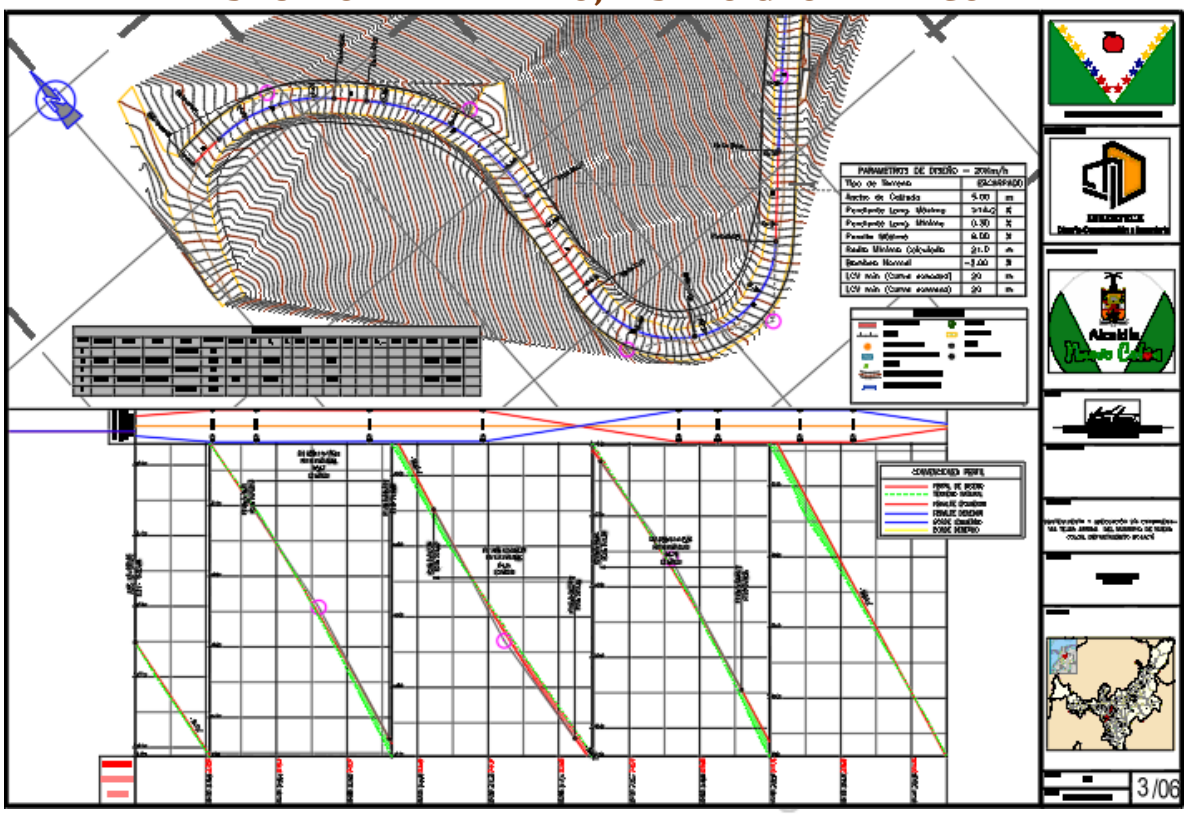
MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA- VÍA TEJAR ARRIBA DEL MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, DEPARTAMENTO BOYACÁ.

ESTUDIO DE TRAZADO, DISEÑO GEOMÉTRICO



INFORME ELABORADO PARA:

ALCALDIA DE NUEVO COLÓN

DICIEMBRE ,2025

LISTA DE CONTROL DE CAMBIOS

PROYECTO:	MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA- VÍA TEJAR ARRI MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, DEPARTAMENTO BOYACÁ
LOCALIZACIÓN:	SECTOR CARBONERA
No INTERNO:	INF-DISGEO-090-25
ÁREA:	DISEÑO GEOMÉTICO

REVISIONES

ESTADO	**NOMBRE**	**FECHA**	**FIRMA**
ELABORÓ	CRISTIAN CAMILO DIAZ VILLAMIL Ingeniero Civil Esp. Infraestructura vial	26/12/2025	
APROBÓ			

