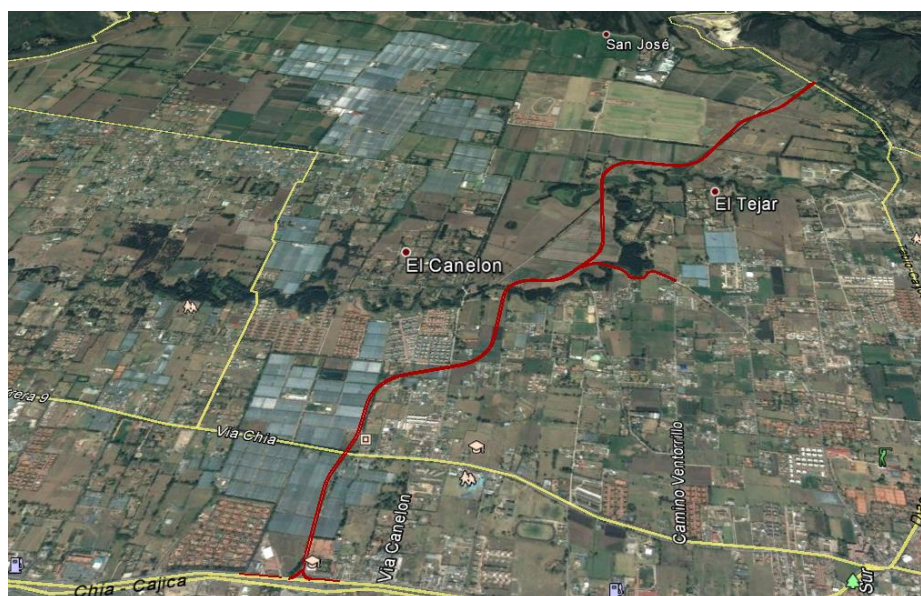


REPÚBLICA DE COLOMBIA

**VOLUMEN DE
TOPOGRAFIA Y GEOMETRIA**

Anillo Vial de Cajicá (El Molino-Canelón)



***"APP IP ACCESOS NORTE DE BOGOTÁ FASE II
- ACCENORTE FASE II"***

PROPONENTE
PROMESA DE SOCIEDAD FUTURA
ACCESOS NORTE DE BOGOTÁ FASE II S.A.S.

AGOSTO DE 2017



Vicepresidencia



"APP ACCESOS NORTE DE BOGOTÁ"
ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA Y GEOMETRÍA

PROMESA DE SOCIEDAD FUTURA ACCESOS NORTE DE
BOGOTÁ FASE II S.A.S. – ACCENORTE FASE II

VOLUMEN DE ESTUDIO TOPOGRAFÍA Y GEOMETRÍA

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

Dependencia	Original	Copia
	X	

	CONSULTORÍA	INTERVENTORÍA
Contratista	PROMESA DE SOCIEDAD FUTURA ACCESOS NORTE DE BOGOTÁ FASE II S.A.S.	
Firma		
Fecha		

CONTROL DE REVISIONES Y MODIFICACIONES

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN	NOMBRE	FECHA	FIRMA
ELABORÓ	ING. ADRIANA MONTAÑEZ S	Agosto/2017	
REVISÓ	ING. JHON ALEXANDER BAUTISTA.	Agosto/2017	
APROBÓ	ING. YAMIL MERCADO QUIROZ	Agosto/2017	

MODIFICACIONES

Versión	Descripción de la Modificación	Fecha
1	Creación de Documento.	Agosto de 2017

CONTENIDO

1. OBJETIVOS, ALCANCE Y LOCALIZACIÓN	5
1.1 OBJETIVO	5
1.2 ALCANCES	5
1.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	5
2. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA REFERENCIADA	6
3. CRITERIOS DE DISEÑO.....	8
3.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN	8
3.2 LIMITACIONES ENCONTRADAS DURANTE LA ETAPA DE DISEÑO	8
3.3 CATEGORÍA DE LA VÍA	9
3.4 SEGÚN SU FUNCIONALIDAD	9
3.5 SEGÚN EL TIPO DE TERRENO	9
3.6 DETERMINACIÓN PARÁMETROS DE DISEÑO HORIZONTAL.....	10
3.6.1 Velocidad de diseño	10
3.6.2 Vehículo de diseño Corredor Principal	10
3.6.3 Radio de curvatura mínimo ($R_{\min}$)	12
3.6.4 Longitud mínima de la curva circular	14
3.6.5 Empalmes Espiral-Espiral.....	14
3.6.6 Entretangencias.....	14
3.6.7 Longitud de curvas de transición	14
3.6.8 RELACION DE RADIOS Y VELOCIDAD ESPECÍFICA	16
3.7 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA	19
3.7.1 Ancho de calzada	19
3.7.2 Ancho de berma.....	19
3.7.3 Bombeo.....	19
3.7.4 Peralte máximo ($e_{\max}$)	20
3.8 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO VERTICAL.....	20
3.8.1 Pendiente mínima.....	20
3.8.2 Parámetros de curvas verticales.....	20
3.8.3 Puntos de quiebre verticales.....	21
3.8.4 Longitud Mínima de la Tangente Vertical	21
3.9 RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO	22
3.10 INFRAESTRUCTURA ASOCIADA A LA VÍA	23
3.10.1 Ramales de enlace Variante Cajicá - Vía Chía Cajicá.....	24
3.10.2 Glorieta Sexta novena	26
3.10.3 Intersección carrera 15.....	29
3.10.4 Glorieta Cajicá –Tabio	30
4. CONCLUSIONES	31

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización proyecto "Anillo Vial Cajicá".	6
Ilustración 2. Dimensiones y trayectoria de giro para Camión Categoría 3S2	12
Ilustración 3. Sección Transversal Típica.	19
Ilustración 4. Intersecciones Anillo vial Cajicá.	24
Ilustración 5. Ramales de Ingreso y Salida VC-Vía Chía - Cajicá.	25
Ilustración 6. Glorieta Sexta Novena	27
Ilustración 7. Intersección Carrera 15	29
Ilustración 8. Glorieta Tabio - Cajicá	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura empleada para la descripción de los vehículos de diseño.	11
Tabla 2. Dimensiones principales de los vehículos de diseño.	11
Tabla 3. Radios mínimos para peralte máximo 8% y fricción lateral máxima	13
Tabla 4. Coeficiente de fricción transversal máxima	13
Tabla 5. Coeficiente de fricción transversal máxima	14
Tabla 6. Longitud mínima de la espiral	16
Tabla 7. Relación de Radios Calzada Sur	17
Tabla 8. Relación de Radios Calzada Norte.	17
Tabla 9. Velocidades Específicas VC	18
Tabla 10. Bombeo de la calzada	20
Tabla 11. Parámetros curvas verticales	21
Tabla 12. Valores de Kmin para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales.	21
Tabla 13. Longitud mínima de la tangente vertical	22
Tabla 14. Resumen parámetros de diseño	22
Tabla 15. Resumen parámetros de diseño Ramal de entrada	25
Tabla 16. Resumen parámetros de diseño Ramal de salida	25
Tabla 17. Parámetros de diseño para retornos.	26
Tabla 18. Resumen parámetros de diseño Ramal de entrada	27
Tabla 19. Anchos de calzada en ramales de salida o entrada en función del radio interior	28
Tabla 20. Anchos de calzada en ramales de salida o entrada en función del radio interior	29

