto a las conectantes, éstas cuentan con un diseño semejante al de las anteriores alternativas, con las siguientes dimensiones.

**Tabla 61:** Características de las conectantes.- Alternativa 3.

	<b>CONECTANTE I</b>	<b>CONECTANTE II</b>	<b>CONECTANTE III</b>	<b>CONECTANTE IV</b>
<b>Vías a comunicar</b>	Carrera 5ª N-S y Calle 12 E-W.	Calle 12 W-E y Carrera 5ª N-S.	Carrera 5ª S-N y Carrera 2ª W-E.	Carrera 2ª E-W y Carrera 5ª S-N
<b>Radio</b>	27.50 metros.	27.50 metros.	27.20 metros.	56.35 metros.
<b>Velocidad de diseño</b>	30 km/h.	30 km/h.	30 km/h.	30 km/h.
<b>Longitud</b>	28.420 m.	16.932 m.	44.464 m.	20.817 m.
<b>Ancho carril</b>	5.0 metros.	5.0 metros.	8.0 metros.	7.30 metros.

Como se evidencia en la tabla, las características de diseño cumplen cabalmente con las especificaciones establecidas en el Manual de diseño geométrico para carreteras del INVIAS, en cuanto a radios y anchos de carril. Sobre este último parámetro, las conectantes III y IV tienen un ancho de carril bastante amplio, siendo unidireccional, con el propósito de que en caso de posibles accidentes o problemas mecánicos de los vehículos, estos puedan tener una zona de parqueo sin interrumpir el tránsito, ya que estas conectantes son los únicos medios que permiten la comunicación entre las vías señaladas en la anterior tabla. De igual manera, en las conectantes I y II, los anchos de carril son apropiados para que se desarrolle adecuadamente el movimiento de las ruedas traseras a lo largo de éstas.

A continuación se mostrarán cada una de las conectantes detalladas con sus respectivos carriles de aceleración y desaceleración y su localización dentro de la intersección.



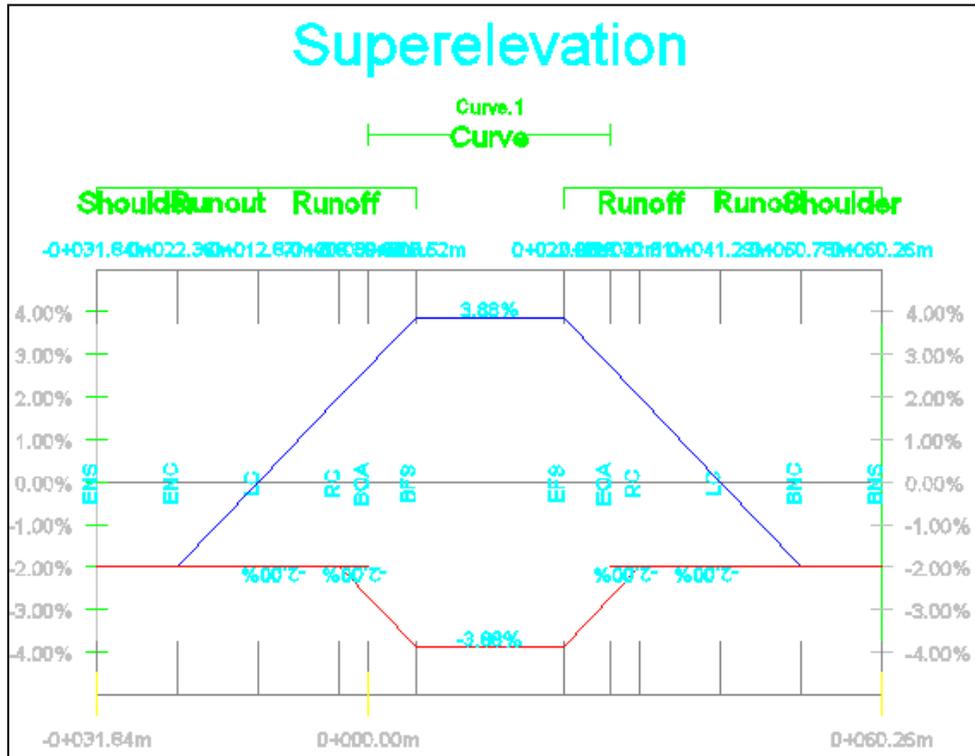
**Figura 97:** CONECTANTE I.- Alternativa 3.

En esta figura que corresponde a la conectante entre la carrera 5ª sentido Norte – Sur y la calle 12 sentido Este – Oeste, se observan los carriles de aceleración y desaceleración, detallando las longitudes de transición de cada uno. En este caso el carril de desaceleración debe tener las características concernientes a una velocidad de 80 km/h, es por ello que la longitud de transición es de 65 metros y la total es de 120,30 metros.

Para el carril de aceleración, las dimensiones deben adaptarse a una velocidad de diseño de 40 km/h, por lo que se tomó una longitud de transición de 45,40 metros y una longitud total de 107,20 metros. Es de aclarar que la longitud total recomendada por el Manual de diseño geométrico para carreteras del INVIAS para una velocidad de 50 km/h es de 55 metros, pero en este caso, esta longitud debió aumentarse 52,20 metros más de lo establecido ya que en esta zona se encuentra el deprimido y se tenía que garantizar un ancho de carril de 3.65 y luego de terminarse el alineamiento del deprimido se iniciaba con la longitud de transición del carril de aceleración.

Se encuentra una isleta direccional que tiene las mismas dimensiones que las adoptadas en la alternativa 1, la cual servirá como zona peatonal para el acceso al ciclo-puente.

De igual forma se tiene el diagrama de peraltes, el cual permite evidenciar como es la transición en esta conectante. Como se observa, el peralte máximo conseguido es de 3,88%, garantizando un seguro trayecto a lo largo de esta conectante.

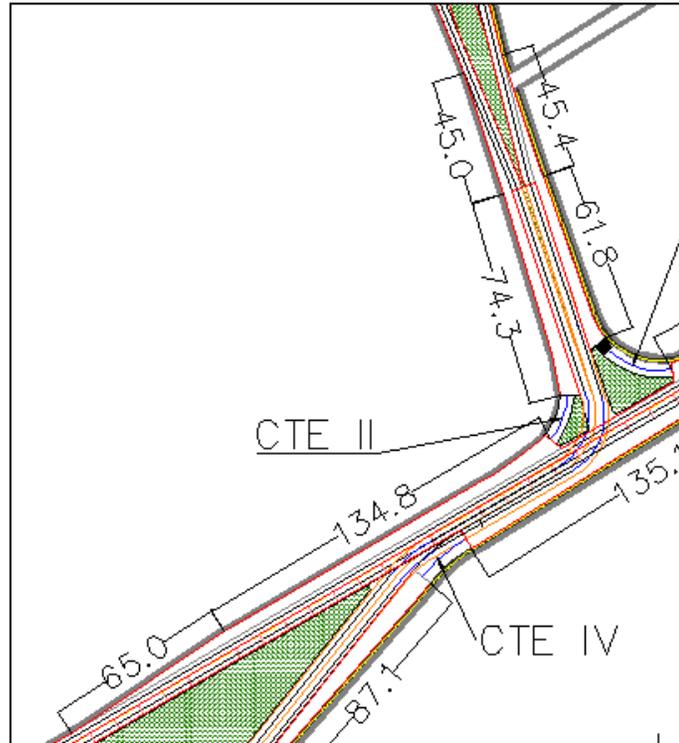


**Figura 98:** Transición de peraltes CTE I.- Alternativa 3.

La siguiente es la representación de la conectante II, la cual cuenta, de igual forma que la anterior, con una isleta direccional de las mismas dimensiones de la alternativa 1, y sus respectivos carriles de aceleración y desaceleración.

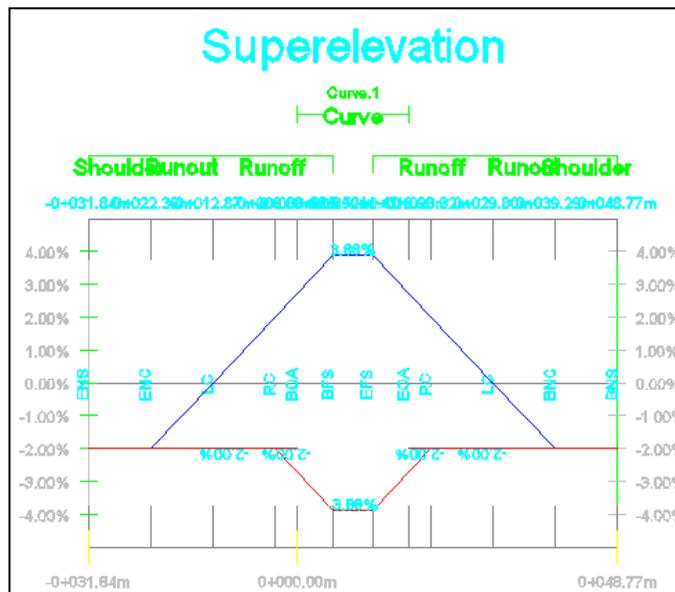
El carril de desaceleración tiene una longitud de transición de 45 metros y total de 119.3 metros, siendo 70 metros la longitud total recomendada por el INVIAS para una velocidad de 50 km/h, pero debido a la trayectoria del deprimido, como en el caso del carril de aceleración de la conectante I, debía respetarse el ancho de carril de 3.65 metros hasta que éste llegara al nivel de la calle 12.

En cuanto al carril de aceleración, la longitud total es de 200 metros con transición de 65 metros, valores que se adaptan completamente a los requerimientos del INVIAS.



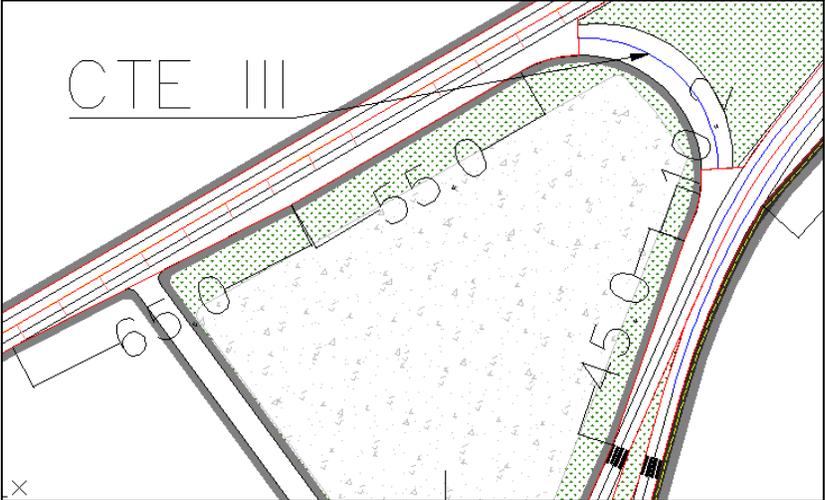
**Figura 99:** CONECTANTE II.- Alternativa 3.

En esta imagen se observa que, con el radio adoptado para esta conectante, se logra un peralte máximo de 3,88%, similar al de la conectante I.



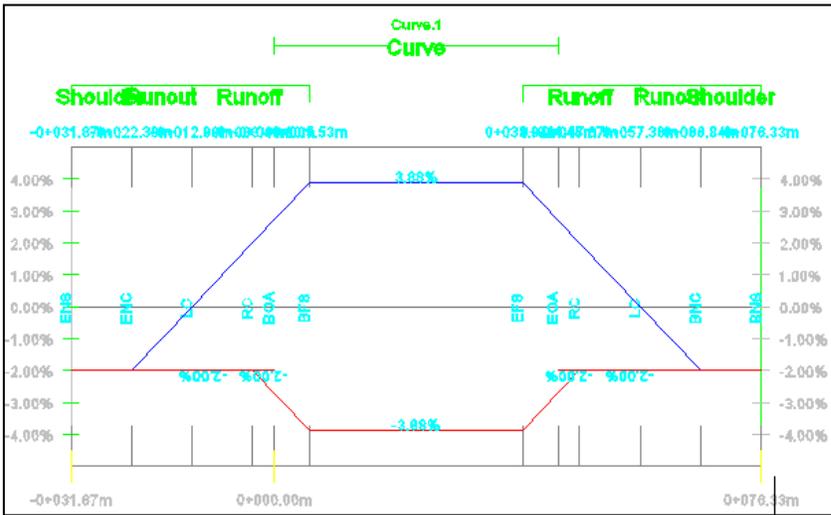
**Figura 100:** Transición de peraltes CTE II.- Alternativa 3.

La conectante III, la cual permite unir la carrera 5ª con la carrea 2ª y se muestra en la siguiente figura, está sujeta estrictamente a las recomendaciones del INVIAS en sus carriles de entrada y salida, pues el carril de desaceleración tiene una longitud de 120 metros con transición de 65 metros y su carril de aceleración, por pertenecer a la vía de 40 km/h, tiene una longitud total de 55 metros con transición de 45 metros. En el diseño de esta conectante, no se afectó ninguna construcción pues en la visita realizada se evidencio que en esta zona no existen estructuras y está completamente libre.