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 7
2. ASPECTOS GENERALES 8
2.1 Generalidades 8
2.2 Objetivos 8
2.3 Ubicación 8
2 METODOLOGÍA DE DISEÑO 10
2.1 Alcance 10
2.2 Criterios de diseño 11
3 Criterios de diseño para el alineamiento horizontal 12
- Velocidad de diseño. 12
- Velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR). 12
- Velocidad específica de los elementos. 12
- Distancias de Visibilidad. 13
- Distancia de visibilidad de adelantamiento (Da). 14
- Peralte máximo ($e_{máx}$). 15
- Fricción transversal máxima (Ftmax) 15
- Radio de curvatura mínimo (Rcmín) 16
- Entretangencias. 17
- Curvas de distinto Sentido. 17
- Curvas del mismo sentido. 17
- Curvas Horizontales. 18
4 Criterios de diseño para el alineamiento vertical 20
- Pendiente máxima. 20
- Pendiente mínima. 21
- Longitud mínima de la tangente vertical. 21
- Curvas verticales. 21

INGEOTECK Diseño Construcción e Ingeniería

- Longitud de la curva vertical 22

5 Criterios de diseño para la sección transversal 25

- Derecho de vía 25
- Ancho de calzada 25

6 Limitantes al diseño 28

7 CONCLUSIONES 30

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

LISTA DE ILUSTRACIONES

Pág.

Ilustración 1. Localización General del proyecto. 8
Ilustración 2 Zona de localización del proyecto Municipio de santa Sofía 9
Ilustración 3 distancia de visibilidad de adelantamiento 14
Ilustración 4 eficiente de fricción transversal máxima 15
Ilustración 5 radio mínimo de diseño 16
Ilustración 6 cuadro de curvas circulares 18
Ilustración 7 diseño en planta 19
Ilustración 8 pendiente máxima 20
Ilustración 9longitudes mínimas según el criterio de operación en curvas verticales. 23
Ilustración 10 diseño definitivo en perfil 24
Ilustración 11 ancho de zona 25
Ilustración 12 sección transversal 26

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

LISTA DE TABLAS

Tabla 2 Parametros para la asignacion de la velocidad especifica de las curvas horizontales.....13
Tabla 3 Especificaciones generales de diseño 27

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el Informe, los planos y especificaciones técnicas del diseño geométrico para los **"MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA- VÍA TEJAR ARRIBA DEL MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, DEPARTAMENTO BOYACÁ",** correspondiente al sector el Tejar Arriba. Para dar cumplimiento a los requerimientos de la entidad contratante y las entidades distritales que regulan esta clase de proyectos, en el presente documento se exponen los diferentes aspectos que se tuvieron en cuenta para proponer y desarrollar el diseño del tramo vial y las definiciones geométricas para las vías que enmarcan el proyecto.

El alcance de este informe corresponde a la evaluación de la información topográfica de la vía existente y diseño de las características geométricas del tramo vial según las especificaciones de diseño establecidas por el INVIAS vigentes en el territorio nacional para este tipo de proyectos viales.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Generalidades

De conformidad con los lineamientos metodologías que enmarcan el diseño geotérmico a nivel vial, para el proyecto **"MANTENIMIENTO Y ADECUACIÓN VÍA CARBONERA- VÍA TEJAR ARRIBA DEL MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, DEPARTAMENTO BOYACÁ",**Las cuales buscan garantizar la implantación de un corredor vial que cumpla con los criterios de diseño establecidos dentro del manual de diseño geométrico de carreteras y que con ello se garanticen condiciones de desplazamiento y circulación cómodas y seguras.

2.2 Objetivos

- Analizar la condición actual del tramo objeto de estudio con el fin de identificar el cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos en la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del programa Colombia rural.
- Definir una alternativa de diseño que garantice el cumplimiento de las normas que regulan la materia.