1. OBJETIVOS, ALCANCE Y LOCALIZACIÓN

1.1 OBJETIVO

- Diseñar una vía en calzada sencilla bidireccional que permita la conexión de la vía Cajicá-Chía y la vía Cajicá -Tabio, contemplando la franja para la proyección de la segunda calzada y los cruces sobre el río frío.

1.2 ALCANCES

- Realizar las actividades de topografía, siguiendo las especificaciones y lineamientos dados en cada una de sus etapas.
- Definir y optimizar un diseño geométrico acorde con las normas y criterios establecidos en parte en El Manual de Diseño Geométrico del INVIAS vigente a la fecha de elaboración de los Estudios y Diseños para etapa de factibilidad.

1.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto denominado "Anillo vial Cajicá Canelón-Molino" se encuentra ubicado en el Municipio de Cajicá en el Departamento de Cundinamarca, el proyecto inicia en la vía Nacional Cajicá-Chía-Bogotá (vereda Canelón-sector canelón) y finaliza en el vía que conduce a Tabio sobre la vereda Canelón sector la Palma, teniendo como propósito mejorar los accesos de los municipios de Tenjo, Tabio y Cajicá en la zona sur occidental hacia Bogotá. La Variante Cajicá, se encuentra enmarcado dentro del proyecto Accenorte II (Unidad funcional 14), la factibilidad variante Cajicá contempla el diseño de una calzada bidireccional con urbanismo, dejando proyectada la franja para la segunda calzada, el corredor tiene una longitud aproximada de 5.3 Km, dando inicios en la vía Cajicá - Chía a alturas de la Universidad Manuela Beltrán dando fin en la vía Cajicá - Tabio a alturas del Polo club.

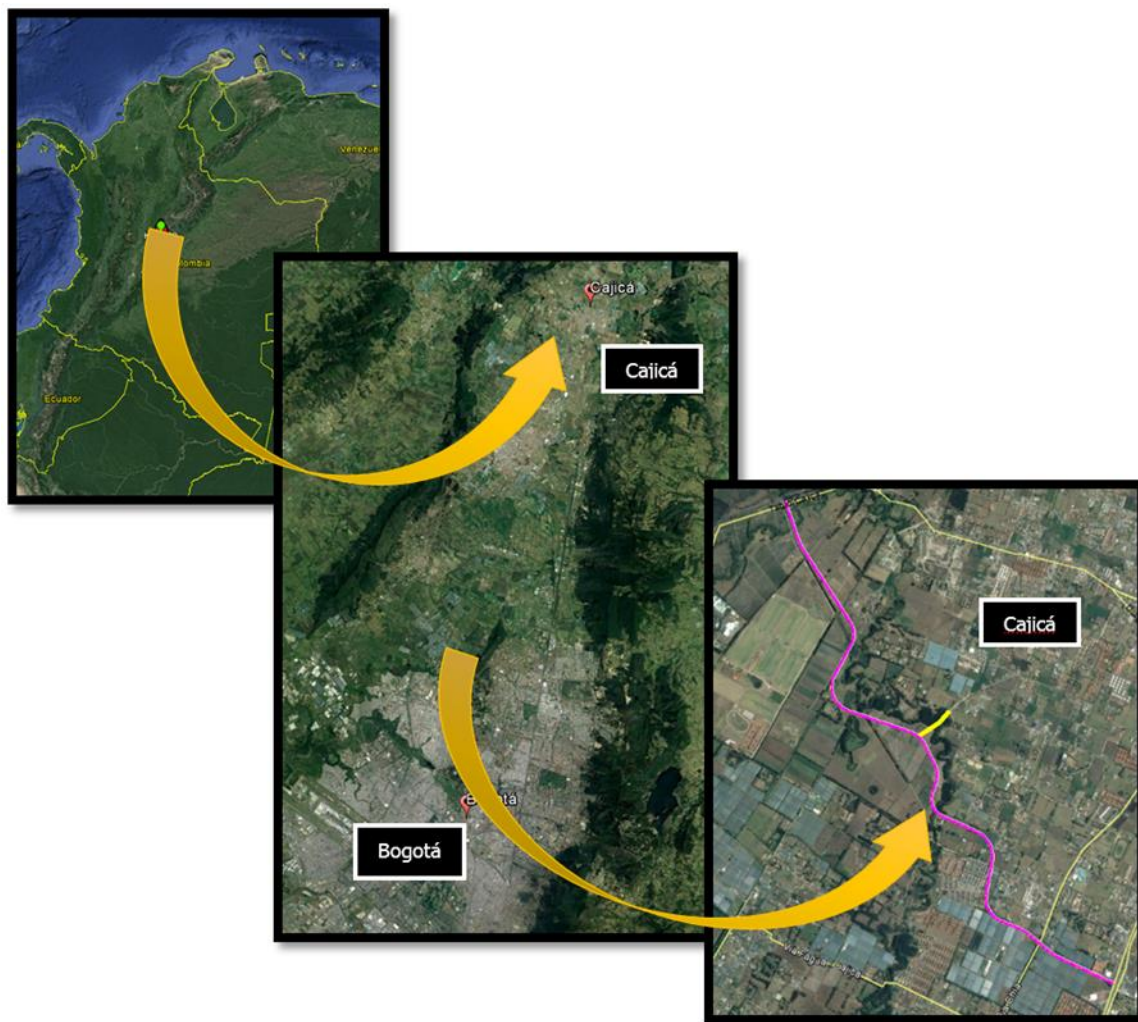


Ilustración 1. Localización proyecto "Anillo Vial Cajicá".
Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth

2. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA REFERENCIADA

El desarrollo de este capítulo se presenta como informe anexo, el cual contienen la información georreferenciada de los levantamientos topográficos planimétricos y altimétricos para la realización del proyecto *APP ACCESOS NORTE DE BOGOTÁ* con el alcance que se relaciona a continuación:

El alcance de los trabajos abarcó desde la recopilación de información básica, densificación de los controles topográficos, registros tridimensionales en el corredor preestablecido, hasta la conformación del modelo digital de terreno. Se tomó una franja de 100 metros del eje inicial del corredor.