**Figura 101:** CONECTANTE III.- Alternativa 3.

Esta curva de 27,50 metros, al igual que en las dos conectantes anteriores, garantiza una transición de peraltes adecuado, alcanzándose un máximo de 3,88%, como se observa a continuación:

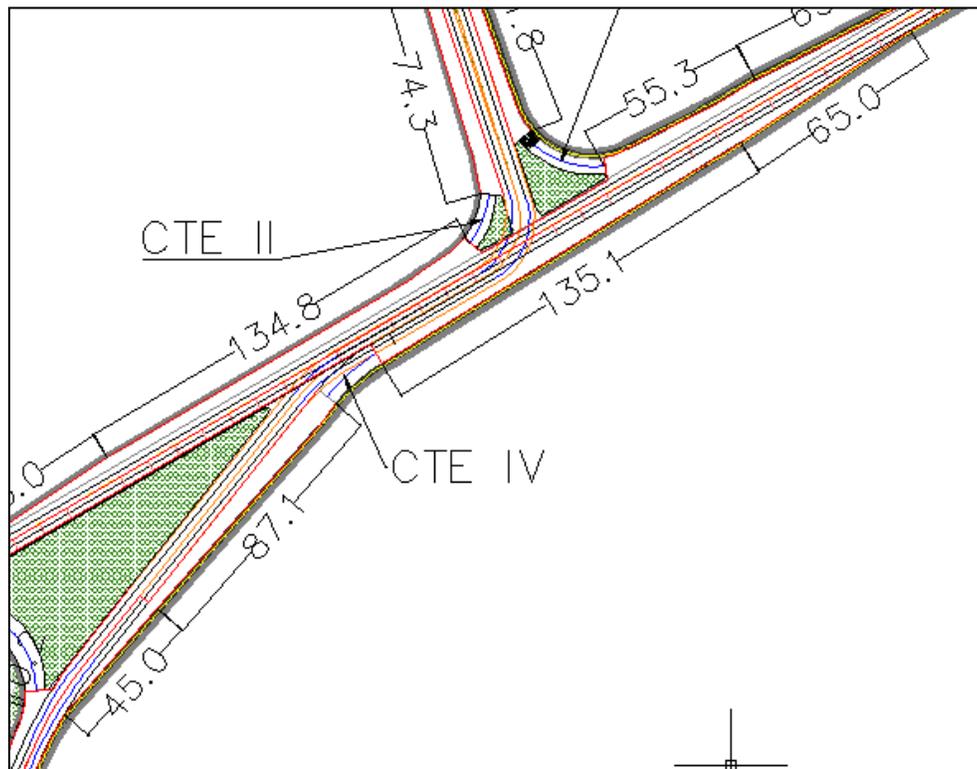


**Figura 102:** Transición de peraltes CTE III.- Alternativa 3.

El diseño de la conectante IV también se vió restringida por la localización del deprimido, lo que genera que la longitud total del carril de desaceleración, sobre la carrera 2ª, sea mucho mayor que los 70 metros que recomienda el INVIAS. Es así como la longitud total de este carril de desaceleración es de 132 metros incluyendo los 45 metros de transición, siempre garantizando el ancho de carril para no verse afectado por el deprimido.

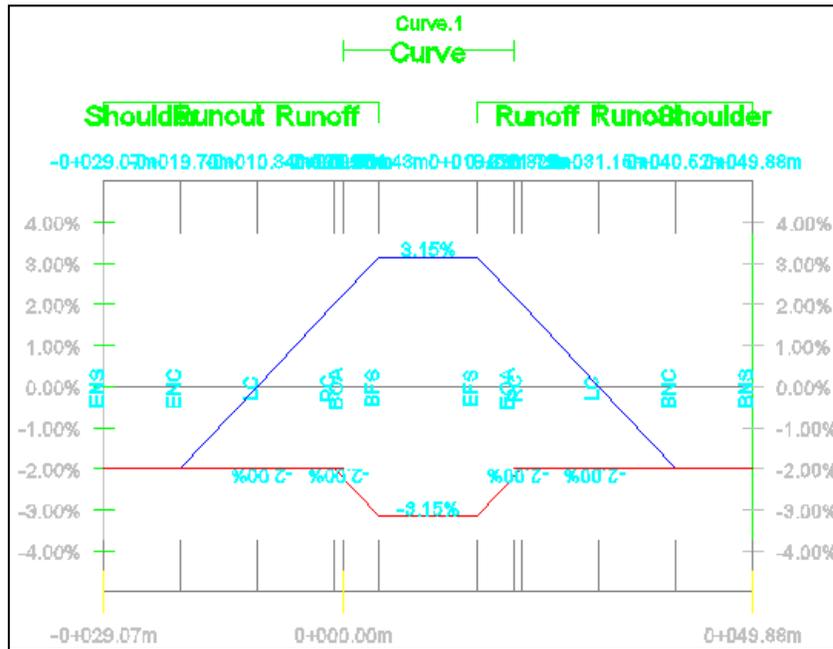
El carril de aceleración, en cambio, no sufrió restricción alguna y por ello pudo acoplarse perfectamente a las especificaciones, alcanzando una longitud total de 200 metros con sus 65 metros de transición.

Estas dimensiones se encuentran reflejadas en la siguiente figura que contempla esta conectante.



**Figura 103:** CONECTANTE IV.- Alternativa 3.

Esta conectante al poseer una curva con un radio mayor con respecto a la I,II y III, demuestra un peralte máximo de 3,15%, evidenciado en el diagrama de peraltes.



**Figura 104:** Transición de peraltes CTE IV.- Alternativa 3.

Complementando la función de las conectantes dentro de la intersección, se tienen los retornos en U, que como se dijo en la explicación de las vías secundarias, fueron implementados sobre estas, permitiendo una mejor movilidad. Estos tienen dimensiones similares a las utilizadas en las dos alternativas anteriores, pues se convirtieron en una parte fundamental para poder generar todos los giros y/o movimientos en esta intersección.

La siguiente tabla permite hacer el recuento de las dimensiones adoptadas para estas U:

**Tabla 62:** Características geométricas retornos U.- Alternativa 3.

	U1	U2	U3
<b>Radio</b>	8 metros	8 metros	8 metros
<b>Longitud</b>	13.84 metros	13.84 metros	7.59 metros
<b>Velocidad</b>	5 – 10 km/h	5 – 10 km/h	5 – 10 km/h

Dos de ellos se localizan sobre la calle 12 y uno en la carrera 2ª, tal y como en las alternativas 1 y 2. La siguiente imagen muestra la localización de estos retornos en dichas vías secundarias.

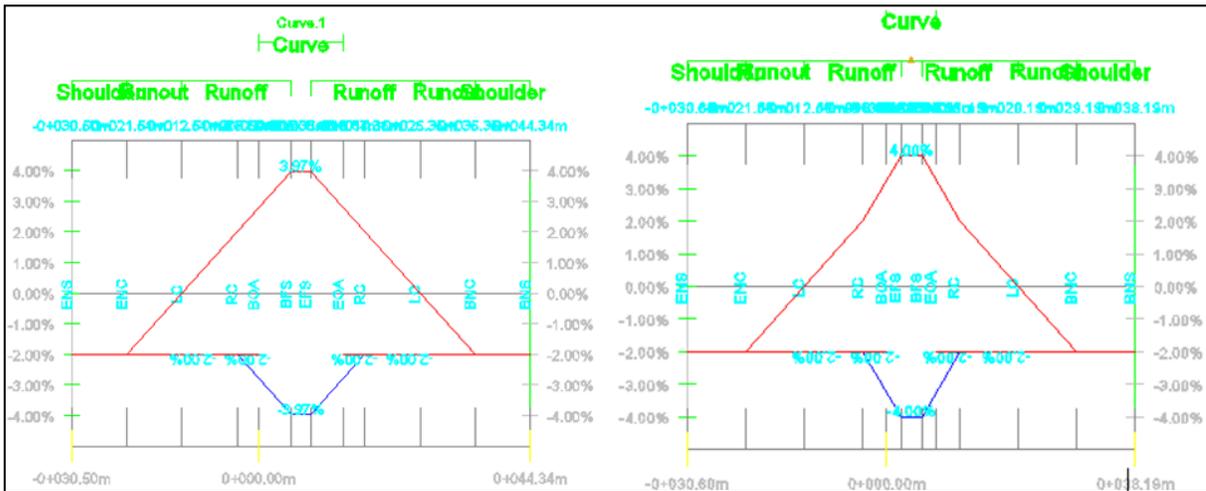


**Figura 105:** Retornos U.- Alternativa 3.

Como estas U se diseñaron para admitir el cambio de sentido en las vías secundarias, también cuentan con sus respectivos carriles de aceleración y desaceleración, y al estar los tres ubicados en vías con velocidad de diseño de 40 km/h, tienen las mismas dimensiones, ajustándose a las especificaciones del INVIAS, siendo para el carril de aceleración 55 metros la longitud total incluyendo los 45 metros para la transición y el carril de desaceleración los mismos 45 metros de transición y una longitud total de 60 metros.

Como es de notar, los tres retornos en U cuentan con un radio de 8 metros, por lo que en la transición de peraltes todos desarrollaron un peralte máximo del 4%, por ello se debe respetar la velocidad a la que estos han sido diseñados y así evitar posibles accidentes.

En la siguiente imagen se muestran los diagramas correspondientes a la transición de peraltes de estos.



**Figura 106:** Transición de peraltes retornos U.- Alternativa 3.

Por último se describirá el diseño horizontal del deprimido, elemento geométrico que permitirá comunicar directamente la calle 12 con la carrera 2ª, uno de los mayores problemas que se presenta actualmente y que por ello esta alternativa puede ser una solución a las situaciones que se plantearon en el inicio del trabajo.

Este es un deprimido en forma de S, bidireccional, un carril por sentido, cumpliendo con un ancho de carril igual a 3.65 metros y haciéndose más amplio en la curva central, alcanzando los 4.50 metros por carril. Está diseñado para una velocidad de 30 km/h, pues al ir subterráneo se debe tener prudencia en las velocidades que manejen los vehículos, además de conservar las recomendaciones de un túnel, como el no permitir el adelantamiento entre vehículos y conservar una distancia prudente entre estos.

Se realizaron los alineamientos por cada sentido, de los cuales se tomaron los siguientes valores:

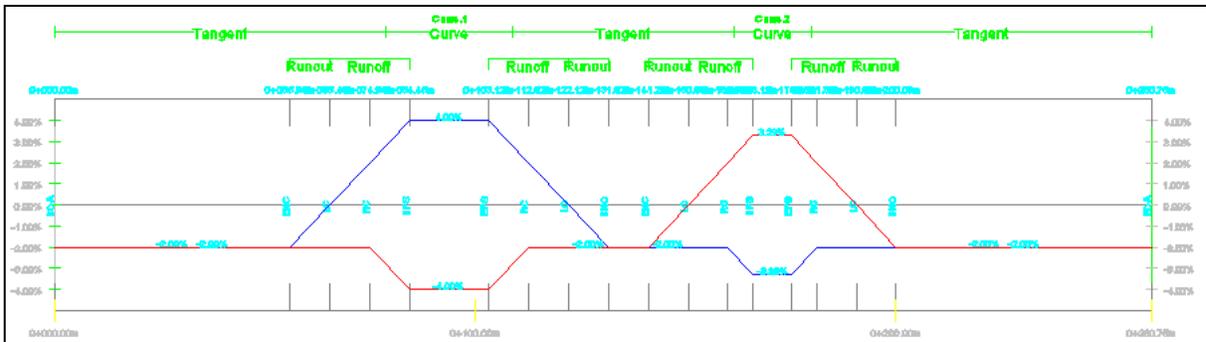
**Tabla 63:** Geometría de los alineamientos del deprimido.- Alternativa 3.

	<b>Sentido E – W</b>	<b>Sentido W – E</b>
<b>Longitud alineamiento</b>	266,28 metros	260,75 metros
<b>Radio Curva 1</b>	50 metros	50 metros
<b>Radio Curva 2</b>	22 metros	22 metros
<b>Entretangencia</b>	56,55 metros	56,67 metros

Estos alineamientos se componen del mismo número de curvas con radios iguales, cumpliendo con los 22 metros mínimos para estos radios, además de cumplir con los 42 metros de distancia mínima para ser recorrida en 5 segundos, en curvas de

distinto sentido, a 30 km/h. También cabe mencionar que entre estos alineamientos no existe separador central y la iluminación será como la empleada en un túnel.

Resaltando las curvas diseñadas para este deprimido, se tiene la transición de peraltes, que se comporta de igual manera en cada sentido por la utilización de los mismos radios. Este se muestra a continuación:



**Figura 107:** Transición de peraltes deprimido.- Alternativa 3.

Este diagrama resalta el comportamiento del deprimido en el trayecto de las curvas, en las que se alcanza un peralte máximo de 4% para el radio de 22 metros y de 3.29% para la curva más amplia que tiene el radio de 50 metros.

#### 4.6.3.2. Diseño en perfil

Con el diseño en planta de los elementos que conformaran la intersección, se puede obtener el diseño en perfil, en donde jugaran un papel importante las pendientes y las curvas verticales con sus respectivo coeficiente K.

En la carrera 5ª, las únicas modificaciones que se realizaran serán la adición de los carriles de aceleración y desaceleración para el acceso o salida de las conectantes, por tanto el diseño de la rasante no tiene fundamento en el alineamiento como tal, pero si para poder estimar los volúmenes para el movimiento de tierras requeridos por estos carriles, de esa manera se trazo un perfil ceñido al terreno natural, garantizando el cumplimiento de los parámetros señalados por el INVIAS.

Al ser totalmente paralelos los alineamientos de la carrera 5ª, se describirá un solo sentido. Para ello se construyó la siguiente tabla que contempla las longitudes de curvas, el coeficiente K, pendientes y las abscisas entre las cuales se ubican las curvas verticales:

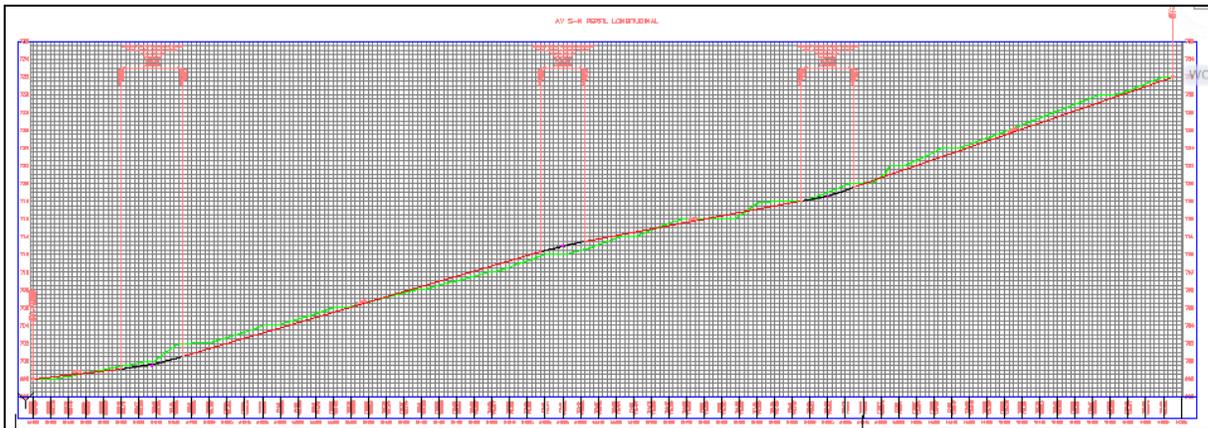
**Tabla 64:** Características rasante carrera 5ª.- Alternativa 3.

	Abscisas (km)		Tipo de curva	Longitud de curva (m)	K	Pendiente entrada (%)	Pendiente salida (%)
1	0+100	0+170	Cóncava	70.00	39.06	1.11	2.90
2	0+575	0+625	Convexa	50.00	46.73	2.90	1.83
3	0+870	0+930	Cóncava	60.00	36.80	1.83	3.46

Con la información ordenada podemos decir que en cuanto a la longitud de las curvas verticales, se cumplió con lo mínimo exigido por el INVIAS, siendo 48 metros el valor a superar, y solamente la curva 2 se acerca a ese límite pero esta no se podía aumentar, pues al crecer en longitud superaría el K máximo que es de 50, haciendo que no drene adecuadamente el agua superficial.