2.3 Ubicación

El municipio de Nuevo Colón se localiza en la región central del departamento de Boyacá, en la provincia de Márquez, a una distancia aproximada de 40 km de la ciudad de Tunja, capital departamental. Su territorio se encuentra inmerso en el altiplano cundiboyacense, caracterizándose por una topografía predominantemente ondulada con sectores de relieve montañoso suave. Nuevo Colón limita al norte con el municipio de Tibaná, al sur con Jenésano, al oriente con Ramiriquí y al occidente con Boyacá (municipio). El municipio cuenta con una ubicación estratégica dentro del corredor vial que conecta a Tunja con los municipios de la provincia de Márquez, lo que facilita la movilidad regional y el intercambio económico. Su altitud promedio y condiciones climáticas templadas favorecen el desarrollo de actividades agrícolas, constituyéndose estas como uno de los principales soportes de su economía local. A continuación, se presenta la localización aproximada de los tramos en estudio.

Ilustración 1. Localización General del proyecto.



Ilustración 2 Zona de localización del proyecto Municipio de santa Sofía



Fuente: Elaboración Propia.

2 METODOLOGÍA DE DISEÑO

El diseño geométrico de una vía es la parte más importante del proyecto y este se debe establecer con base en condiciones, factores existentes y exigencias del tránsito en la zona del proyecto, el diseño geométrico define la geometría que tendrá la vía para satisfacer los objetivos del proyecto como son funcionalidad, la seguridad, la comodidad, integración con el entorno, estética y economía.

Diseñar geométricamente una vía es realizar el procedimiento de correlacionar las características físicas de la carretera con las características operacionales de los vehículos.

2.1 Alcance

A continuación, se presenta el alcance detallado de las actividades de diseño para el trazado y diseño geométrico de la vía.

a) Definición del eje de diseño en planta, perfil (rasante), sección transversal y taludes de corte y relleno con base en las recomendaciones de las áreas estructural, geotécnica, pavimentos, geológica, ambiental e hidráulica.
b) La sección transversal definida buscará optimizar y aprovechar al máximo la infraestructura existente. Siempre y cuando las condiciones lo permitan.
c) Implementación del diseño geométrico a través de software especializado y elaboración de los planos planta – perfil.
d) Elaboración de los planos de secciones transversales y determinación de las cantidades de obra del proyecto a intervención se realizará directamente sobre el corredor existente.

Para el presente diseño se realizó siguiendo en el orden presentado los siguientes procesos.

- Diagnóstico y restricciones al diseño
- Selección del vehículo de diseño
- Elección de velocidad de diseño
- Elección eje de diseño
- Trazado del alineamientos horizontales-Diseño en Planta
- Trazado del alineamientos verticales-Diseño de Rasante
- Diseño de la sección transversal de calzada asociada a cada eje de diseño
- Conformación final del corredor
- Cálculo de peraltes

INGEOTECK Diseño Construcción e Ingeniería

- Generar reportes y carteras de Diseño
- Ajuste de Planos
- Informe

2.2 Criterios de diseño

Para el diseño geométrico se tuvieron en cuenta criterios de diseño en planta, perfil y de la sección transversal.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

3 Criterios de diseño para el alineamiento horizontal

Estos criterios de diseño establecen la geometría que tendrá la vía en planta.

- **Velocidad de diseño.**

Es la máxima velocidad que puede ser mantenida en un tramo de vía y debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

- **Velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR).**

Es la base para la definición de las características de los elementos geométricos incluidos en dicho tramo.1
La Velocidad de Diseño de un tramo homogéneo (VTR) está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.
Para el caso de este proyecto se tiene que la categoría de la vía es rural, y un terreno ondulado a montañoso entonces tomando las consideraciones del manual de diseño se adopta una- VTR **(km/h) de 20 Km/h.**

- **Velocidad específica de los elementos.**

Cada elemento que compone la vía como lo son las curvas horizontales, verticales y entre tangencias se deben diseñar con una velocidad especifica dado que los conductores abordan estos elementos según las condiciones que presentan estos elementos.
Para la asignación de la velocidad específica de las curvas horizontales se realizó tomando en cuenta cada caso específico y siguiendo los casos presentados en la tabla 2.