Preparación del proyecto topográfico:

- Recopilación de información Geodésica y cartográfica.
- Investigación de los vértices de primer orden de IGAC distribuidos en la zona de interés.
- Planeación para ubicación de sitios estratégicos para el establecimiento y materialización de vértices topográficos
- Definición de la metodología y alistamiento del recurso humano y tecnológico, Post proceso de la información 3D.

Toma de registros topográficos utilizando equipos de Posicionamiento Satelital (Red de densificación) y estaciones totales:

- Actividades de campo para la densificación geodésica de puntos de control vertical y horizontal, mediante geo-receptores satelitales doble frecuencia (GPS-D).
- Elaboración de circuitos de nivelación geométrica mediante nivel electrónico de precisión.
- Establecimiento de controles topográficos mediante elaboración de poligonales utilizando equipos electrónicos de precisión (estaciones totales) y detalle tridimensional de la superficie en el corredor solicitado.

Procesamiento de la información:

- Actividades de compilación, control cuantitativo y cualitativo de los datos registrados.
- procesamiento y análisis de la información recolectada para la generación del modelo topográfico (DTM).

3. CRITERIOS DE DISEÑO

Para lograr el diseño geométrico de una carretera se deben tener en cuenta múltiples factores los cuales deben estar relacionados entre sí, con el fin de lograr un trazado con operación segura, velocidad de operación continua y acorde a las condiciones generales de la vía proyectada.

Siguiendo con la metodología del Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 se presenta a continuación las especificaciones de diseño

3.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

El trazado de la vía corresponde a los estudios adelantados por la alcaldía de Cajicá, según la necesidad de la misma, por lo cual se presenta una única alternativa. El trazado de la Variante Cajicá contempla una franja de 40 metros para dos calzadas de dos carriles de 3.65 metros por cada una, urbanismo por el costado norte de 7 metros y separador central de 4 metros. Inicialmente se proyecta la primera calzada, respetando el espacio para la futura ampliación de la segunda calzada. Con el trazado propuesto se generan tres puentes vehiculares para salvar los pasos sobre el río frío.

3.2 LIMITACIONES ENCONTRADAS DURANTE LA ETAPA DE DISEÑO

Para establecer el trazado de la Variante Cajicá se encuentran limitaciones de tipo predial y de tipo ambiental:

- Predial: Los primeros 2 kilómetros de trazado transcurren por zonas urbanizadas y cultivos de flores principalmente, por lo el trazado debe transcurrir evitando la menor afectación predial.
- Ambiental: El trazado de la vía se desarrolla paralelo a la ronda del río frío por lo que se deben respetar los 50 metros de protección, los cuales se establecen en el POT del municipio de Cajicá y la resolución N° 2358 del 16 de octubre de 2014 de la Corporación Autónoma Regional (CAR). Sumado a lo anterior en las coordenada E: 1002789.00 y N: 1034794.00 el proyecto cruza un reservorio de importancia

ecológica la cual cuenta con conexión al y desde el Río Frío para usos de riego y regulación de flujo superficial y es usado para almacenamiento de agua para riego, actualmente se ha formado un ecosistema que cumple funciones ecológicas con vegetación propicia para el refugio de fauna, especialmente de aves, dicho sistema lenticó cuenta con una protección de 30 metros.

3.3 CATEGORÍA DE LA VÍA

Determinada según la necesidad operacional de la carretera, la variante Cajicá se encuentra catalogada como vía primaria. Esta se encuentra en terreno predominantemente plano, en general se plantean pendientes longitudinales mínimas hasta del 0.3%. A continuación se relacionan las definiciones bajo las cuales se determinaron las categorías de los trazados:

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008, las características mencionadas anteriormente se enmarcan dentro de los siguientes conceptos según su funcionalidad y el tipo de terreno así:

3.4 Según su funcionalidad

Primarias

Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto. Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas. La variante Cajicá, se encuentra enmarcada como vía primaria.

3.5 Según el tipo de terreno

Determinada por la topografía predominante del tramo en estudio, la Variante Cajicá está en su mayor parte como terreno plano.

Terreno plano

Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores de cinco grados (5°). Exige el mínimo movimiento de tierras durante la construcción por lo que no presenta dificultad ni en su trazado ni en su explanación. Sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento (3%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.

3.6 DETERMINACIÓN PARÁMETROS DE DISEÑO HORIZONTAL

A continuación se describen los parámetros de diseño utilizados para el diseño en planta y en perfil.

3.6.1 Velocidad de diseño

La Velocidad de diseño de un tramo homogéneo (V_{TR}) está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. No obstante lo anterior, teniendo en cuenta que la vía atraviesa zonas urbanizadas y que en el POT del Municipio se prevé la urbanización de los terrenos adyacentes a la vía, se establece una velocidad de diseño de 60Km/h.

3.6.2 Vehículo de diseño Corredor Principal

Se denomina Vehículo de diseño al vehículo representativo de todos los vehículos que puedan circular por una vía.

Para efectos del diseño geométrico se adopta la siguiente clasificación, en concordancia con lo estipulado por el Ministerio de Transporte en la Resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004.

1. Vehículos livianos con menos de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad tales como automóviles, camionetas y camperos.
2. Vehículos pesados con más de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad como buses y vehículos de transporte de carga.

Particularmente los vehículos livianos inciden en las velocidades máximas, en las distancias de visibilidad de parada y distancias de visibilidad de adelantamiento, mientras que los vehículos pesados (buses y vehículos de carga) lo hacen en la pendiente longitudinal y en la longitud crítica de pendiente.

En la Tabla 2.4 del Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 se presenta el vehículo de diseño adoptado.

Tabla 1. Nomenclatura empleada para la descripción de los vehículos de diseño.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Vehículo liviano	-
Bus mediano	-
Bus grande	-
2	Camión de dos (2) ejes - Camión sencillo
3	Camión de tres (3) ejes - Dobletroque
3S2	Tractocamión de tres (3) ejes con Semirremolque de dos (2) ejes

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS 2008, Tabla 2.4.

A continuación se presentan las dimensiones principales del vehículo de diseño:

Tabla 2. Dimensiones principales de los vehículos de diseño.

CATEGORÍA	LONGITUD TOTAL (m)	ANCHO (m)	LONGITUD TRACTOCAMIÓN (m)	LONGITUD SEMIRREMOLQUE (m)	FIGURA No.
Vehículo liviano	5.00	1.80	-	-	2.2.
Bus mediano	10.91	2.44	-	-	2.3.
Bus grande	13.00	2.60	-	-	2.4.
2	11.00	2.50	-	-	2.5.
3	11.40	2.50	-	-	2.6.
3S2	20.89	2.59	4.57	14.63	2.7.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS 2008, Tabla 2.5.