En cuanto a las pendientes, la máxima generada fue de 3.46%, siendo relativamente baja y aceptada para el tipo de terreno. Los coeficientes K de la misma forma, son adecuados para garantizar el buen drenaje y evitar empozamientos.

Esta es la rasante diseñada, en donde se pueden localizar las curvas verticales y tener una visión a gran escala de la distancia entre ellas:



**Figura 108:** Rasante carrera 5ª.- Alternativa 3.

Como varios tramos en las vías secundarias serán intervenidos, se realizó el diseño de la rasante, por lo que se adoptaron los valores que se presentan en las tablas siguientes. Tanto para la calle 12 como para la carrera 2ª se describirá solo el sentido este – oeste, pues dentro del diseño es importante que ambos sentidos sean totalmente paralelos. Cabe resaltar que aunque los alineamientos en la carrera 2ª tengan una geometría horizontal diferente, en perfil serán de igual manera paralelos.

**Tabla 65:** Características rasante calle 12.- Alternativa 3.

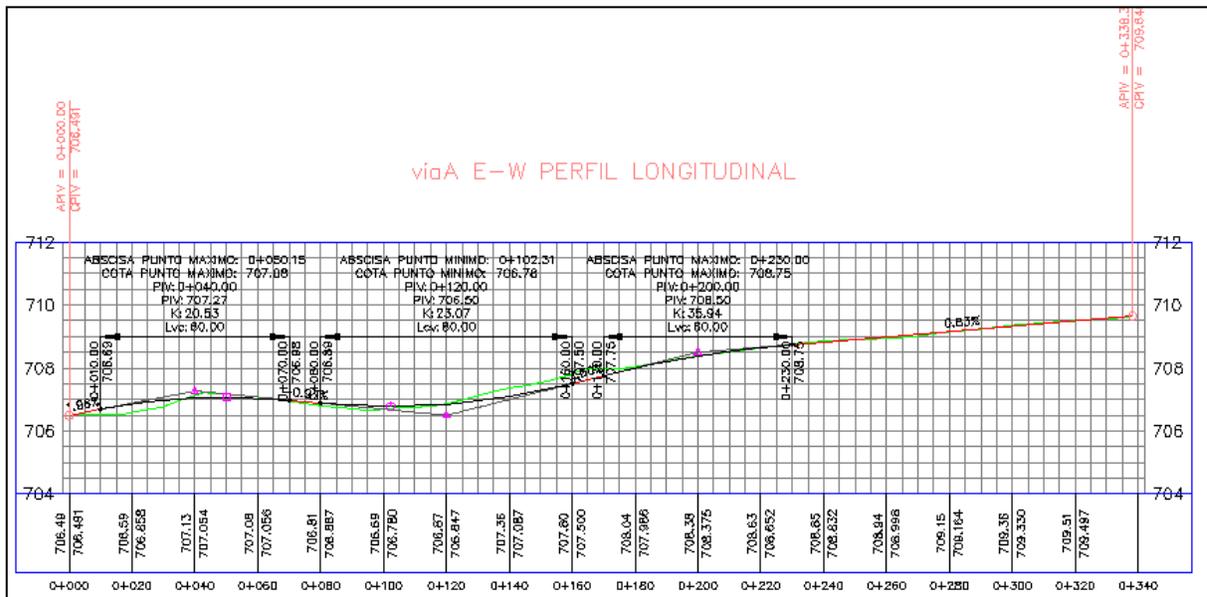
	Abscisas (km)		Tipo de curva	Longitud de curva (m)	K	Pendiente entrada (%)	Pendiente salida (%)
1	0+010	0+070	Convexa	60.00	20.53	1.96	-0.97
2	0+080	0+160	Cóncava	80.00	23.07	-0.97	2.50
3	0+170	0+230	Convexa	60.00	35.94	2.50	0.83

**Tabla 66:** Características rasante carrera 2ª sentido E-W.- Alternativa 3.

	Abscisas (km)		Tipo de curva	Longitud de curva (m)	K	Pendiente entrada (%)	Pendiente salida (%)
1	0+005	0+055	Convexa	50.00	9.45	6.42	1.13
2	0+115	0+195	Cóncava	80.00	24.34	1.13	4.42

Para el perfil generado para la calle 12 se contaron con tres curvas como se observa en la tabla, con longitudes de curva apropiadas para generar un coeficiente K eficiente que no se encuentra cerca a los límites mínimos ni máximos. Las pendientes igualmente están justas al tipo de terreno siendo 2.50% la pendiente máxima.

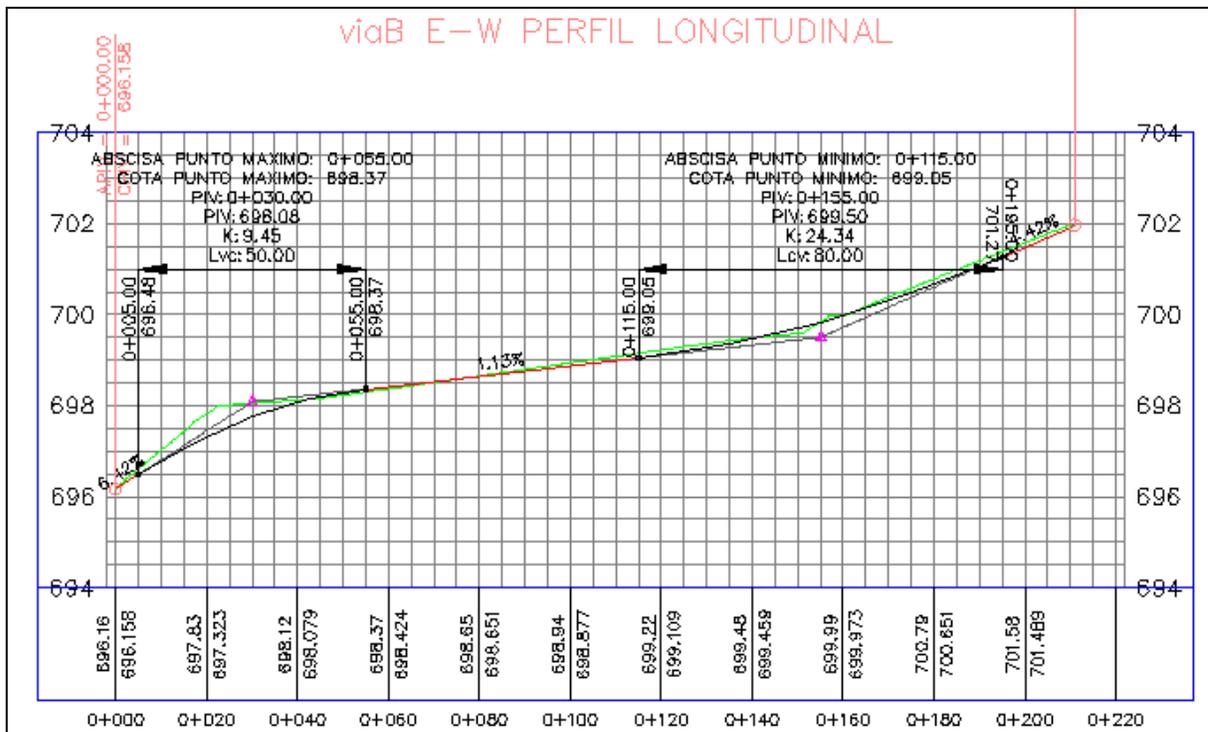
La siguiente es la representación grafica de la rasante diseñada para la calle 12.



**Figura 109:** Rasante calle 12.- Alternativa 3.

En cuanto al perfil generado en la carrera 2ª las longitudes de curva también están cumpliendo con las recomendaciones, también generando buenos coeficientes K. solo en la primer curva vertical se observa que el K es más bajo en relación que los anteriores, pero sigue siendo eficiente, pues el mínimo permitido es 4. Las pendientes son más altas que en la calle 12, alcanzando máximo el 6.42%, pero según la tabla 11 del presente trabajo afirma que para una vía secundaria con velocidad de 40 km/h se aceptan pendientes máximas del 7%, lo que avala el valor conseguido en el diseño de esta rasante.

Los detalles gráficos de la rasante diseñada para la carrera 2ª se muestran en la siguiente figura.



**Figura 110:** Rasante carrera 2ª.- Alternativa 3.

Las conectantes al ser elementos nuevos dentro de la intersección a modificar, requieren de un perfil que permita calcular los volúmenes de tierras. En las 4 conectantes no se emplearon curvas verticales, solamente rectas que unen los carriles de acceso y salida.

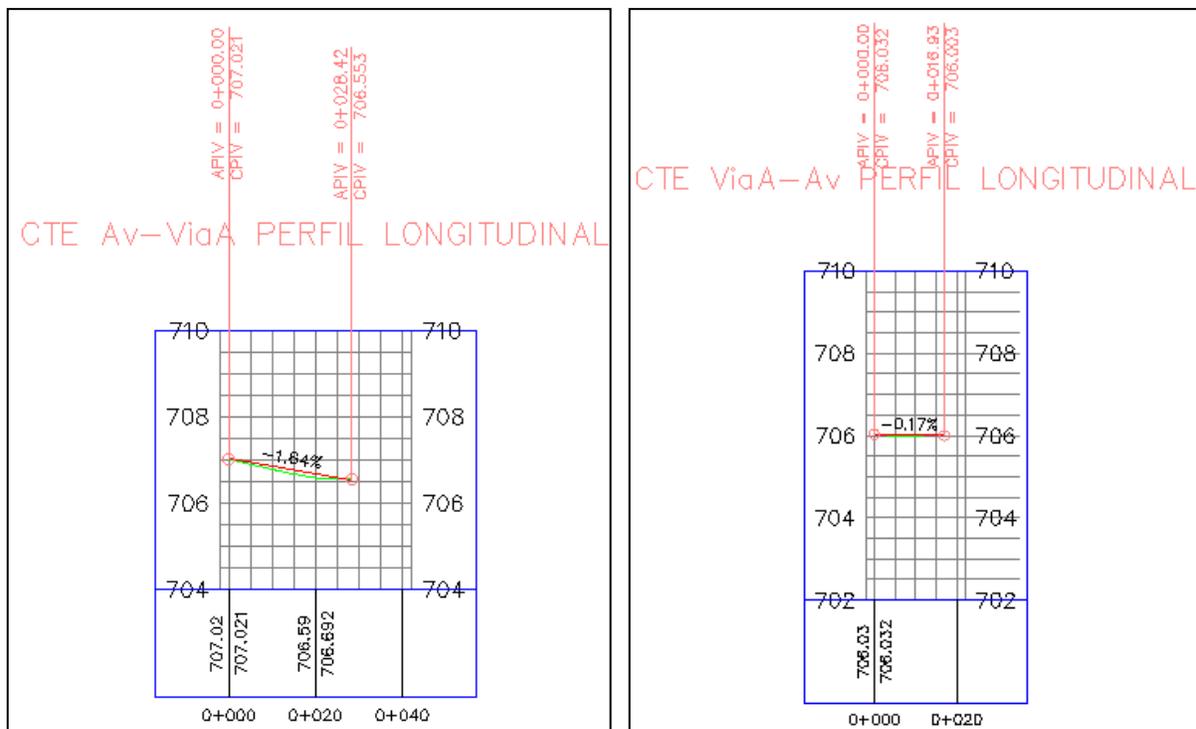
En la siguiente tabla se encuentran las pendientes que tienen estas rectas en cada conectante.

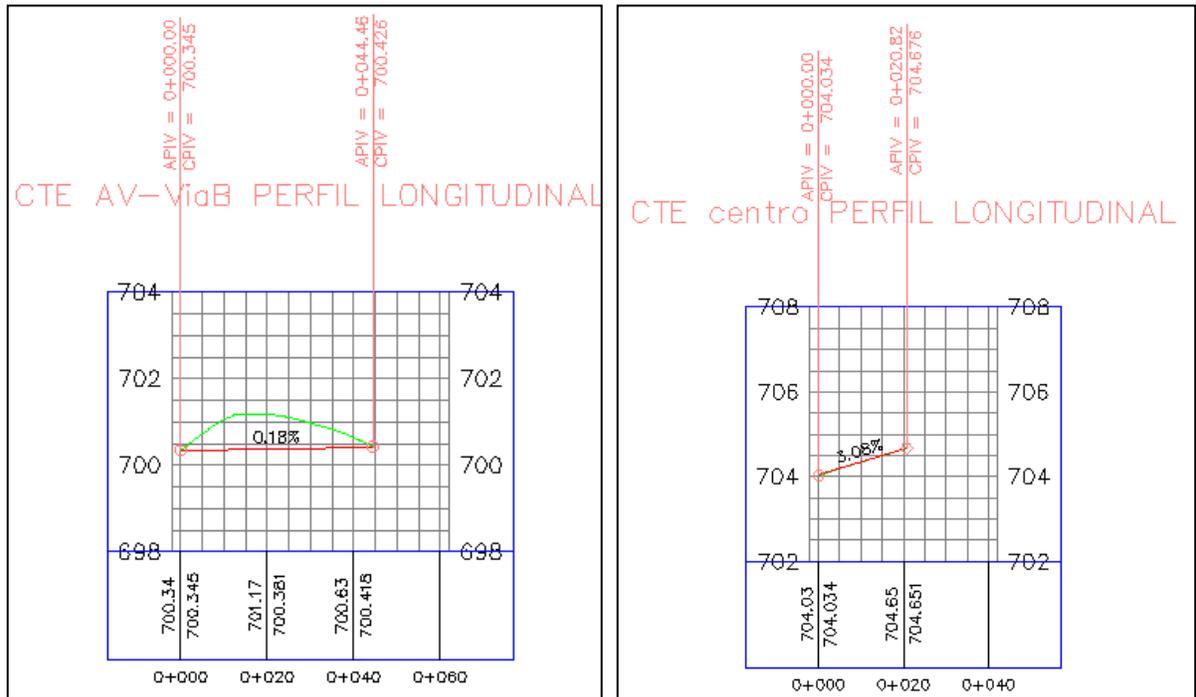
**Tabla 67:** Rasante Conectantes.- Alternativa 3.