INGEOTECK Diseño Construcción e Ingeniería

Tabla 1 Parametros para la asignacion de la velocidad especifica de las curvas horizontales2

V_{CH} (Km/	**Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR})≤50 Km/h**				
	Longitud del segmento recto anterior (m)				
	L≤ 70 m	*70<L≤250*		*250<L≤40*	*L>400*
		Δ<45°	*Δ≥45°*		
V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR} +10	V_{TR} +2(
V_{TR} +1(	V_{TR} +1(	V_{TR} +	V_{TR}	V_{TR} +10	V_{TR} +2(
V_{TR} +2(	V_{TR} +2(	V_{TR} +	V_{TR} +	V_{TR} +10	V_{TR} +2(

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008, capítulo 2, página 43.

- **Distancias de Visibilidad.**

Una de las características más importantes que debe ofrecer el trazado de una carretera al conductor de un vehículo es la posibilidad de ver hacia adelante, tal que le permita realizar una circulación segura y eficiente.
Se define como la longitud continua de carretera que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella.
Distancia de visibilidad de parada (DP). Es la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria al circular a la velocidad específica del elemento.

$$Dp = 0.695 \times Ve + \left(\frac{Ve^2}{254 \times \left(\frac{a}{9.81} \pm \frac{p}{100}\right)}\right)$$ Donde:

Dp=Distancia de visibilidad de parada en metros.
Ve=Velocidad específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado.
a = Rata de desaceleración, igual a 3.4m/s^2.
p = Pendiente de la rampa en %.

Reemplazando las variables en los estados más críticos se obtiene una D_P de:

2 INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS."Manual de Diseño Geométrico de Carreteras". Santafé de Bogotá D.C.2008, capitulo 2. Pág. 37.

2 Ibid. Pág. 43.

$$Dp = 0.695 * 20\frac{\text{km}}{\text{h}} + (\frac{20\frac{km^2}{h}}{254 * (\frac{3.4\frac{m}{s2}}{9.81} + \frac{0}{100}}$$

$$\boldsymbol{Dp = 18.44\ metros}$$

ahora bien, de acuerdo con el manual de diseño geométrico de carreteras (2008), en su tabla 2.6. "distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel" se establece un criterio de recomendación de distancia de visibilidad de parada con respecto a la velocidad específica, la cual determina que para una velocidad de diseño de **20 km/h**, la distancia de visibilidad de parada recomendada debería ser de **20 metros**. Esta recomendación será tomada por parte del especialista de diseño geométrico, en base a que, en tramos específicos que contengan pendientes, este valor estará dentro del rango establecido dentro del mismo manual (table 2.7. distancia de visibilidad de parada con pendiente).
Con lo anterior, se tomará como distancia de visibilidad de parada:

$$\boldsymbol{Dp = 20\ metros}$$

- **Distancia de visibilidad de adelantamiento (Da)**3.

Partiendo de las condiciones del proyecto como son: carretera de dos carriles, velocidad especifica de entre tangencia de **20 Km/h** y entrando a la tabla 2.9. del manual de diseño geometría que determina la mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos, de define:
Ilustración 3 distancia de visibilidad de adelantamiento

INGEOTECK Diseño Construcción e Ingeniería

3 Ibíd. . Pág. 64.

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 [1]	-	-	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

[1] Valor obtenido por extrapolación

Fuente: Manual De Diseño Geométrico De Carreteras 2008, Tabla 2.9.

$$Da = 130\ metros$$

- **Peralte máximo ($e_{máx}$).**

En carreteras Terciarias o urbanas (como es el caso de estudio), es difícil disponer de longitudes de entre tangencia amplias, por lo que no es fácil hacer la transición de peralte. Por lo anterior se considera que el peralte máximo más adecuado para este caso es de seis por ciento (**6%**).

- **Fricción transversal máxima (Ftmax)**

Está determinada por numerosos factores, entre los cuales: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos. Se adoptan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios recientes de la AASHTO. Para este proyecto, y teniendo como precedente que la velocidad especifica será del **20km/h**, se adopta un coeficiente de fricción transversal máxima de **0.35.** valor que es determinado mediante el uso de tabla 3.1. "Coeficiente De Fricción Transversal Máxima" calculada con respecto a la velocidad específica del tramo.