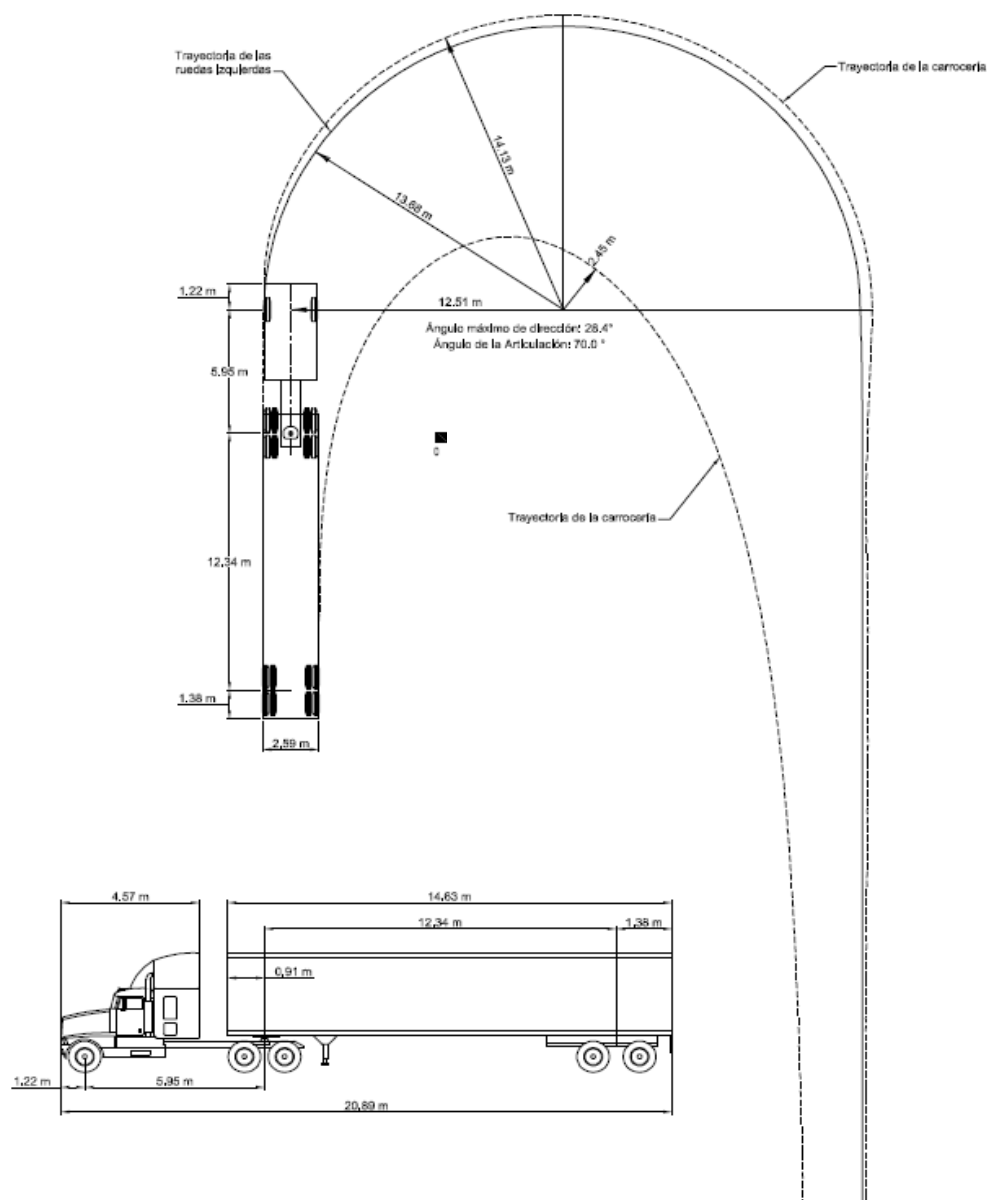


Ilustración 2. Dimensiones y trayectoria de giro para Camión Categoría 3S2
Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS 2008, Figura 2.7.

3.6.3 Radio de curvatura mínimo ($R_{\text{mín}}$)

"El radio mínimo es el valor límite de curvatura para una velocidad específica de acuerdo con el peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal" (Instituto

Nacional de Vías - INVIAS, 2008). El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

$$R_{c \min} = \frac{V_{CH}^2}{127 \times (e_{\max} + f_{t \max})}$$

Donde:

- R_{cmin}: Radio de curvatura mínimo
- V_{CH}: Velocidad específica
- e_{max}: Peralte máximo asociado a V_{CH}
- f_{tmax}: Coeficiente de fricción lateral máximo, asociado a V_{CH}

En las siguientes tablas se presentan los valores mínimos de radio de curvatura recomendados por el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 y el coeficiente de fricción lateral máximo.

Tabla 3. Radios mínimos para peralte máximo 8% y fricción lateral máxima

Velocidad Específica (km/h)	Peralte Máximo (%)	Coeficiente de Fricción Transversal	Total	Radio Mínimo (m)	
				Calculado	Redondeado
40	8	0.23	0.31	40.6	41
50	8	0.19	0.27	72.9	73
60	8	0.17	0.25	113.4	113
70	8	0.15	0.23	167.8	168
80	8	0.14	0.22	229.1	229
90	8	0.13	0.21	303.7	304
100	8	0.12	0.2	393.7	394
110	8	0.11	0.19	501.5	501
120	8	0.09	0.17	667	667
130	8	0.08	0.16	931.7	832

Fuente: Manual de diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS 2008

De acuerdo a la velocidad de diseño de **60Km/h** del proyecto, el radio mínimo adoptado es de 113 m.

Tabla 4. Coeficiente de fricción transversal máxima

Velocidad Específica (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Coeficiente de Fricción Transversal	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Máxima

Fuente: Manual de diseño Geometrico de Carreteras del INVIAS 2008

3.6.4 Longitud mínima de la curva circular

La longitud mínima de la curva circular de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008, corresponde a la distancia recorrida a la velocidad específica (V_{CH}) durante dos segundos (2 s). En función a lo anterior la mayor velocidad específica en el proyecto corresponde a 70km/h lo cual indica que la longitud mínima de la curva circular es de 38.9 m.

3.6.5 Empalmes Espiral-Espiral

Según el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 este tipo de empalme está limitado a casos en que la deflexión total (Δ) se encuentre entre seis grados (6°) y veinte grados (20°).