	<b>Acceso – Salida</b>	<b>Pendiente rasante (%)</b>
<b>Conectante I</b>	Carrera 5 <sup>a</sup> – calle 12	-1.64
<b>Conectante II</b>	Calle 12 – carrera 5 <sup>a</sup>	-0.17
<b>Conectante III</b>	Carrera 5 <sup>a</sup> – carrera 2 <sup>a</sup>	0.18
<b>Conectante IV</b>	Carrera 2 <sup>a</sup> – carrera 5 <sup>a</sup>	3.08

Como se pudo observar, las pendientes resultantes para la rasante en estas conectantes son bajas, siendo la máxima 3.08%, apropiadas para este tipo de terreno, garantizando un movimiento suave de los vehículos a lo largo de estas y buen drenaje de las aguas superficiales.

Las siguientes imágenes representan las rasantes diseñadas para las conectantes, brindando un apoyo visual a lo consignado en la tabla.





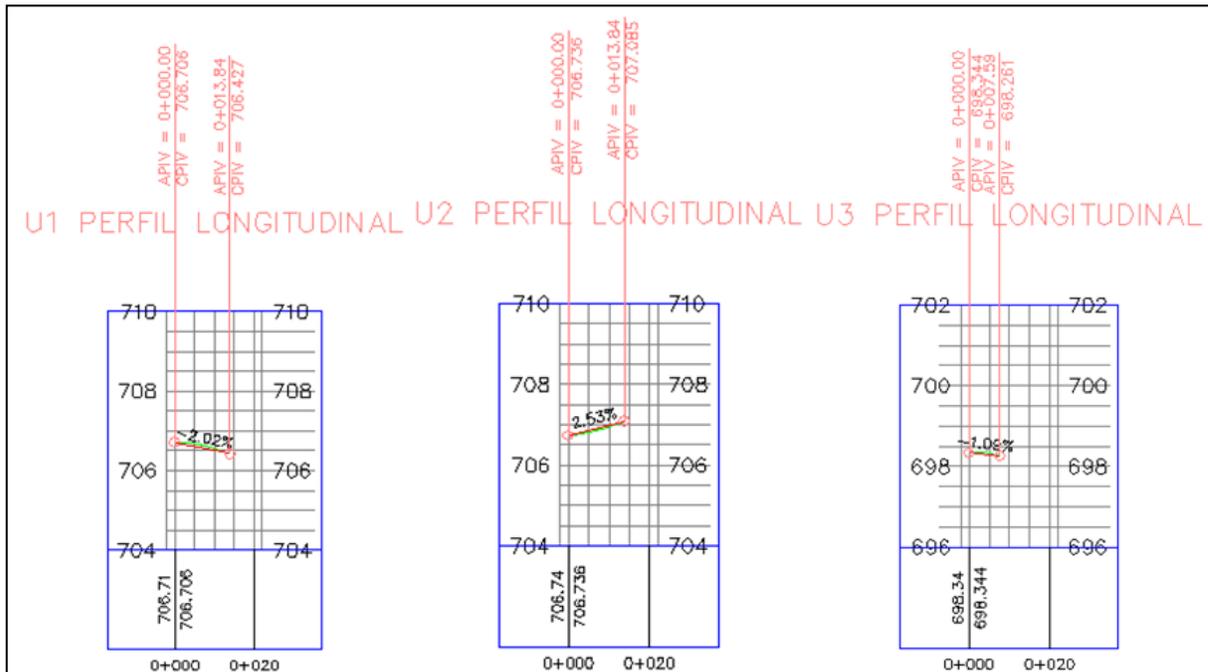
**Figura 111:** Rasante Conectantes.- Alternativa 3.

Así como en las conectantes no se requirieron de curvas verticales, el diseño de las rasantes de los retornos en U tampoco, basta de una línea recta que una los dos sentidos de las vías secundarias, teniendo en cuenta las pendientes que se generen.

A continuación se mostraran las pendientes que componen las rasantes de estas U y sus respectivas representaciones graficas:

**Tabla 68:** Rasantes Retornos U.- Alternativa 3

	<b>Acceso – Salida</b>	<b>Pendiente rasante (%)</b>
<b>Retorno U1</b>	calle 12 E-W – calle 12 W-E	-2.02
<b>Retorno U2</b>	calle 12 W-E – calle 12 E-W	2.53
<b>Retorno U3</b>	carrera 2ª W-E – carrera 2ª E-W	-1.09



**Figura 112:** Rasantes Retornos U.- Alternativa 3.

Por último se describirá el diseño en perfil del deprimido como elemento central en la modificación de esta intersección vial, al cual se le tuvo especial cuidado ya que se debe tener en cuenta el galibo de 7 metros bajo la carrera 5ª, para garantizar el paso de los vehículos más grandes sin obstrucciones o restricción alguna, además de cumplir con las máximas pendientes señaladas por el INVIAS.

Este deprimido consta de 2 curvas verticales, totalmente paralelas entre ambos sentidos, y la información geométrica de estos alineamientos se encuentra reflejada en las siguientes tablas:

**Tabla 69:** Características geométricas deprimido sentido W-E.- Alternativa 3.

	Abscisas (km)		Tipo de curva	Longitud de curva (m)	K	Pendiente entrada (%)	Pendiente salida (%)
1	0+050	0+130	Cóncava	80.00	9.20	-8.69	0.00
2	0+160	0+210	Cóncava	50.00	10.97	0.00	4.56

**Tabla 70:** Características geométricas deprimido sentido E-W.- Alternativa 3.

	Abscisas (km)		Tipo de curva	Longitud de curva (m)	K	Pendiente entrada (%)	Pendiente salida (%)
1	0+050	0+100	Cóncava	50.00	10.80	-4.63	0.00
2	0+135	0+215	Cóncava	80.00	9.14	0.00	8.76

Como se pudo evidenciar en las tablas, las pendientes empleadas para el diseño de la rasante del deprimido son bastante altas alcanzando un 8.7%, superando la pendiente máxima recomendada para la velocidad de diseño y el tipo de vía, la cual no debería superar el 8% como máximo. Hacer que la pendiente cumpliera implicaba alargar mas el alineamiento del deprimido hacia la calle 12 provocando que los carriles de aceleración y desaceleración de las conectantes I y II, respectivamente, aumentaran, además de cerrar una de las entradas al barrio Liberia, añadiendo un nuevo problema de movilidad dentro de esta zona residencial. Esto implica mas costos, mayor impacto social, ambiental y un grado de ineficiencia, pues los retornos en U también tendrían que desplazarse, aumentando el tiempo de recorrido en caso de que algún conductor desee realizar un giro obligado por alguno de estos retornos.

Por estos motivos se decidió dejar al deprimido con estas pendientes máximas, porque si se comparan con algunas pendientes de puentes en grandes ciudades del país, estarían por el mismo rango y con una velocidad prudente funcionan.

Las longitudes para las curva verticales en cambio si cumplen con lo mínimo para velocidades de 30 km/h, y permiten obtener un coeficiente K apropiado que supera el valor de 6 para este tipo de curvas, haciendo que las aguas superficiales que entran al deprimido pueden drenar fácilmente y sin presentar problemas de empozamiento.

Las imágenes que siguen permiten obtener una idea más clara de lo que se ha mencionado. Allí es posible apreciar dos líneas verticales por cada figura, las cuales indican el tramo que debe respetar el galibo de 7 metros, que equivale a 84 metros, y que por ende debe tener un trazado recto con pendiente mínima.

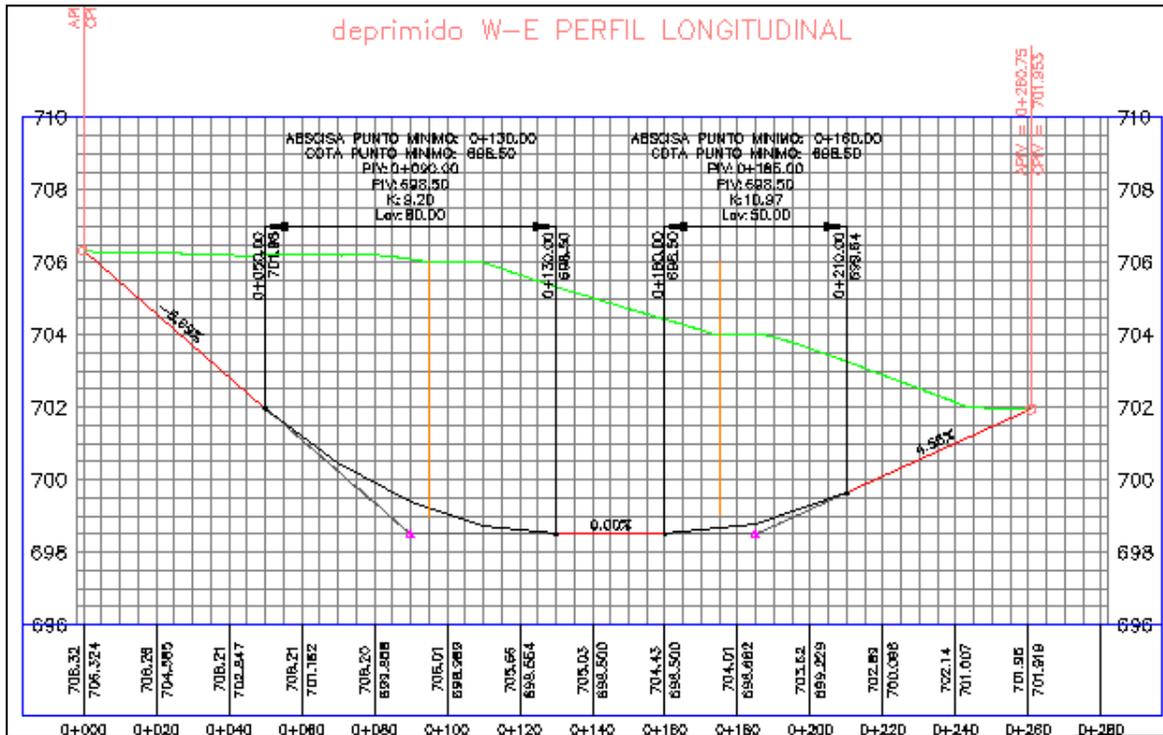


Figura 113: Rasante deprimido sentido W – E. –Alternativa 3.

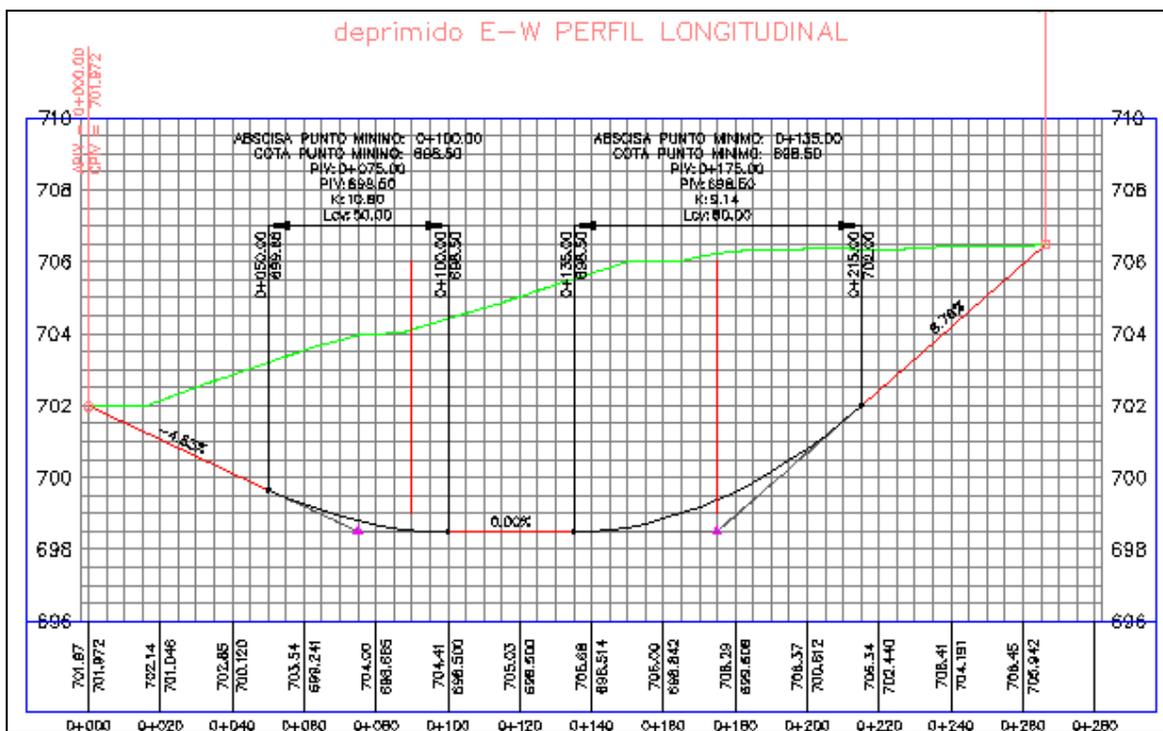


Figura 114: Rasante deprimido sentido E – W. –Alternativa 3.



diseño en planta y las rasantes diseñadas para cada alineamiento. Como se ha mencionado, estos corredores facilitaran el análisis de los volúmenes tanto de corte como de terraplenes que se requiere en la intersección.

Al igual que en las anteriores alternativas, los corredores tendrán una frecuencia sobre cada alineamiento, así: a lo largo de las tangentes, cada 20 metros y cada 10 metros a lo largo de las curvas, las espirales y las curvas verticales.

Procediendo con el análisis para conocer el volumen de corte y terraplén en cada alineamiento, debemos tener claro cuáles son las longitudes a intervenir, pues con las modificaciones geométricas realizadas no se hace necesario tomar estos volúmenes a lo largo de todo el alineamiento, sino que se pueden aprovechar ciertos tramos de las vías existentes, que con los cambios realizados, funcionarán correctamente.

De esta manera sobre la carrera 5ª los únicos volúmenes a tener en cuenta son los que genere la construcción de los carriles de aceleración y desaceleración en ésta, pues no se realizaron modificaciones sobre la vía principal. Así, los tramos a tener en cuenta son los situados entre las siguientes abscisas y las tablas que siguen mostraran los volúmenes sobre estos tramos.

Sentido Norte – Sur: 0+780 – 0+900 y 0+940 – 1+140.

Sentido Sur – Norte: 0+000 – 0+140 y 0+300 – 0+500.