Ilustración 4 eficiente 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 $f_{Tmáx}$	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 2008, Tabla 3.1.

- **Radio de curvatura mínimo (Rcmín) 4.**

El radio mínimo (RCmín) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (emáx) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fmáx).

$$RC\ min = \frac{VCH^2}{127 * (\text{emax} + \text{ft Max})}$$

$$RC\ min = \frac{20\ km/h^2}{127 * (6\% + 0.35)} = 7.7\ metros$$

Rcmín= 15 m.

Haciendo un contraste del valor calculado y a lo establecido en la tabla 3.3. "Radios Mínimos Para Peraltes Máximos Del 6% Y Fricción Máxima" se puede inferir que el valor está cumpliendo con los parámetros establecidos dentro del manual de diseño geométrico de carreteras (2008).
Ilustración 5 radio mínimo de diseño

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 (1)
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

(1) La adopción de este valor redondeado se sustenta básicamente en la necesidad de suministrar a los vehículos condiciones de desplazamiento cómodas, en aras de permitir giros sin requerir cambios muy fuertes en su velocidad.

4 Ibíd. , capitulo 3. Pág. 105.

Ibíd. , capitulo 3. Pág. 105.

Fuente: Manual De Diseño Geométrico De Carreteras 2008, Tabla 3.3.

- **Entretangencias.**

Longitud en tangente comprendida entre el PT de una curva horizontal y el PC de la siguiente. El valor de la entretangencia depende de las velocidades específicas asignadas a las curvas horizontales y a los tramos rectos entre estas y debe en lo posible satisfacer la distancia de visibilidad de adelantamiento.

- **Curvas de distinto Sentido.**

Cuando se diseñen de curvas espirales la entretangencia puede ser cero. Cuando se diseñen curvas circulares únicamente la entretangencia estará dada por la distancia recorrida en un tiempo de 5 seg a la menor de las Velocidades Específicas (V_{CH}) de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.

$$long = 5\ seg * \frac{20\ km}{h} * \frac{1000\ \text{m}}{1\ km} * \frac{1\text{h}}{3600\ seg}$$

$$long = 1.388$$

$$long = 1.388 * 20\frac{km}{h} = 27.76\ metros.$$

- **Curvas del mismo sentido.**

En el diseño con curvas espirales la entretangencia no puede ser menor a la distancia recorrida en un tiempo de 5 seg a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (V_{ETH}).
Para diseños con curvas circulares la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo no menor de 15 seg a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (V_{ETH}).

$$long = 15\ seg * \frac{20\ km}{h} * \frac{1000\ \text{m}}{1\ km} * \frac{1\text{h}}{3600\ seg}$$

$$long = 4.167$$

$$long = 4.167 * 20\frac{km}{h} = 83.34\ metros.$$

- **Curvas Horizontales.**

Las curvas horizontales que se diseñaron en este proyecto son en su mayoría curvas tipo **circular** (Debido a que se trata de un corredor existente, y con ello se busca garantizar el mayor empalme posible, al utilizar curas espiralizadas se evidencia una considerable intervención de predios así como cortes de talud pudieran llegar a ocasionar inconvenientes económicos futuros), sus elementos se calcularon según las recomendaciones del manual de diseño geométrico del INVIAS 2008, utilizando programas de computador como el Excel y AutoCAD Civil 3D.