3.6.6 Entretangencias

La entretangencia del alineamiento horizontal está definido según el tipo de curva y el sentido de las mismas, la entretangencia mínima para curvas espirales de diferente sentido es cero, ya que se puede prescindir de tramos de entretangencia rectos.

Tabla 5. Coeficiente de fricción transversal máxima

Entretangencia Curvas Circulares Diferente Sentido y Mismo Sentido Con Espirales (m)	83.33
Entretangencia Curvas Circulares Mismo Sentido (m)	250.00

Fuente: Manual de diseño Geometrico de Carreteras del INVIAS 2008

3.6.7 Longitud de curvas de transición

Las longitudes de espirales se determinan mediante la evaluación de tres criterios formulados en el manual de diseño geométrico i) variación de la aceleración centrípeta, ii) transición del peralte, iii) percepción y estética y deflexión cuyas fórmulas se relacionan a continuación:

Criterio 1: Variación uniforme de la aceleración centrífuga (criterio de seguridad).

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{V_{CH} \times R_c}{46.656 \times J} \left[\frac{V_{CH}^2}{R_c} - (1.27 \times e) \right]}$$

Donde:

- Amin: Parámetro mínimo
- VCH: Velocidad específica de la curva horizontal
- Rc: Radio de cálculo de la clotoide
- J: Variación de la aceleración centrífuga
- e: Peralte de la curva

Criterio 2: Limitación por transición del peralte

$$A_{\min} = \sqrt{R_c \times \frac{e \times a}{\Delta S}}$$

Donde:

- Amin: Parámetro mínimo
- Rc: Radio de cálculo de la clotoide
- e: Peralte de la curva
- a: Distancia del eje de giro al borde de calzada
- ΔS: Rampa de peralte

Criterio 3: Criterio de percepción y estética

○ *Criterio 3.1*

$$A_{\min} = \sqrt[4]{6 \times R_c^3}$$

○ *Criterio 3.2*

$$A_{\min} = 0.3236 \times R_c$$

Donde:

- $A_{\min}$: Parámetro mínimo
- R_c : Radio de cálculo de la clotoide

Tabla 6. Longitud mínima de la espiral

Longitud Mínima de la Espiral - INVIAS2008	
Parámetro	Valor
Velocidad de Diseño (Km/h)	60
Radio (R_c) (m)	113
Peralte Máximo ($e\%$)	8
Carril (a) (m)	3.65
Longitud Mínima de la Curva Espiral C1 (m)	39.863
Longitud Mínima de la Curva Espiral C2 (m)	48.667
Longitud Mínima de la Curva Espiral C3,1 (m)	26.038
Longitud Mínima de la Curva Espiral C3,2 (m)	11.833
Longitud Mínima de la Curva Espiral (m)	49
Longitud Máxima de la Curva Espiral (m)	137

Fuente: Propia

3.6.8 RELACION DE RADIOS Y VELOCIDAD ESPECÍFICA

Curvas sucesivas con entretangencia menor de cuatrocientos metros (400 m) se consideran dependientes, por lo tanto deben cumplir con una relación que se establece en la Tabla 3.8 del manual de diseño geométrico de 2008, para curvas de salida con Velocidad Específica (VCH) <80 km/h y para curvas de salida con Velocidad Específica (VCH) ≥ 80 km/h.

En la Tabla 7 se presenta los radios consecutivos cuyas tangentes son menores a 400 metros y los valores máximos y mínimos del radio siguiente.

Tabla 7. Relación de Radios Calzada Sur

RELACIÓN DE RADIOS(CRECIENTE)					
PI No	Rc Entrada	Rc min Consecutivo	Rc máx Consecutivo	Chequeo	Velocidad Específica (Km/h)
BOP					
1	207.54	136	349	OK	70
2	228.47	148	404	OK	70
3	210	137	355	OK	70
4	210	137	355	OK	70
5	150	100	232	OK	60
6	180	119	289	OK	70
7	210	137	355	OK	70
8	210	137	355	OK	70
9	210	137	355	OK	70
10	240	154	437	OK	70
11	247	158	459	OK	70
EOP					70

Fuente: Propia

En la Tabla 8 se presenta los radios consecutivos cuyas tangentes son menores a 400 metros y los valores máximos y mínimos del radio siguiente.

Tabla 8. Relación de Radios Calzada Norte

RELACIÓN DE REDIOS (DECRECIENTE)					
PI No	Rc Entrada	Rc min Consecutivo	Rc máx Consecutivo	Chequeo	Velocidad Específica (Km/h)
EOP					
11	247	158	459	OK	70
10	240	154	437	OK	70
9	210	137	355	OK	70
8	210	137	355	OK	70
7	210	137	355	OK	70
6	180	119	289	OK	70
5	150	250	250	OK	60
4	210	137	355	OK	70
3	210	137	355	OK	70

"APP ACCESOS NORTE DE BOGOTÁ"
ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA Y GEOMETRÍA

PROMESA DE SOCIEDAD FUTURA ACCESOS NORTE DE
BOGOTÁ FASE II S.A.S. – ACCENORTE FASE II

2	228	148	404	OK	70
1	208	136	349	OK	70
BOP					

Fuente: Propia

El Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008, en el Título 2.1, recomienda que la velocidad específica de los elementos que hacen parte del trazado geométrico sea como mínimo igual a la velocidad de diseño escogida para la vía. En todo caso, el diseño de los elementos horizontales, verticales y transversales deben satisfacer la velocidad específica.

Se realizó el análisis de velocidad específica en el sentido de circulación y se obtuvieron velocidades distintas por sentido. A continuación se muestra el resultado del análisis de velocidades específicas para el proyecto.

Tabla 9. Velocidades Específicas VC

PI No	EC/PC	PQ/EE	CE/PT	L(m)	Le	o	'	"	Δ (°)	Vel. Diseño (Km/h)	Velocidad Específica (Km/h)	Velocidad Específica Decreciente	Velocidad Específica final (Km/h)
INICIO		K0+000.00									60		
1	K0+409.87	K0+481.87	K0+553.87	445.87	72.0	19	52	38	19.52	60	70	70	70
2	K0+665.59	K0+737.59	K0+809.59	183.73	72.0	18	3	22	18.30	60	70	70	70
3	K0+897.66		K1+207.23	150.07	52.0	70	16	28	70.16	60	70	70	70
4	K1+430.50		K1+733.17	275.27	52.0	68	23	35	68.23	60	70	70	70
5	K1+979.75		K2+249.31	298.57	52.0	83	6	10	83.60	60	60	60	60
6	K2+265.19		K2+461.80	96.15	54.0	45	23	36	45.23	60	70	70	70
7	K2+590.05		K2+800.96	208.51	52.0	43	21	23	43.21	60	70	70	70
8	K3+272.53		K3+675.56	550.15	52.0	95	46	24	95.46	60	70	70	70
9	K3+828.25		K4+106.30	259.59	54.0	61	7	48	61.70	60	70	70	70
10	K4+484.71		K4+633.74	500.93	54.0	22	41	17	22.41	60	70	70	70
11	K4+815.30	K4+887.30	K4+959.30		72.00	16	40	36	16.40	60	70	70	70
FIN		K5+100.00										70	

Fuente: Propia

3.7 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

3.7.1 Ancho de calzada

Se establece la siguiente sección transversal, se establece que el ancho de carril es de 3.65m conformando la calzada por 2 carriles lo cual indica un ancho de calzada de 7.30m manteniendo este ancho a lo largo del corredor proyectado, urbanismo de 7 metros que incluye ciclorruta y andén.