**Tabla 71:** Volumen corte y terraplén km 0+780 al km 0+900 sentido N-S carrera 5ª.- Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+780.00	0.00	1.07	2.84	10.67	46.27	2477.82
0+800.00	0.00	1.75	0.00	28.13	46.27	2505.94
0+820.00	0.00	2.85	0.00	45.99	46.27	2551.93
0+840.00	0.00	3.23	0.00	60.85	46.27	2612.78
0+860.00	0.00	5.17	0.00	83.99	46.27	2696.78
0+868.72	0.00	5.94	0.00	48.46	46.27	2745.23
0+880.00	0.00	7.14	0.00	73.79	46.27	2819.02
0+883.17	0.00	7.49	0.00	23.15	46.27	2842.17
0+897.61	0.00	9.00	0.00	119.06	46.27	2961.23
0+900.00	0.00	9.08	0.00	21.60	46.27	2982.83

$$V_{\text{corte/terraplén}} = \text{Vacumulado (km0 + 900)} - \text{Vacumulado (km0 + 780)}$$

$$V_{\text{corte}} = 2982,83 \text{ m}^3 - 2477,82 \text{ m}^3 = \mathbf{505,01 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 46,27 \text{ m}^3 - 46,27 \text{ m}^3 = \mathbf{0,00 \text{ m}^3}$$

**Tabla 72:** Volumen corte y terraplén km 0+940 al km 1+140 sentido N-S carrera 5ª. - Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+940.00	0.00	11.70	0.00	109.32	46.27	3380.80
0+950.00	0.00	14.18	0.00	129.40	46.27	3510.20
0+960.00	0.00	12.62	0.00	134.00	46.27	3644.20
0+970.00	0.00	11.17	0.00	118.99	46.27	3763.19
0+971.85	0.00	10.91	0.00	20.38	46.27	3783.56
1+020.00	0.00	10.34	0.00	50.38	46.27	4251.94
1+040.00	0.00	11.79	0.00	221.32	46.27	4473.26
1+060.00	0.00	11.48	0.00	232.70	46.27	4705.96
1+080.00	0.00	11.12	0.00	226.02	46.27	4931.97
1+100.00	0.00	10.69	0.00	218.14	46.27	5150.11
1+120.00	0.00	10.76	0.00	214.55	46.27	5364.66
1+140.00	0.00	6.75	0.00	175.12	46.27	5539.78

$$V_{\text{corte/terraplén}} = \text{Vacumulado (km1 + 140)} - \text{Vacumulado (km0 + 940)}$$

$$V_{\text{corte}} = 5539,78 \text{ m}^3 - 3380,80 \text{ m}^3 = \mathbf{2158,98 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 46,27 \text{ m}^3 - 46,27 \text{ m}^3 = \mathbf{0,00 \text{ m}^3}$$

**Tabla 73:** Volumen corte y terraplén km 0+000 al km 0+140 sentido S-N carrera 5ª. - Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	2.31	0.00	49.82	0.00	49.82
0+040.00	0.00	3.23	0.00	55.44	0.00	105.25
0+060.00	0.00	5.06	0.00	82.94	0.00	188.19
0+080.00	0.00	6.80	0.00	118.59	0.00	306.78
0+100.00	0.00	9.26	0.00	160.61	0.00	467.39
0+120.00	0.00	11.49	0.00	207.55	0.00	674.93
0+140.00	0.00	13.72	0.00	252.11	0.00	927.04

$$V_{\text{corte}} = 927,04 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,00 \text{ m}^3$$

**Tabla 74:** Volumen corte y terraplén km 0+300 al km 0+500 sentido S-N carrera 5ª. - Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+300.00	0.00	10.65	0.00	190.04	0.00	2533.35
0+320.00	0.00	13.36	0.00	240.11	0.00	2773.46
0+340.00	0.00	13.13	0.00	264.97	0.00	3038.43
0+360.00	0.00	8.61	0.00	217.40	0.00	3255.83
0+380.00	0.00	7.48	0.00	160.84	0.00	3416.67
0+400.00	0.00	6.34	0.00	138.22	0.00	3554.89
0+420.00	0.00	5.19	0.00	115.39	0.00	3670.28
0+440.00	0.00	3.13	0.00	83.28	0.00	3753.56
0+460.00	0.00	2.06	0.00	51.92	0.00	3805.48
0+480.00	0.00	1.21	0.00	32.69	0.00	3838.17
0+500.00	0.00	0.96	0.00	21.66	0.00	3859.83

$$V_{\text{corte/terraplén}} = V_{\text{acumulado}} (km0 + 500) - V_{\text{acumulado}} (km0 + 300)$$

$$V_{\text{corte}} = 3859,83 \text{ m}^3 - 2533,35 \text{ m}^3 = \mathbf{1326,28 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,00 \text{ m}^3 - 0,00 \text{ m}^3 = \mathbf{0,00 \text{ m}^3}$$

Por lo reflejado en las tablas se puede afirmar que la implementación de los carriles de aceleración y desaceleración para las conectantes no implicó terraplenes y que los volúmenes asociados a corte son más altos, lógicamente, para los carriles de aceleración.

En la calle 12 las modificaciones se debieron a la ampliación dada por los retornos en U, pues al incluir una curva en esa zona, la vía existente no alcanza a suplir este nuevo incremento. Por ello los tramos a tener en cuenta para el cálculo de los volúmenes de corte y terraplén, son:

Calle 12 sentido E – W: 0+040 – 0+200

Calle 12 sentido W – E: 0+080 – 0+337,26

**Tabla 75:** Volumen corte y terraplén km 0+040 al km 0+200 sentido E-W calle 12.-  
Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+040.00	0.00	4.02	2.35	59.08	4.72	135.99
0+060.00	0.00	3.12	0.00	71.39	4.72	207.38
0+080.00	0.03	3.17	0.32	62.85	5.04	270.24
0+085.27	0.05	3.23	0.21	16.87	5.25	287.11
0+095.27	0.11	2.71	0.79	29.69	6.03	316.79
0+100.00	0.09	3.52	0.47	14.72	6.51	331.52
0+105.27	0.04	4.05	0.36	19.97	6.86	351.49
0+115.27	0.02	4.61	0.32	43.33	7.19	394.81
0+115.75	0.01	4.75	0.01	2.21	7.19	397.03
0+120.00	0.00	3.77	0.03	17.98	7.22	415.00
0+120.23	0.00	3.67	0.00	0.87	7.22	415.87
0+125.04	0.00	3.92	0.00	18.19	7.22	434.06
0+129.84	0.00	4.51	0.00	20.22	7.22	454.28
0+130.00	0.00	4.53	0.00	0.74	7.22	455.02
0+154.80	0.00	7.68	0.00	76.67	7.22	638.22
0+160.00	0.00	7.72	0.00	40.04	7.22	678.26
0+164.80	0.00	7.88	0.00	37.42	7.22	715.68
0+180.00	0.00	4.26	0.00	92.28	7.22	807.97
0+200.00	0.00	3.15	0.02	74.06	7.24	882.02

$$V_{\text{corte/terraplén}} = \text{Vacumulado (km0 + 200)} - \text{Vacumulado (km0 + 040)}$$

$$V_{\text{corte}} = 882,02 \text{ m}^3 - 135,99 \text{ m}^3 = 746,03 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 7,24 \text{ m}^3 - 4,72 \text{ m}^3 = 2,52 \text{ m}^3$$

**Tabla 76:** Volumen corte y terraplén km 0+080 al km 0+337.26 sentido W-E calle 12.- Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+080.00	0.08	1.41	0.76	15.17	1.47	162.82
0+100.00	0.06	1.47	1.34	28.84	2.81	191.67
0+120.00	0.16	1.16	2.15	26.38	4.96	218.05
0+140.00	0.10	1.35	2.61	25.19	7.56	243.24
0+160.00	0.00	5.68	1.02	70.38	8.58	313.62
0+180.00	0.00	7.89	0.00	135.73	8.58	449.36
0+200.00	0.03	5.75	0.28	136.38	8.87	585.73
0+270.00	0.03	2.66	0.09	8.24	17.80	799.78
0+280.00	0.01	2.46	0.17	25.60	17.97	825.38
0+284.48	0.00	2.81	0.02	11.80	17.99	837.18
0+300.00	0.04	2.42	0.34	40.55	18.33	877.73
0+315.43	0.67	0.74	5.53	24.40	23.86	902.13
0+320.00	0.62	0.84	2.95	3.61	26.81	905.74
0+325.09	0.35	1.55	2.46	6.08	29.27	911.82
0+325.93	0.31	1.68	0.28	1.36	29.55	913.18
0+336.43	0.03	4.27	1.80	31.23	31.35	944.41
0+337.26	0.02	4.40	0.02	3.57	31.37	947.99

$$V_{\text{corte/terraplén}} = V_{\text{acumulado}}(km0 + 337.26) - V_{\text{acumulado}}(km0 + 080)$$

$$V_{\text{corte}} = 947,99 \text{ m}^3 - 162,82 \text{ m}^3 = \mathbf{785,17 \text{ m}^3}$$

$$V_{\text{terraplén}} = 31,37 \text{ m}^3 - 1,47 \text{ m}^3 = \mathbf{29,9 \text{ m}^3}$$

En la carrera 2ª, en el sentido E – W se necesita una intervención a lo largo de todo su alineamiento, ya que en este se sitúa un largo carril de desaceleración para el acceso a la conectante IV y se generó un ensanchamiento demandado por el retorno en U. Del otro sentido sólo se tendrá en cuenta la adición del carril de aceleración correspondiente a la conectante III.

Estas son las abscisas entre las cuales se encuentran los tramos a analizar y sus respectivas tablas de las cuales se obtendrán los volúmenes de corte y terraplén:

Carrera 2ª sentido W – E: 0+040 – 0+120.

Carrera 2ª sentido E – W: 0+000 – 0+210.92.

**Tabla 77:** Volumen corte y terraplén km 0+040 al km 0+120 sentido W-E carrera 2ª.-  
Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+040.00	0.00	4.59	0.00	30.92	0.00	180.26
0+044.14	0.00	6.99	0.00	24.21	0.00	204.47
0+050.00	0.02	5.20	0.06	36.25	0.06	240.72
0+054.84	0.02	4.85	0.11	24.59	0.17	265.30
0+059.57	0.00	4.40	0.06	22.12	0.23	287.43
0+060.00	0.00	4.46	0.00	1.92	0.23	289.35
0+060.58	0.00	4.53	0.00	2.62	0.23	291.97
0+070.58	0.00	6.08	0.00	53.07	0.23	345.04
0+080.00	0.00	6.45	0.00	58.99	0.23	404.03
0+080.58	0.00	6.45	0.00	3.76	0.23	407.80
0+090.58	0.00	5.93	0.00	61.90	0.23	469.70
0+100.00	0.00	5.13	0.00	52.07	0.23	521.77
0+120.00	0.00	5.38	0.00	105.15	0.23	626.92

$$V_{\text{corte/terraplén}} = \text{Vacumulado (km0 + 120)} - \text{Vacumulado (km0 + 040)}$$

$$V_{\text{corte}} = 626,92 \text{ m}^3 - 180,26 \text{ m}^3 = 446,66 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,23 \text{ m}^3 - 0,00 \text{ m}^3 = 0,23 \text{ m}^3$$

**Tabla 78:** Volumen corte y terraplén km 0+000 al km 0+210.92 sentido E-W carrera 2ª.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+003.01	0.00	0.17	0.00	0.26	0.00	0.26
0+013.51	0.00	2.61	0.00	14.62	0.00	14.88
0+020.00	0.00	3.46	0.00	19.72	0.00	34.60
0+024.01	0.00	3.54	0.00	14.02	0.00	48.62
0+034.51	0.00	3.28	0.00	35.78	0.00	84.40
0+038.71	0.00	3.07	0.01	13.33	0.01	97.73
0+040.00	0.01	3.81	0.01	4.34	0.02	102.06
0+044.57	0.06	6.40	0.16	21.97	0.18	124.04
0+044.79	0.06	6.51	0.01	1.40	0.19	125.43
0+045.01	0.06	6.62	0.01	1.42	0.20	126.85
0+050.00	0.07	5.07	0.34	27.07	0.54	153.92
0+050.87	0.07	5.01	0.06	4.12	0.60	158.04
0+055.07	0.05	4.84	0.26	20.70	0.86	178.74
0+060.00	0.03	4.86	0.22	23.89	1.08	202.63
0+065.57	0.02	4.65	0.15	26.49	1.22	229.12
0+076.07	0.00	4.25	0.10	46.73	1.32	275.85
0+080.00	0.00	4.08	0.00	16.36	1.32	292.22
0+086.57	0.00	4.28	0.01	27.50	1.33	319.71
0+210.92	0.00	5.22	0.00	21.55	1.73	819.77

$$V_{\text{corte}} = 819,77 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 1,73 \text{ m}^3$$

Los retornos en U, las conectantes y el deprimido, al ser nuevos elementos diseñados para la intersección actual, deben contemplar los volúmenes a lo largo de todo el alineamiento, y las siguientes tablas permitirán conocerlos para poder tomarlos en cuenta a la hora de estimar los costos.