Ilustración 6 cuadro de curvas circulares

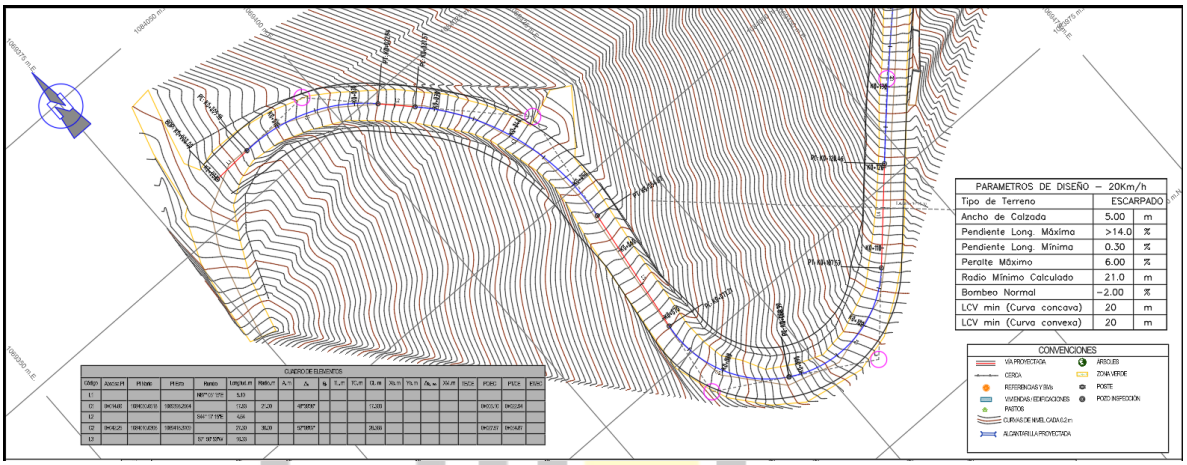
CUADRO DE ELEMENTOS

Código	Abscisa PI	PI Norte	PI Este	Rumbo	Longitud, m	Radio, m	A, m	Δ_c	θ_e	TL, m	TC, m	CL, m	Xe, m	Ye, m	$\Delta_{R,\ m}$	XM, m	TE/CE	PC/EC	PT/CE	ET/EC
L1				N87° 03' 15"E	5.10															
C1	0+014.60	1084030.6518	1069398.2564		17.83	21.00		48°39'30"				17.303						0+005.10	0+022.94	
L2				S44° 17' 15"E	4.64															
C2	0+042.25	1084010.0306	1069418.3709		27.30	30.00		52°08'07"				26.366						0+027.57	0+054.87	
L3				S7° 50' 53"W	16.33															
C3	0+080.95	1083969.6589	1069412.8062		17.16	14.50		67°47'58"				16.175						0+071.21	0+088.37	
C4	0+099.74	1083959.0838	1069431.0870		19.14	14.18		77°21'38"				17.719						0+088.39	0+107.53	
L4				N42° 41' 16"E	12.93															
C5	0+130.99	1083984.6707	1069454.6878		21.05	400.00		3°00'55"				21.049						0+120.46	0+141.52	
L5				N45° 42' 11"E	5.48															

Fuente: Estudio.

Nota: algunos de los parámetros de diseño establecidos anteriormente (curvas longitudinales y entretangencias) pueden no llegar a cumplirse en su totalidad, esto debido a que, al tratarse de un corredor vial existente, se reduce considerablemente el área de trabajo para el diseño (se hace necesario realizar el mayor empalme posible). Dicho esto, se evidencio que al utilizar curvas espiralizadas se incurría en procesos de intervención de predios, adicional a ello se ocasionaba un aumento considerable en los volúmenes de corte y relleno sobre el corredor. Ahora, debido a la homogeneidad del terreno y a las condiciones de topografía, se hace imposible proyectar el corredor con las entretangencias definidas dentro del manual, sin tener que modificar considerablemente el trazado existente, así como la necesidad de intervenir predios.

Ilustración 7 diseño en planta



Fuente: Estudio.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

4 Criterios de diseño para el alineamiento vertical

Estos criterios de diseño establecen la geometría que tendrá la vía en perfil.