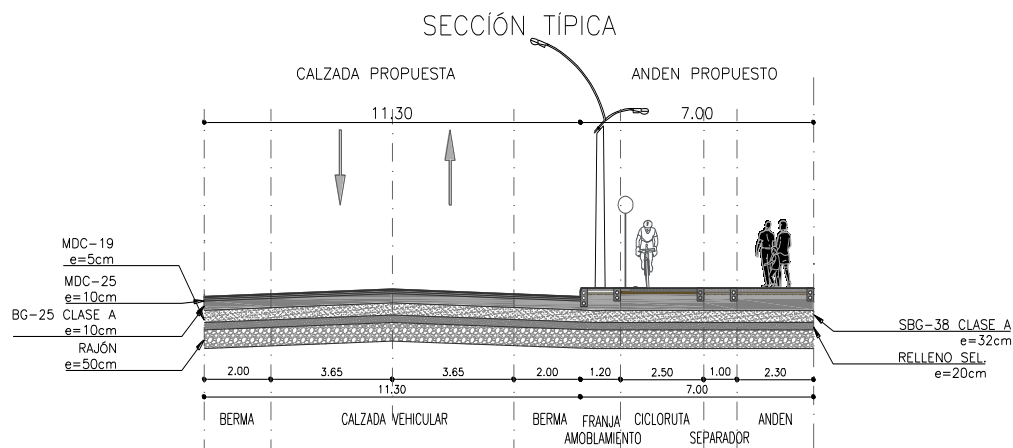


Ilustración 3. Sección Transversal Típica.
Fuente: Propia.

3.7.2 Ancho de berma

La berma es la faja comprendida entre el borde de la calzada y la cuneta, el ancho de esta depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad del tramo homogéneo. Se establecen bermas de 2m.

3.7.3 Bombeo

En entretangencias horizontales las calzadas deben tener una inclinación transversal denominada bombeo con el propósito de evacuar las aguas superficiales. Para el diseño del corredor se utilizará un bombeo normal de dos por ciento (2%).

Tabla 10. Bombeo de la calzada

Tipo de Superficie de Rodadura	Bombeo (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 - 3
Superficies de tierra o grava	2 - 4

Fuente: Manual de diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS 2008

3.7.4 Peralte máximo (emax)

Para carreteras primarias y secundarias se establece como peralte máximo ocho por ciento (8%), el cual permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a los vehículos con centro de gravedad muy alto y a los vehículos articulados (tracto – camión con remolque) los cuales pueden tener un potencial de volcamiento de su carga al circular por curvas con peraltes muy altos.

3.8 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO VERTICAL

3.8.1 Pendiente mínima

La pendiente longitudinal mínima está dada específicamente por el drenaje superficial de la vía la cual de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 es del 0.5% y 0.3% en terreno plano. En este proyecto se adopta una pendiente mínima longitudinal de 0.3% que aporte a la velocidad transversal de evacuación del agua lluvia, sobre todo en las zonas de aplanamiento en las transiciones de los peraltes.

3.8.2 Parámetros de curvas verticales

La longitud mínima de las curvas verticales se determinará en función del criterio de operación descrito en el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008, con el objeto de evitar que el usuario experimente la cesación de cambios súbitos de pendiente. Para ello, se definirá el parámetro K, mediante el cual se ejercerá un control sobre la distancia de visibilidad de parada y de este modo obtener la longitud mínima de la curva vertical.

A continuación se presentan los valores de $K_{mín}$ para curvas verticales cóncavas y convexas al igual que la longitud de curva mínima según el criterio de operación para una velocidad de 60Km/h:

Tabla 11. Parámetros curvas verticales

Parámetro	Valor
Velocidad de Diseño (Vd) (Km/h)	60.00
K Curva Convexa	11.00
K Curva Cóncava	18.00
Longitud Mínima Curva Vertical (m)	36.00

Fuente: Propia

Tabla 12. Valores de Kmin para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales

Velocidad Específica V_{cv} km/h	DVP ¹ (m)	Curva Convexa		Curva Cóncava		Longitud Mínima Curva Vertical (m) ²
		Calculado	Redondeado	Calculado	Redondeado	
20	20	0.6	1	2.1	3	20
30	35	1.9	2	5.1	6	20
40	50	3.8	4	8.5	9	24
50	65	6.4	7	12.2	13	30
60	85	11	11	17.3	18	36
70	105	16.8	17	22.6	23	42
80	130	25.7	26	29.4	30	48
90	160	38.9	39	37.6	38	54
100	185	52	52	44.6	45	60
110	220	73.6	74	54.4	55	66
120	250	95	95	62.8	63	72
130	285	123.4	124	72.7	73	78

Fuente: Manual de diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS 2008, Tabla 4.4

De acuerdo al criterio de K máximo establecido por el manual de diseño geométrico 2008, se diseñan las curvas verticales con un valor de K menor o igual a 50.

3.8.3 Puntos de quiebre verticales

Se utilizaron puntos de quiebre verticales en los casos en los cuales se presenta una diferencia algebraica de pendientes menor o igual al 1% o por puntos obligados de empalmes con las rasantes de las vías existentes y la rasante proyectada. Para la calzada nueva se proyecta una distancia mínima entre PIV's de 170 m.

3.8.4 Longitud Mínima de la Tangente Vertical

En el diseño de la Variante Cajica las tangentes verticales con Velocidad Específica mayor a cuarenta kilómetros por hora ($V_{TV} > 40 \text{ km/h}$) tienen una longitud no menor a la distancia recorrida en diez segundos (10 s) a dicha velocidad medida como proyección horizontal entre PIV y PIV.

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 del INVIAS 2008, Tabla 4.3

3.9 Resumen de los parámetros de diseño

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los parámetros de diseño aplicados.