**Tabla 79:** Volumen corte y terraplén conectante I.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.52	0.00	5.24	0.00	25.08	0.00	25.08
0+010.00	0.00	5.81	0.00	23.23	0.00	48.31
0+014.21	0.00	5.89	0.00	22.80	0.00	71.11
0+020.00	0.00	5.45	0.00	30.40	0.00	101.51
0+022.90	0.00	5.01	0.00	14.22	0.00	115.73
0+028.42	0.00	4.22	0.00	24.78	0.00	140.52

$$V_{\text{corte}} = 140,52 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,00 \text{ m}^3$$

**Tabla 80:** Volumen corte y terraplén conectante II.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.52	0.02	4.07	0.06	24.00	0.06	24.00
0+008.47	0.02	4.11	0.07	11.76	0.13	35.76
0+010.00	0.02	4.13	0.04	6.16	0.17	41.92
0+011.41	0.02	4.15	0.03	5.71	0.21	47.63
0+016.93	0.00	5.68	0.07	27.11	0.27	74.74

$$V_{\text{corte}} = 74,74 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,27 \text{ m}^3$$

**Tabla 81:** Volumen corte y terraplén conectante III.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	5.03	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.53	0.00	12.14	0.00	44.67	0.00	44.67
0+010.00	0.00	17.40	0.00	60.07	0.00	104.75
0+020.00	0.00	21.05	0.00	171.37	0.00	276.12
0+022.23	0.00	20.80	0.00	41.24	0.00	317.35
0+030.00	0.00	17.58	0.00	131.88	0.00	449.23
0+038.94	0.00	10.58	0.00	113.32	0.00	562.55
0+040.00	0.00	9.55	0.00	9.91	0.00	572.46
0+044.46	0.00	5.36	0.00	31.80	0.00	604.26

$$V_{\text{corte}} = 604,26 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,00 \text{ m}^3$$

**Tabla 82:** Volumen corte y terraplén conectante IV.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.02	5.87	0.00	0.00	0.00	0.00
0+004.43	0.03	5.94	0.10	25.75	0.10	25.75
0+010.00	0.02	5.95	0.13	32.60	0.23	58.35
0+010.41	0.02	5.95	0.01	2.43	0.24	60.78
0+016.39	0.01	5.96	0.11	35.05	0.34	95.83
0+020.00	0.01	5.91	0.04	21.12	0.38	116.95
0+020.82	0.00	6.83	0.00	5.20	0.39	122.15

$$V_{\text{corte}} = 122,15 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,39 \text{ m}^3$$

**Tabla 83:** Volumen corte y terraplén Retorno U1.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.00	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.36	0.00	4.82	0.01	21.32	0.01	21.32
0+006.92	0.00	4.81	0.00	7.91	0.01	29.23
0+008.48	0.00	3.10	0.00	6.02	0.01	35.25
0+010.00	0.00	3.98	0.00	4.95	0.01	40.21
0+013.84	0.00	4.48	0.00	15.32	0.01	55.52

$$V_{\text{corte}} = 55,52 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,01 \text{ m}^3$$

**Tabla 84:** Volumen corte y terraplén Retorno U2.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.12	4.83	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.36	0.19	4.37	1.24	20.78	1.24	20.78
0+006.92	0.17	4.32	0.42	5.70	1.66	26.48
0+008.48	0.14	4.33	0.36	5.73	2.03	32.22
0+010.00	0.10	4.35	0.27	5.68	2.30	37.90
0+013.84	0.00	5.31	0.29	17.51	2.59	55.40

$$V_{\text{corte}} = 55,40 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 2,59 \text{ m}^3$$

**Tabla 85:** Volumen corte y terraplén Retorno U3.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
-0+000.00	0.04	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00
0+002.19	0.07	4.90	0.18	9.05	0.18	9.05
0+003.80	0.06	5.07	0.15	6.83	0.33	15.88
0+005.40	0.06	5.00	0.14	6.89	0.48	22.78
0+007.59	0.00	4.93	0.11	9.48	0.58	32.26

$$V_{\text{corte}} = 32,26 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,58 \text{ m}^3$$

**Tabla 86:** Volumen corte y terraplén Deprimido sentido E-W.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	12.72	0.00	158.00	0.00	158.00
0+040.00	0.00	36.20	0.00	489.22	0.00	647.22
0+050.00	0.00	51.78	0.00	439.96	0.00	1087.18
0+059.39	0.00	67.31	0.00	559.22	0.00	1646.40
0+060.00	0.00	68.25	0.00	41.10	0.00	1687.50
0+068.79	0.00	81.38	0.00	657.31	0.00	2344.81
0+078.18	0.00	92.29	0.00	815.53	0.00	3160.34
0+079.60	0.00	93.54	0.00	131.87	0.00	3292.20
0+080.00	0.00	93.87	0.00	37.80	0.00	3330.00
0+084.23	0.00	96.63	0.00	403.34	0.00	3733.34
0+088.80	0.00	100.29	0.00	450.14	0.00	4183.48
0+090.00	0.00	101.70	0.00	120.91	0.00	4304.39
0+093.38	0.00	105.51	0.00	349.70	0.00	4654.09
0+098.01	0.00	110.29	0.00	500.43	0.00	5154.52
0+099.43	0.00	111.64	0.00	157.48	0.00	5312.00
0+100.00	0.00	112.20	0.00	64.06	0.00	5376.07
0+108.62	0.00	120.96	0.00	1028.20	0.00	6404.27
0+118.21	0.00	130.67	0.00	1181.66	0.00	7585.93
0+120.00	0.00	132.45	0.00	235.31	0.00	7821.23
0+266.28	0.01	5.06	0.02	38.33	0.02	22163.18

$$V_{\text{corte}} = 22163,18 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,02 \text{ m}^3$$

**Tabla 87:** Volumen corte y terraplén Deprimido sentido W-E.-Alternativa 3.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.01	5.04	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	22.46	0.10	275.05	0.10	275.05
0+040.00	0.00	51.87	0.00	743.37	0.10	1018.42
0+055.95	0.00	84.08	0.00	1084.35	0.10	2102.78
0+060.00	0.00	92.42	0.00	357.30	0.10	2460.08
0+065.45	0.00	103.21	0.00	533.24	0.10	2893.32
0+074.95	0.00	120.54	0.00	1062.81	0.10	4056.13
0+078.75	0.00	127.69	0.00	471.62	0.10	4527.75
0+080.00	0.00	130.04	0.00	164.21	0.10	4691.96
0+084.45	0.00	138.11	0.00	609.34	0.10	5301.30
0+090.00	0.00	145.54	0.00	803.10	0.10	6104.40
0+093.79	0.00	149.07	0.00	567.54	0.10	6671.95
0+100.00	0.00	153.25	0.00	949.28	0.10	7621.23
0+200.00	0.00	69.69	0.00	714.04	0.10	19792.83
0+200.09	0.00	69.56	0.00	5.96	0.10	19798.80
0+220.00	0.00	37.44	0.00	1065.39	0.10	20864.18
0+240.00	0.00	13.56	0.00	510.06	0.10	21374.24
0+260.00	0.00	3.39	0.00	169.49	0.10	21543.73
0+260.75	0.00	3.14	0.00	2.46	0.10	21546.19

$$V_{\text{corte}} = 21546,19 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{terraplén}} = 0,10 \text{ m}^3$$

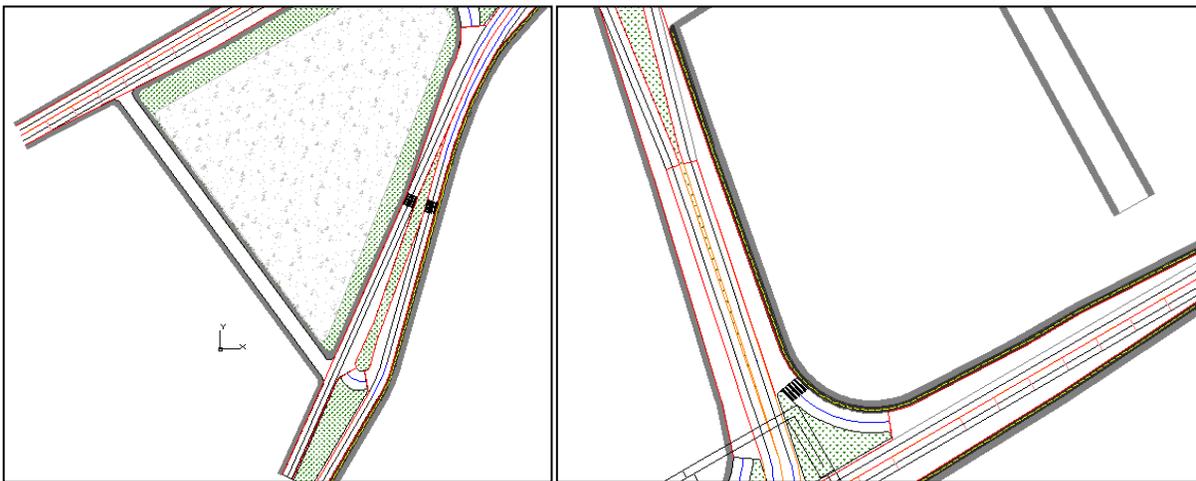
Las anteriores tablas permiten conocer los volúmenes resultantes para las conectantes, retornos y deprimido, en donde la mayor cantidad de remoción de tierra se da en el deprimido, como es de esperar, mientras que la generación de terraplenes en toda la intersección es baja, favoreciendo la parte económica, pues en este tipo de proyectos, es mucho más costoso realizar un relleno que una excavación.

Una parte esencial, sin dejarla de lado, es la movilidad accesible para peatones y usuarios de bicicletas. Para ello se emplearon cebras peatonales, un ciclo – puente y obviamente, andenes y ciclo rutas que admiten el libre desplazamiento de todas las personas.

Los andenes constan de una ancho de 1.50 metros, al igual que la cicloruta, que permiten que dos personas con movilidad reducida, en diferente sentido, o en bicicleta, no deban desviar su trayecto, ya que el espacio escogido para estos es

apropiado. Tanto los andenes como las ciclorutas se localizan hacia un lado de las vías que componen la intersección.

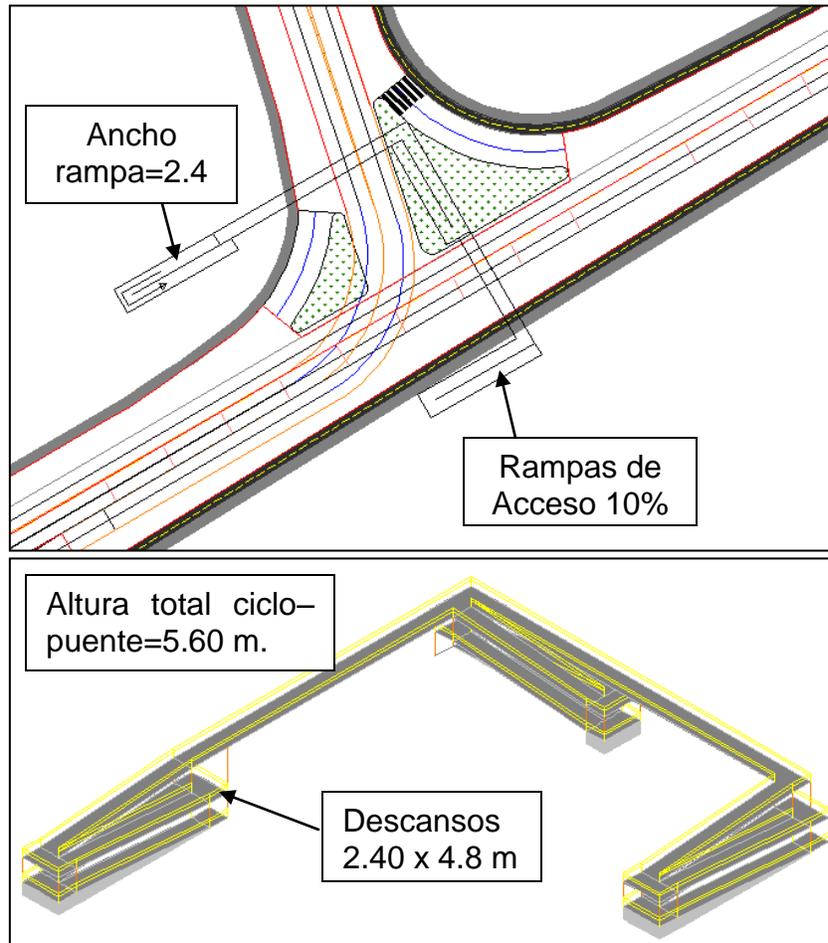
Con el fin de brindar continuidad al recorrido de las personas, las cebras peatonales juegan un papel importante y fueron situadas en los puntos más centrales y que logra la comunicación directa entre ambos sentidos de las vías por las que circulen. Estas cebras tienen dimensiones de 4.0 x 0.5 metros separadas cada 0.5 metros. Además de ello cada cebra irá acompañada de tachas reflectivas que provoquen que los vehículos disminuyan su velocidad y les cedan el paso sin dificultad.



**Figura 116:** localización cebras peatonales.- Alternativa 3.

Para el ciclo – puente se tuvieron en cuenta las recomendaciones del IDU, en la guía de movilidad peatonal. De esta manera se diseñó conservando pendientes máximas del 10% en las rampas, que facilite a las personas en sillas de ruedas el acceso al puente, además de proveer de pasamanos accesibles, pensando de igual forma en niños, por la presencia de colegios en la zona, y en general todas las personas que necesiten de este. Los pasamanos, entonces, tienen una altura sobre el piso de 0.60 metros y de 0.90 metros, acompañados de una baranda localizada a 1.0 metro del piso.

Las rampas tienen un ancho de 2.40 metros, permitiendo el recorrido en ambos sentidos, y descansos de 2.40 x 4.8 metros para que una persona con coche y una persona en silla de ruedas o en bicicleta puedan girar sin interrumpirse.



**Figura 117:** Detalles gráficos del ciclo-puente.- Alternativa 3.

Por último se tienen los captafaros de luz blanca que serán instalados en la línea central del deprimido cada 5 metros, y cada 10 metros sobre la línea externa de cada sentido de este. Esto proporcionara a los conductores de luminosidad dentro del deprimido, generando la sensación de seguridad.

Las señales verticales también jugaran un papel importante en el deprimido, pues en estas se informara de los requisitos de velocidad y altura de los vehículos, en el deprimido. Otra señal vertical usada en esta intersección, es la que advierte de la cercanía a zonas escolares, para mantener prevenidos a los conductores imprudentes.

Para visualizar y tener más detalles de esta alternativa, del diseño tanto en planta como en perfil, así como las dimensiones de los elementos que comprenden la intersección y el cálculo de los volúmenes para el movimiento de tierras, ver **Anexo 3**.

#### **4.7. ESTIMATIVO DE LOS COSTOS DEL PROYECTO**

Los análisis de costos de un proyecto son un factor fundamental para la evaluación de los mismos, ya que de su desarrollo es posible definir el monto de la inversión necesaria para la materialización de estos. Por tal motivo se decide desarrollar un estimativo de costos para cada una de las alternativas, con el propósito de generar un parámetro cuantitativo útil para comparar y analizar durante la selección de la mejor alternativa.

Es relevante mencionar que los estimativos que se presentan a continuación deben entenderse como una aproximación, debido a que el cálculo de estos se basa en información de precios estándar que se encontraron en bases de datos como el sistema de información de precios unitarios para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial y espacio público del IDU, y algunas tarifas en el municipio de Anapoima.

En el cálculo de los estimativos o presupuestos parciales, por así denominarlos, se tuvieron en cuenta entre 19 y 22 ítems de pago, los cuales contaron con su respectivo análisis de precios unitarios (APU), considerando dentro de los mismos el valor administrativo, de imprevistos y de utilidades. La obtención de estas cantidades estuvo presidida por la interpretación de los planos de cada una de las alternativas diseñadas y las vías con las que cuenta actualmente Anapoima, basándonos, de igual manera en el plano base obtenido por el IGAC.

Como información notable se debe mencionar que en el capítulo de explanaciones, se utilizaron, de forma directa, los acumulados de los volúmenes tanto de corte como de relleno en los tramos viales a intervenir, detallados en cada una de las alternativas; además las cantidades de este capítulo como tal, sirvieron como base para el cálculo de gran parte de las cantidades que se exponen en otros capítulos.

Por otra parte, las cantidades en el capítulo de señalización y seguridad, más que ser resultado del análisis sobre planos, se fundamenta en el criterio del diseñador, como por ejemplo en la selección de la ubicación y cantidades de tachas y captafaros a utilizar.

Por último, se debe aclarar que estas cantidades solo conciernen a las modificaciones geométricas realizadas, es decir, a los tramos de vía nuevos, las

implementaciones generadas, pues siempre se intento aprovechar lo que existe y que permitía que la intersección funcionara correctamente. Dentro de estos capítulos no se tendrán en cuenta cálculos estructurales, para la determinación de acero, ni la construcción de obras de arte y por ello se han considerado como estimativos de costos. También es importante resaltar que los puentes peatonales diseñados para cada una de las alternativas, tampoco formaran parte del presupuesto realizado. Esto se debe a que el objetivo del presente trabajo radica principalmente en el diseño geométrico, tener en cuenta las estructuras de pavimento y todo lo relacionado con la conformación de los nuevos tramos de vía, y no centrado en diseños hidráulicos ni estructurales.

#### 4.7.1. Presupuesto oficial alternativa 1

ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UN.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>I. EXPLANACIONES</b>					
1	LOCALIZACION ESTRUCTURAS	M2	58718,8	\$ 180,00	\$ 10.569.384,00
2	LOCALIZACION CARRETERAS	ML	2664,6	\$ 405,00	\$ 1.079.163,00
3	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS	M3	1685	\$ 93.380,00	\$ 157.345.300,00
4	DEMOLICION DE PAVIMENTOS	M2	165,446	\$ 10.028,00	\$ 1.659.092,49
5	DEMOLICION PISOS, ANDENES EN CONCRETO	M2	2383,478	\$ 4.893,00	\$ 11.662.357,85
6	DEMOLICION DE BORDILLOS DE CONCRETO	M2	72,862	\$ 28.388,00	\$ 2.068.406,46
7	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN DE LA EXPLANACION Y CANALES	M3	57471,9	\$ 4.672,00	\$ 268.508.716,80
8	TERRAPLENES	M3	25,35	\$ 7.559,00	\$ 191.620,65
<b>subtotal</b>					<b>\$ 453.084.041,25</b>
<b>II. BASES Y SUBBASES</b>					
9	SUBBASE GRANULAR	M3	2568,83	\$ 95.206,00	\$ 244.567.604,36
10	BASE GRANULAR	M3	2080,82	\$ 108.288,00	\$ 225.328.155,61
<b>subtotal</b>					<b>\$ 469.895.759,97</b>
<b>III. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS</b>					
11	RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	M2	8929,61	\$ 2.355,00	\$ 21.029.229,20
12	MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC-2	M3	1751,15	\$ 685.504,00	\$ 1.200.422.303,85
<b>subtotal</b>					<b>\$ 1.221.451.533,05</b>
<b>IV. SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD</b>					
13	LINEA DE DEMARCAACION CON PINTURA EN FRÍO	ML	3299,3	\$ 1.639,00	\$ 5.407.552,70

14	MARCA VIAL CON PINTURA EN FRIO	M2	34	\$ 15.581,00	\$ 529.754,00
15	TACHAS REFLECTIVAS	U	46	\$ 9.821,00	\$ 451.766,00
16	SEÑAL VERTICAL DE TRÁNSITO TIPO I	U	3	\$ 383.577,00	\$ 1.150.731,00
17	CAPTAFAROS	U	108	\$ 16.340,00	\$ 1.764.720,00
<b>subtotal</b>					<b>\$ 9.304.523,70</b>
<b>V. OBRAS VARIAS</b>					
18	BORDILLO DE CONCRETO	ML	1107,3	\$ 67.670,00	\$ 74.930.991,00
19	ANDEN EN CONCRETO DE 3000 P.S.I HECHO EN OBRA. e=0,10m (incluye mezcla, formateo, fundida y curado)	M2	7515,9	\$ 50.000,00	\$ 375.795.000,00
<b>subtotal</b>					<b>\$ 450.725.991,00</b>
<b>VI. TRANSPORTES</b>					
20	SOBREACARREO DE MATERIALES VARIOS (Base granular, sub-base granular, triturado, arena)	M3-KM	37197,19	\$ 1.560,00	\$ 58.027.613,16
21	SOBREACARREO DE MEZCLA ASFÁLTICA COMPACTA	M3-KM	113824,94	\$ 1.950,00	\$ 221.958.627,54
22	Transporte de materiales provenientes de la explanación, canal, presta mayor a 1000 m	M3-KM	114994,5	\$ 722,00	\$ 83.026.029,00
<b>subtotal</b>					<b>\$ 363.012.269,70</b>

SUBTOTAL VALOR DE LAS OBRAS		<b>\$ 2.967.474.119</b>
OBRAS COMPLEMENTARIAS Y ADICIONALES		\$ 445.121.118
<b>VALOR BASICO DEL CONTRATO INCLUYE OBRAS COMPLEMENTARIAS Y AJUSTES</b>		<b>\$ 3.412.595.236</b>
<b>ADMINISTRACION</b>	A= 20%	20%
<b>IMPREVISTOS</b>	I= 5%	5%
<b>UTILIDAD</b>	U= 5%	5%
<b>TOTAL A.I.U</b>		30%
IVA (16% DE LA UTILIDAD)		<b>\$ 21.000.586</b>
<b>VALOR TOTAL</b>		<b>\$ 3.433.595.822</b>

Para más detalles de la estimación de costos de esta alternativa, y su respectivo análisis de precios unitarios, ver **Anexo 4**.

#### 4.7.2. Presupuesto oficial alternativa 2

ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UN.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>I. EXPLANACIONES</b>					
1	LOCALIZACION ESTRUCTURAS	M2	61659,5	\$180,00	\$11.098.710,00
2	LOCALIZACION CARRETERAS	ML	1.924,00	\$405,00	\$779.220,00
3	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS	M3	2912,25	\$93.380,00	\$271.945.905,00
4	DEMOLICION DE PAVIMENTOS	M2	1281,15	\$10.028,00	\$12.847.372,20
5	DEMOLICION PISOS, ANDENES EN CONCRETO	M2	2118,3	\$4.893,00	\$10.364.841,90
6	DEMOLICION DE BORDILLOS DE CONCRETO	M2	73	\$28.388,00	\$2.072.324,00
7	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN DE LA EXPLANACION Y CANALES	M3	36317,23	\$4.672,00	\$169.674.098,56
8	TERRAPLENES	M3	0,18	\$7.559,00	\$1.360,62
<b>subtotal</b>					<b>\$478.783.832,28</b>
<b>II. BASES Y SUBBASES</b>					
9	SUBBASE GRANULAR	M3	1613,88	\$95.206,00	\$153.651.078,32
10	BASE GRANULAR	M3	1240,233	\$108.288,00	\$134.302.351,10
<b>subtotal</b>					<b>\$287.953.429,43</b>
<b>III. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS</b>					
11	RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	M2	5716,52	\$2.355,00	\$13.462.404,60
12	MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC-2	M3	1036,84	\$685.504,00	\$710.758.755,69
<b>subtotal</b>					<b>\$724.221.160,29</b>
<b>IV. SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD</b>					
13	LINEA DE DEMARCACION CON PINTURA EN FRÍO	ML	3195,33	\$1.639,00	\$5.237.145,87
14	MARCA VIAL CON PINTURA EN FRIO	M2	56	\$15.581,00	\$872.536,00
15	TACHAS REFLECTIVAS	U	36	\$9.821,00	\$353.556,00
16	SEÑAL VERTICAL DE TRÁNSITO TIPO I	U	8	\$383.577,00	\$3.068.616,00
17	CAPTAFAROS	ML	3195,33	\$1.639,00	\$5.237.145,87
<b>subtotal</b>					<b>\$9.531.853,87</b>
<b>V. OBRAS VARIAS</b>					
18	BORDILLO DE CONCRETO	ML	778,31	\$67.670,00	\$52.668.237,70

19	ANDEN EN CONCRETO DE 3000 P.S.I HECHO EN OBRA. e=0,10m (incluye mezcla, formateo, fundida y curado)	M2	8651,25	\$50.000,00	\$432.562.500,00
<b>subtotal</b>					<b>\$485.230.737,70</b>
<b>VI. TRANSPORTES</b>					
20	SOBREACARREO DE MATERIALES VARIOS (Base granular, sub-base granular, triturado, arena)	M3-KM	22832,91	\$1.560,00	\$35.619.332,74
21	SOBREACARREO DE MEZCLA ASFÁLTICA COMPACTA	M3-KM	3161,32	\$1.950,00	\$6.164.566,88
22	Transporte de materiales provenientes de la explanación, canal, presta mayor a 1000 m	M3-KM	72634,82	\$722,00	\$52.442.340,04
<b>subtotal</b>					<b>\$94.226.239,66</b>

SUBTOTAL VALOR DE LAS OBRAS	<b>\$ 2.079.947.253</b>
OBRAS COMPLEMENTARIAS Y ADICIONALES	\$ 311.992.088
<b>VALOR BASICO DEL CONTRATO INCLUYE OBRAS COMPLEMENTARIAS Y AJUSTES</b>	<b>\$ 2.391.939.341</b>
ADMINISTRACION	A= 20% 20%
IMPREVISTOS	I= 5% 5%
UTILIDAD	U= 5% 5%
<b>TOTAL A.I.U</b>	<b>30%</b>
IVA (16% DE LA UTILIDAD)	<b>\$ 14.719.627</b>
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>\$ 2.406.658.968</b>

Para más detalles de la estimación de costos de esta alternativa, y su respectivo análisis de precios unitarios, ver **Anexo 5**.

#### 4.7.3. Presupuesto oficial alternativa 3

ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UN.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>I. EXPLANACIONES</b>					
1	LOCALIZACION ESTRUCTURAS	M2	61659,5	\$ 180,00	\$ 11.098.710,00
2	LOCALIZACION CARRETERAS	ML	2251,6	\$ 405,00	\$ 911.898,00
3	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS	M3	2912,25	\$ 93.380,00	\$ 271.945.905,00
4	DEMOLICION DE PAVIMENTOS	M2	2041	\$ 10.028,00	\$ 20.467.148,00
5	DEMOLICION PISOS, ANDENES EN CONCRETO	M2	2383,478	\$ 4.893,00	\$ 11.662.357,85

6	DEMOLICION DE BORDILLOS DE CONCRETO	M2	72,86	\$ 28.388,00	\$ 2.068.349,68
7	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN DE LA EXPLANACION Y CANALES	M3	59381,68	\$ 4.672,00	\$ 277.431.208,96
8	TERRAPLENES	M3	38,34	\$ 7.559,00	\$ 289.812,06
<b>subtotal</b>					<b>\$ 595.875.389,55</b>
<b>II. BASES Y SUBBASES</b>					
9	SUBBASE GRANULAR	M3	2389,50	\$ 95.206,00	\$ 227.494.705,58
10	BASE GRANULAR	M3	1751,15	\$ 108.288,00	\$ 189.628.611,87
<b>subtotal</b>					<b>\$ 417.123.317,46</b>
<b>III. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS</b>					
11	RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	M2	8598,97	\$ 2.355,00	\$ 20.250.563,75
12	MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC-2	M3	1454,74	\$ 685.504,00	\$ 997.229.828,47
<b>subtotal</b>					<b>\$ 1.017.480.392,22</b>
<b>IV. SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD</b>					
13	LINEA DE DEMARCAACION CON PINTURA EN FRÍO	ML	4561,92	\$ 1.639,00	\$ 7.476.986,88
14	MARCA VIAL CON PINTURA EN FRIO	M2	26	\$ 15.581,00	\$ 405.106,00
15	TACHAS REFLECTIVAS	U	48	\$ 9.821,00	\$ 471.408,00
16	SEÑAL VERTICAL DE TRÁNSITO TIPO I	U	3	\$ 383.577,00	\$ 1.150.731,00
17	CAPTA FAROS	U	108	\$ 16.340,00	\$ 1.764.720,00
<b>subtotal</b>					<b>\$ 11.268.951,88</b>
<b>V. OBRAS VARIAS</b>					
18	BORDILLO DE CONCRETO	ML	1107,3	\$ 67.670,00	\$ 74.930.991,00
19	ANDENES	M2	8972,1	\$ 50.000,00	\$ 448.605.000,00
<b>subtotal</b>					<b>\$ 523.535.991,00</b>
<b>VI. TRANSPORTES</b>					
20	SOBREACARREO DE MATERIALES VARIOS (Base granular, sub-base granular, triturado, arena)	M3-KM	33125,20	\$ 1.560,00	\$ 51.675.317,18
21	SOBREACARREO DE MEZCLA ASFÁLTICA COMPACTA	M3-KM	126562,35	\$ 1.950,00	\$ 246.796.576,53
22	Transporte de materiales provenientes de la explanación, canal, presta mayor a 1000 m	M3-KM	124664,54	\$ 722,00	\$ 90.007.797,88
<b>subtotal</b>					<b>\$388.479.691,59</b>

SUBTOTAL VALOR DE LAS OBRAS		<b>\$ 2.953.763.734</b>
OBRAS COMPLEMENTARIAS Y ADICIONALES		\$ 443.064.560
<b>VALOR BASICO DEL CONTRATO INCLUYE OBRAS COMPLEMENTARIAS Y AJUSTES</b>		<b>\$ 3.396.828.294</b>
<b>ADMINISTRACION</b>	A= 20%	20%
<b>IMPREVISTOS</b>	I= 5%	5%
<b>UTILIDAD</b>	U= 5%	5%
<b>TOTAL A.I.U</b>		30%
IVA (16% DE LA UTILIDAD)		<b>\$ 20.903.559</b>
<b>VALOR TOTAL</b>		<b>\$ 3.417.731.853</b>

Para más detalles de la estimación de costos de esta alternativa, y su respectivo análisis de precios unitarios, ver **Anexo 6**.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

Con el fin de presentar unos análisis de forma ordenada, que permita tomar la decisión más apropiada, se realizará una matriz multi-criterio, en la cual se tendrán en cuenta 4 factores que serán decisivos a la hora de elegir la alternativa más viable. Estos factores son: impacto ambiental, impacto social, aspectos en cuanto al diseño geométrico y una parte relacionada a lo presupuestal.

En la parte de impacto ambiental, las remociones de tierra y zonas verdes afectadas en los diseños, serán la pauta para la descripción y evaluación de este ítem; En cuanto al impacto social, se analizarán las demoliciones de viviendas, la satisfacción en los recorridos, es decir, que la alternativa presente la posibilidad de realizar todos los giros posibles dentro de la intersección, y contemplar la eficiencia con la que se realizaran dichos movimientos. Además se describirá la actuación de cada diseño en la parte peatonal y ciclística, verificando que la parte vehicular no afecte la movilidad de todas las personas.