Tabla 14. Resumen parámetros de diseño

Parámetros de diseño	
Criterios de Diseño - Manual de Diseño Geométrico 2008	
Parámetro	Valor
Velocidad de Diseño (V_d) (Km/h)	60
Carril (a) (m)	3.65
Peralte Máximo ($e\%$)	8
Tipo de Terreno	Plano
Entre tangencia curvas diferente sentido(m)	83.33
Entre tangencia curvas mismo sentido(m)	250.00
Radio Mínimo (R_c) (m)	113
Rampa de Peralte (Δs)	0.60
Variación de Aceleración Centrifuga (J)	0.70
Coefficiente de Fricción Transversal (f_{tmax})	0.17
Longitud Mínima de la Curva Circular (m)	33
Longitud Mínima de la Curva Espiral (m)	49
Longitud Máxima de la Curva Espiral (m)	137
Longitud Entre PIVS (m)	170
K Curva Convexa	11
K Curva Cóncava	18

Parámetros de diseño Criterios de Diseño - Manual de Diseño Geométrico 2008	
Parámetro	Valor
Longitud Mínima Curva Vertical (m)	36
Distancia de Visibilidad de Parada (DVP) (m)	85
Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (DVA) (m)	410

Fuente: Propia.

3.10 INFRAESTRUCTURA ASOCIADA A LA VÍA

Sobre el corredor vial, se encuentra localizadas 4 intersecciones las cuales buscan darle continuidad al flujo, bajo de condiciones de diseño y seguridad vial. A continuación se muestra el corredor con la ubicación de las intersecciones planteadas.



Ilustración 4. Intersecciones Anillo vial Cajicá.
Fuente: Propia.

3.10.1 Ramales de enlace Variante Cajicá - Vía Chía Cajicá

Su función es conectar ambas calzadas (Anillo vial Cajicá y Vía primaria Chía - Cajicá, los anchos de calzada mínimos en los ramales, se tomaron de la tabla 6.3

Ancho mínimo de ramal de enlace 7.40 m

3.10.1.1 Resumen parámetros de diseño para ramales de enlace Vía Cajicá Chía

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los parámetros de diseño aplicados a los carriles de aceleración y desaceleración de los ramales de enlace con la vía Cajicá-Chía:

Tabla 17. Parámetros de diseño para retornos.

Criterios de diseño para retornos - Manual de Diseño Geométrico 2008	
Parámetro	Valor
Velocidad de diseño (Vd) (Km/h)	40
Carril (a) (m)	Variable
Peralte máximo (e) (%)	8.0
Radio mínimo de giro (R_{min}) (m)	41
Longitud mínima de la curva vertical	24.0
Longitud mínima carril de aceleración (m)	185.0
Longitud mínima carril de desaceleración (m)	90.0

Fuente: Manual de Diseño Geometrico de Carreteras del INVIAS 2008, Tabla 6.2.

3.10.2 Glorieta Sexta novena

Debido a la importancia que tiene la sexta Novena en el municipio de Cajicá, siendo esta antes la vía de conexión Chía - Cajicá, se busca realizar una solución que busque solucionar los movimientos de las dos vías, bajo condiciones de seguridad, planteando de esta forma una glorieta. "Glorieta sexta novena"

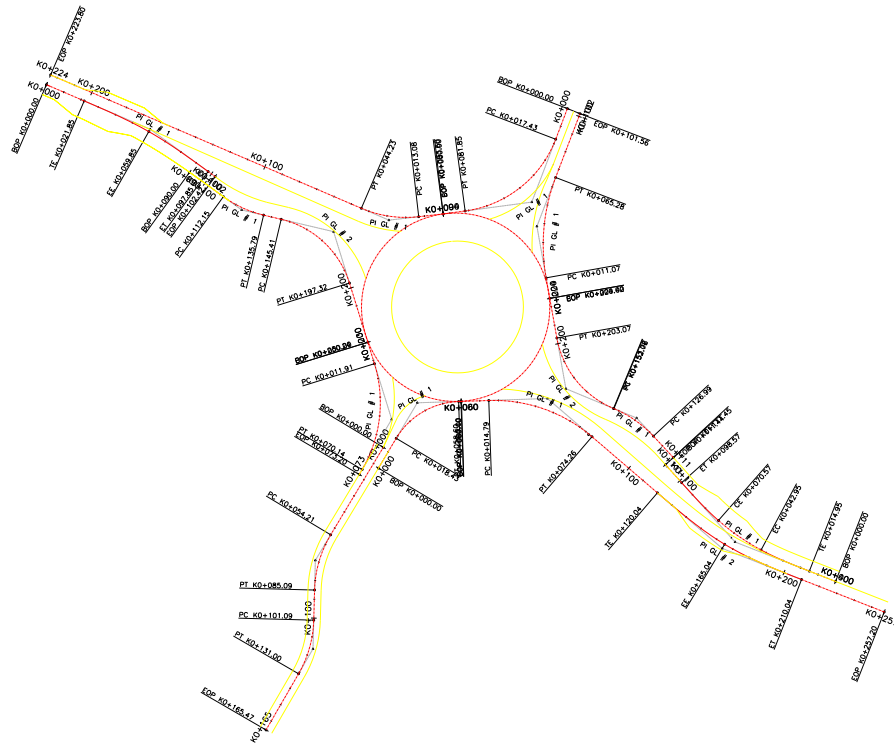


Ilustración 6. Glorieta Sexta Novena
Fuente: Propia.

Las glorietas se diseñan a una velocidad de 30 Km/h con chicanas en las incorporaciones que permitan reducir de forma gradual la velocidad en condiciones de seguridad, el peralte máximo para los ramales de incorporación se determina de 4%.

Las Glorietas se diseñan cumpliendo los criterios dados por el Manual de Diseño Geométrico vial 2008 tal como se muestran a continuación:

Tabla 18. Resumen parámetros de diseño Ramal de entrada

ITEM	VALOR	DESCRIPCIÓN
Qp=	2988 Veh/hora	Capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto
W=	15.0m	Ancho de la sección de entrecruzamiento
e=	10.4m	Ancho promedio de las entradas a la sección de

"APP ACCESOS NORTE DE BOGOTÁ"
ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA Y GEOMETRÍA

**PROMESA DE SOCIEDAD FUTURA ACCESOS NORTE DE
BOGOTÁ FASE II S.A.S. – ACCENORTE FASE II**

ITEM	VALOR	DESCRIPCIÓN
		entrecruzamiento
L=	45.0m	Longitud de la sección de entrecruzamiento
W/L	0.33	
Ángulo de Entrada	60°	Ángulo ideal de entrada=60°
Ángulo de Salida	30°	Ángulo ideal de salida=30°
Diámetro Isleta Central	60.0m	Diámetro mínimo de la Isleta Central=25
Diámetro del Circulo Inscrito	90.0m	Diámetro mínimo del Circulo Inscrito=50

Fuente: Manual de Diseño geométrico, Invias 2008

Los anchos de calzada de los ramales se definieron según la tabla 6.3 del Manual Geométrico de vías 2008 el cual se muestra a continuación.

Tabla 19. Anchos de calzada en ramales de salida o entrada en función del radio interior

Tabla 6.3.
Ancho de calzada en ramales de salida o de entrada enlace en función del Radio interior

RADIO INTERIOR (m)	ANCHO DE UN CARRIL SENCILLO, W (m)	ANCHO DE CALZADA CON UN ÚNICO CARRIL CON ESPACIO PARA SOBREPASAR UN VEHÍCULO ESTACIONADO, W (m)
15	6,20	9,50
20	5,70	8,90
25	5,30	8,40
30	5,00	8,00
40	4,60	7,40
50	4,50	7,00
75	4,50	6,50
100	4,50	6,20
150	4,50	6,10
Derecho	4,50	6,00

Fuente: Manual de Diseño geométrico, Invias 2008

3.10.3 Intersección carrera 15

La intersección carrera 15 conecta el Anillo vial Cajicá y la carrera 15, por la cual hay existencia de colegios y fincas de importancia para el municipio, como solución a la confluencia generada por los tramos proyectados, se plantea una intersección a nivel en "T" con separador y carril de giro a la izquierda, en la intersección carrera 15 se proyecta un puente de 50 metros de luz para salvar el paso por el río frío. A continuación se muestra la intersección "Carrera 15".

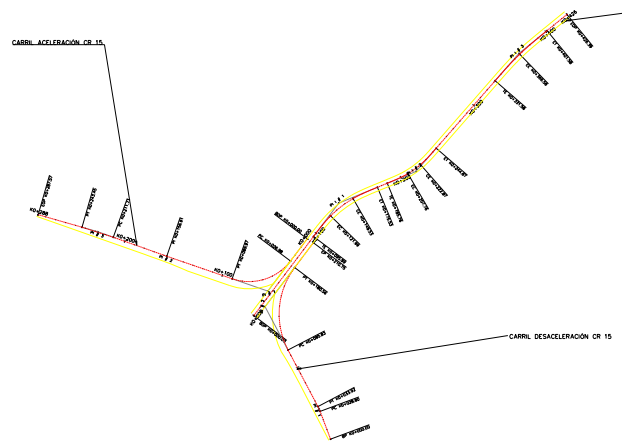


Ilustración 7. Intersección Carrera 15
Fuente: Propia.

La intersección se compone de tres ejes principalmente: Eje principal sobre carrera 15 y ramales de aceleración y desaceleración. Los ramales de diseñan a una velocidad de 30Km/h

Tabla 20. Anchos de calzada en ramales de salida o entrada en función del radio interior

Velocidad de diseño	30 km/h
Radio mínimo interior	30 m
Longitud carril de aceleración	150 m
Ancho mínimo de ramal de enlace	7.40 m

Velocidad de diseño	30 km/h
Radio mínimo interior	30 m
Longitud carril de aceleración	90 m
Ancho mínimo de ramal de enlace	7.40 m

Fuente: Manual de Diseño Geométrico Invias, 2008

3.10.4 Glorieta Cajicá –Tabio

La glorieta Tabio-Cajicá se plantea para solucionar los movimiento entre el anillo vial Cajicá y la Vía Tabio- Cajicá, los ramales son diseñados a una velocidad de 30 Km/h y peralte máximo de 4%, cumpliendo lo estipulado en el Manual de Diseño Geométrico Invias 2008, mencionados en la Glorieta de la carrera sexta.

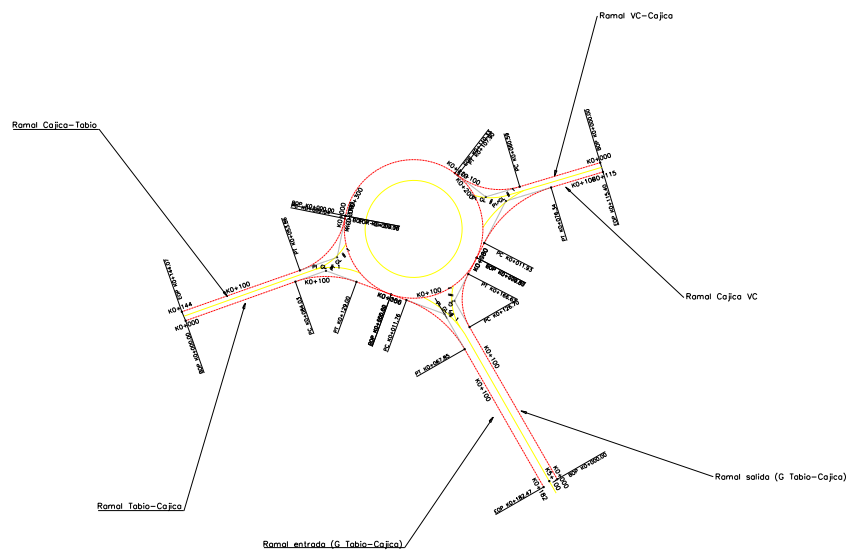


Ilustración 8. Glorieta Tabio - Cajicá

Fuente: Propia.

4. CONCLUSIONES

- Se diseñó el corredor vial Anillo vial Cajica, ajustándose a lo solicitado por la Alcaldía de Cajicá y las restricciones prediales y ambientales.
- Se proyectaron los elementos Geométricos acorde con la velocidad específica de los elementos del proyecto.
- El diseño horizontal satisface el criterio de relación de radios consecutivos cuando se presenta entretangencia menor a 400 metros.
- Se proyectó cuatro puentes en el proyecto, buscando salvar el paso del río frío.
- Se proyectan cuatro intersecciones a nivel, las cuales garantizan la circulación vehicular en condiciones de continuidad, diseño y seguridad vial.

➤ BIBLIOGRAFÍA

- Department of the Environment, Transport and the Regions. (2013). *Traffic Signs Manual*. United Kingdom: TSO-The Stationery Office.
- Fondo de Prevención Vial. (2012). *Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular*. Bogotá, Colombia.
- Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Transporte. (2010). *Método para establecer límites de Velocidad en carreteras colombianas*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Transporte. (2015). *Manual de Señalización Vial, Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Organo de Control de Concesiones Viales. (2011). *Manual de Señalización Transitoria Vigente para rutas y caminos concesionados*. Buenos Aires, Argentina.