En lo que respecta al diseño geométrico, se analizaran las falencias que presente cada alternativa, en cuanto a radios, pendientes, entretangencias, entre otros, siendo un factor indispensable, pues de esa manera se determinará si el diseño es apto y funcional. Y por último, se evaluará la estimación de costos y las diferencias que surjan entre cada diseño.

Con esta matriz se está realizando el análisis de los datos obtenidos, contando con los criterios necesarios para decidir la opción más viable.

### 5.1. MATRIZ MULTI – CRITERIO

	<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>ALTERNATIVA 3</b>
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<p>En esta alternativa, el mayor impacto a nivel ambiental se debe a la gran cantidad de remoción de tierra, pues comparada con las otras dos alternativas, la generación de los dos retornos en deprimido requieren un mayor movimiento de material, pues cuentan con gran longitud y ancho de carril amplio en una sola dirección.</p> <p>En cuanto a las zonas verdes afectadas, se vieron recompensadas, pues gracias a la implementación de los retornos en U, se generaron grandes separadores con los que no se cuentan actualmente, además que el trazado de los retornos principales en deprimido y de las conectantes no provoco talas de arboles.</p>	<p>El trazado de la vía involucra zonas con presencia de árboles, por lo tanto se hace necesario la tala de estos.</p>	<p>Para esta alternativa, el mayor impacto ambiental generado se da, como en el caso del diseño numero 1, por la remoción de material para el trazado del deprimido, pero presentan la ventaja de que visualmente, los deprimidos no obstruyen el paisaje y permiten generar más zona verde en la superficie.</p> <p>Además, en las tres alternativas se ve el incremento de los separadores, comparados con los existentes, generando la sensación de amplitud y confort.</p>
<b>IMPACTO SOCIAL</b>	<p>En primera medida, en esta alternativa se evito al máximo la demolición de estructuras, lo cual se ve reflejado en la estimación de presupuestos, ya que el hecho de que los retornos en U sobre la calle 12 estén más cercanos a la carrera 5ª, no afectó como las otras dos alternativas las viviendas ubicadas</p>	<p>La implementación de este diseño permitiría que la población no tenga limitación en el desarrollo de su cotidianidad dentro de la zona de interés.</p> <p>Las medidas tomadas para el desplazamiento de peatones</p>	<p>El diseño de esta alternativa cuenta con elementos muy funcionales que permiten desarrollar todos los movimientos dentro de la intersección generando una plena comunicación, sin importar que sobre la carrera 5ª se implemente el plan</p>

	<p>en esa zona. Esta alternativa requirió, sin embargo, de una pequeña parte de una hacienda para el trazado del retorno 1, pero casualmente en esa zona no existen construcciones, por lo no se causa gran impacto social.</p> <p>En segunda medida, causando un impacto social positivo, se tiene la eficiencia en los giros dentro de la intersección, pues a pesar de que en todas las alternativas se puedan realizar todos los movimientos posibles, este diseño es el que más cercanía ofrece a los conductores, es decir, los tiempos de viaje se reducen en comparación a las otras, siendo más eficiente y económica para los usuarios.</p> <p>De igual forma, para los peatones y ciclistas se tiene una entera comunicación, brindando andenes, ciclorutas y un ciclo-puente accesible en todo sentido.</p>	<p>representan aumento en la seguridad de los mismos.</p> <p>Las intervenciones planteadas involucran modificación en áreas donde se ubican viviendas y planteles educativos como lo es el caso del trazado de la conectante IV.</p>	<p>retorno, pues en ningún momento se obstruirá la unión entre las vías secundarias.</p> <p>En cuanto a la parte peatonal y ciclística, se ofrece un amplio trayecto, tanto en andenes como en ciclorutas, que favorecen la movilidad de todas las personas, sin verse afectadas por las modificaciones en las vías. Además, las isletas generadas por el diseño servirán como zonas para acceder al ciclo-puente o como paraderos de buses, sin interrumpir a nadie y contando con mayor seguridad.</p> <p>Las intervenciones sobre las viviendas es mínima, por tanto esta alternativa muestra un buen comportamiento a nivel social.</p>
<p><b>DISEÑO GEOMETRICO</b></p>	<p>El diseño de los retornos ubicados en la carrera 5ª no es de común uso, por lo tanto estos se pueden considerar como innovación.</p> <p>Como único aspecto negativo que se encontró dentro del diseño de esta alternativa, está relacionado con las pendientes de entrada y</p>	<p>El diseño en perfil del puente vehicular no es óptimo, pues el valor de las pendientes excede el límite máximo según las condiciones, casi duplicando dicho valor.</p> <p>El diseño geométrico de la vía planteado no presenta</p>	<p>En el diseño geométrico se encontraron falencias en el perfil del deprimido, pues al entrar o salir de la calle 12, existe una pendiente del 8.7% siendo mayor en casi un 1% comparada con el retorno 1 de la alternativa 1.</p>

	<p>salida al retorno 1, pues se alcanzan valores de 8% y 7.5%, respectivamente. Los demás aspectos geométricos se adaptan correctamente a las recomendaciones realizadas por el INVIAS.</p>	<p>aspectos innovadores como tal.</p> <p>Ciertos valores del diseño cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la normativa, pero no presentan un margen amplio con respecto a estos.</p>	<p>La modificación de esta pendiente, para obtener un valor más apropiado, traía consigo un problema de movilidad en uno de los barrios en la zona de estudio, además de alargar los tiempos de viaje, bajando el rendimiento de la intersección.</p>
<p><b>ESTIMACIÓN DE COSTOS</b></p>	<p>Esta alternativa presenta los costos más elevados, superando a la alternativa 2 y 3 en mil millones de pesos aproximadamente y 15 millones ochocientos mil pesos, respectivamente.</p> <p>Esto se debió a los altos volúmenes de corte para los deprimidos, y los anchos de carril usados en cada uno de estos retornos, lo que requería más material para conformar la estructura de pavimento.</p>	<p>De acuerdo a la estimación de costos o valor aproximado calculado, la implementación de esta alternativa sería la más económica; pero es relevante mencionar que dentro de este cálculo no se involucra el costo que implicaría la construcción del puente vehicular, lo cual variaría en un amplio margen este resultado.</p>	<p>El estimativo de los costos para esta alternativa fue relativamente similar a la alternativa 1, dada en gran medida por los volúmenes de material a remover para la creación del deprimido que une las vías secundarias.</p>

## CONCLUSIONES

1. Después de haber analizado y evaluado los cuatro criterios en cada una de las alternativas, mediante la matriz multi – criterio, se puede concluir que la alternativa más viable, es la alternativa número 1, siendo la más confiable y eficiente, tanto para la movilidad vehicular, como para la peatonal y ciclística.
2. La decisión de elegir la alternativa 1, se debió en gran medida, por ser la que menos aspectos negativos dentro del diseño geométrico presenta, pues sólo contaba con una pendiente máxima, dentro del diseño en perfil, del 8%, siendo más baja que las pendientes máximas alcanzadas por las otras alternativas. Además, para una velocidad de 30 km/h, una pendiente entre el 7% y el 8%, son aceptadas para demandar un buen comportamiento, resaltando también el hecho de que ésta pendiente se encuentra en el acceso al retorno principal, permitiendo que los gases emitidos por los vehículos no se queden en el interior del deprimido, diferente a si dicha pendiente se hubiese generado en la salida del mismo, exigiendo mayor potencia al automotor y provocando una mayor concentración de estas emisiones contaminantes en el retorno.
3. Otro criterio a favor para la elección del primer diseño, fue el impacto social, porque, como se describió en el análisis de resultados, genera eficiencia en los movimientos dentro de la intersección, comparada con las demás alternativas, reduciendo tiempos de viaje, y por ende brindando economía, dos factores vitales dentro de la vida de cualquier ciudadano, pues una solución que promueva el ahorro en tiempo y combustible, es llamativo para los usuarios. Sin olvidar los peatones y ciclistas, el empleo de un ciclo-puente con tres ramales de entrada y salida, ubicado estratégicamente, evitando el uso de más puentes peatonales, y sobre todo garantizando su accesibilidad, es lógicamente más atractivo para todos.
4. La utilización de andenes y ciclorutas, además del nuevo diseño de la intersección, generará un mayor desarrollo al municipio de Anapoima, pues mejorará la calidad de vida de sus habitantes y una mejor opinión de quienes lo visitan, ya que las vías también necesitan una evolución y más cuando se están promoviendo varias construcciones de viviendas, hoteles y condominios, extendiendo la zona urbana del municipio.
5. En general, con esta propuesta de diseño se logrará mejorar los niveles de seguridad, en especial para peatones y ciclistas, además de exhibir un municipio con mayor desarrollo, ya que está diseñada para satisfacer los volúmenes de transito actuales, garantizando una completa movilidad y funcionalidad.

6. Las condiciones geométricas existentes de la carrera 5ª no serán modificadas, excepto por la adición de los carriles de aceleración y desaceleración, que permitirán un mejor servicio a esta vía concesionada. De igual forma, para el diseño de las alternativas, una de las ideas principales, fue mantener los alineamientos sobre los existentes, evitando rompimientos o afectaciones en zonas aledañas, siempre y cuando se cumplieran con las exigencias y recomendaciones establecidas en la norma y así ofrecer un diseño seguro y confiable.
7. En contraste con el numeral anterior, la calle 12 presenta condiciones actuales ineficientes e inapropiadas, según los criterios expuestos por el manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS, siendo específicamente en los retornos ubicados en la misma, cuyo radio interior es de 1.50 metros aproximadamente, razón por la cual, fue una de las vías que más modificaciones geométricas presentó, y así optimizar la serviciabilidad y seguridad de la intersección.
8. Más que las condiciones propias del terreno, la mayor limitante en lo que respecta al cumplimiento de los criterios establecidos por la normativa al momento de desarrollar un diseño geométrico de vías, son las restricciones de espacio debidas a las zonas urbanas, las cuales requieren mayor atención para evitar al máximo afectaciones en estructuras existentes.
9. Del análisis de las condiciones de la zona de estudio, se puede concluir que actualmente, no se aplican los criterios en lo que concierne a la accesibilidad, pues no hay continuidad en los andenes o simplemente no existen en ciertos sectores, además de que no hay elementos que garanticen en cierto grado, la seguridad de peatones y ciclistas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar un ajuste al estimativo de los presupuestos, pues en este no se incluyeron varios ítems, correspondientes a diseño hidráulicos y cálculos estructurales.
2. Conservar los tramos de vía existente y modificar solo aquellos que fueron señalados dentro de la descripción de la alternativa seleccionada, de manera que no se alteren los valores contemplados para el diseño, tanto en planta como en perfil, pues todos están sujetos a la norma del INVIAS.

3. Compensar las zonas en donde se implementaron los nuevos elementos de la intersección causando impacto en el medio ambiente, desarrollando un plan de reforestación generando zonas verdes, aprovechando la amplitud de los separadores y las isletas y demás lugares que no interfieran en el óptimo funcionamiento de la intersección.
4. Utilizar los espesores señalados en la sección transversal típica, tanto de la vía primaria como de las vías secundaria, para la estructura de pavimento e implementarlos en los elementos correspondientes, que fueron descritos en la alternativa 1, ya que estos espesores fueron obtenidos directamente de documentos en los cuales se detallan las condiciones de las vías actuales, proporcionados por la oficina de planeación del municipio de Anapoima, las cuales han garantizado el soporte de las cargas para las cuales fueron diseñadas.
5. Cuando es posible contar con herramientas que permiten agilizar los procesos de diseño como lo es el AutoCad civil 3D, es relevante tener presente que el diseñador debe entender todo acerca de la información que se suministra al programa para que tenga la capacidad de analizar y comprender los resultados que el mismo arrojará.
6. El conocimiento e interpretación de la normativa, son aspectos relevantes para poder diseñar con la certeza de que el producto que se está generando es óptimo, por ende siempre que exista este apoyo debe dársele la importancia que se merece.
7. Debido a que la accesibilidad es un tema de interés general, muy importante para el desarrollo de la comunidad, y que hoy es factible contar con guías o manuales relacionados con esta temática, es recomendable, que para todo diseño, como en este caso, se trabajen tanto los manuales específico de diseño como dichos manuales para la accesibilidad, de forma que los diseños elaborados garanticen una mejor calidad de vida para todas las personas.
8. Relacionado a la recomendación anterior, a pesar de que todas las alternativas diseñadas cuenten con parámetros que favorezcan la movilidad accesible, se recomienda tener muy presente el manual de *Accesibilidad al medio físico y al transporte*, de manera que los criterios accesibles establecidos en estos diseños no sean ignorados. Además de que este manual proveerá las herramientas al detalle para la mejor organización del mobiliario urbano, facilitando el movimiento de todas las personas, no solo en zona de estudio sino en todo el casco urbano del municipio de Anapoima, como índice de desarrollo y calidad de vida.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abrahantes, M. R. *Consideraciones para el diseño de intersecciones a nivel.* (s.f).
- Bretón, P. L. *Guía práctica de la movilidad peatonal.* España. Edición Latinoamericana. (2004).
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. *Documento Conpes 3718: Política Nacional de Espacio Público.* Bogotá D.C. (2012).
- Corea, L. Z., Rivera, M. Z., & Flores, A. J. *Manual para la Revisión de Estudios de Tránsito.* (2008).
- Dirección De Planeación, Municipio De Anapoima. *Acuerdo No. 040 de 2000.* Anapoima. (2000).
- Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP). *Implantación de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible.* España. (2005).
- Grijalvo, J. M. *El transporte y la utopía.* (2000).
- Instituto De Desarrollo Urbano (IDU). *Guía practica de la movilidad peatonal urbana .* Bogota, D.C. (2004).
- Instituto Nacional de Vías - INVIAS. *Manual de Diseño Geométrico de carreteras.* (2008).
- Ministerio de Transporte. *Manual de señalizacion vial.* (2004).
- Molinero Molinero, Á. R., & Sánchez Arellano, L. I. *Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración.* universidad Autonoma del Estado de Mexico. (1997).
- Riveros, H. A. *PLAN DE DESARROLLO DEL MUNICIPIO DE ANAPOIMA “ANAPOIMA COMPROMISO DE TODOS 2012-2015”.* Anapoima. (2012).
- Secretaria de movilidad. *Formulación Del Plan Maestro De Movilidad Para Bogotá D.C.* Bogotá. D.C. (2006).

- Suárez joya, H. N., & Pantoja Santander, C. A. *Prediseño geométrico a nivel y a desnivel de la intersección el jazmín*. Universidad Nacional De Colombia. (2005).
- Fondo de prevención vial y Ministerio de transporte. *Accesibilidad al medio físico y al transporte*. Bogotá D.C. (2000).