- **Pendiente máxima.**

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. Para vías Primarias las pendientes máximas se establecen considerando velocidades altas, entre sesenta y ciento treinta kilómetros por hora (60 - 130 km/h). En las vías Terciarias o urbanas las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora (30 - 60 km/h), en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes. Ahora bien, para este proyecto y teniendo como precedente el tipo de vía, así como su velocidad especifica (**20 Km/h),** se pudo determinar un valor de pendiente máxima de:

Nota: cabe destacar que estos valores, pueden ser aumentados en dos por ciento **(2%)** cuando en una tangente vertical de pendiente máxima se diseñan dos curvas verticales consecutivas, una convexa y la siguiente cóncava o viceversa. Además, no existe segmento recto vertical entre tales curvas verticales consecutivas o lo que es lo mismo, el PTV de la curva anterior coincide con el PCV de la siguiente. Ahora bien, basados en el manual de diseño geométrico de carreteras del 2008, en su tabla 4.2. "Relación entre la pendiente máxima (%) y la Velocidad Específica de la tangente vertical (VTV), nos encontramos con el siguiente valor de diseño para pendientes máximas con una velocidad de diseño de **20 Km/h:**

Ilustración 8 pendiente máxima

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual De Diseño Geométrico De Carreteras 2008, Tabla 4.2.

De conformidad con el análisis anterior, en referencia a la velocidad de diseño, se contempla que el valor de pendiente máxima estará en el orden del **14%.** Ahora bien, debido a las limitantes topográficas de la zona de estudio y debido a que lo que se busca es ajustar lo mejor posible el trazado a las condiciones existentes, pueden llegarse a encontrar pendientes superiores a las previamente establecidas.

- **Pendiente mínima.**

Es el valor mínimo cambio de altura que se presenta en una tangente vertical para garantizar el drenaje adecuado de la calzada, el valor mínimo recomendado es de **0.3 %.** En el presente diseño se presenta la condición que las vías de empalme no tienen en tramos pendientes longitudinales menores a 0.3%, para garantizar el empalme de la calzada que se está diseñando, por lo tanto, el drenaje se garantiza de forma transversal con la pendiente de bombeo y longitudinalmente con pendientes mayores al **0.3%.**

- **Longitud mínima de la tangente vertical.**

La longitud mínima de la tangente vertical con velocidad específica menor o igual a **20 km/h** debe ser la distancia recorrida en 7 segundos a esta velocidad, de igual forma si la velocidad específica es mayor de 30 Km/h, tendrá una longitud mínima igual a la distancia recorrida en 10 segundos a dicha velocidad, medida horizontalmente entre PIV-PIV.
Como para este proyecto la velocidad específica de la tangente vertical V_{TV} es de **20 km/h**, se determinó:

$$l\ tan = 7\ seg * \frac{20\ km}{h} * \frac{1000\ \text{m}}{1\ km} * \frac{1\text{h}}{3600\ seg}$$

$$l\ tan = 1.944$$

$$l\ tan = 1.944 * 20\frac{km}{h} = 38.88\ metros.$$

Tangente vertical = 38.88 metros.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

- **Curvas verticales.**

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.
Para este proyecto de analizaron cada una de los casos y criterios de diseño para determinar las longitudes más adecuadas de las curvas verticales tanto cóncavas como convexas utilizando como guía el manual de diseño geométrico INVIAS 2008.
El diseño del alineamiento vertical se desarrolló utilizando herramientas computacionales como Excel y AutoCAD Civil 3D.

- **Longitud de la curva vertical**

La selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican es aplicables para las curvas simétricas y asimétricas y se tienen en cuenta criterios de seguridad, operación y drenaje.

Criterio de seguridad Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (DP). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (Da).

Criterio de operación Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

Criterio de drenaje Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa.

Longitud mínima de la curva vertical convexa.

La aplicación de este criterio evita el cambio súbito de pendiente y permite que el perfil de la vía en la curva vertical tenga una adecuada estética y apariencia. La longitud mínima de la curva vertical para cumplir con este criterio está en función de la Velocidad Específica (VCV) y es dada por la siguiente expresión:

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

$$Lmin = 0.6 * Vch$$
$$Lmin = 0.6 * 20 = 12\ metros$$

Ahora, con el objetivo de garantizar unas condiciones mínimas estética en el corredor vial, y con ello la comodidad y seguridad para el conductor, la longitud mínima de la curva vertical convexa adoptada será de **20 m.**

Longitud mínima de la curva vertical cóncava.

Se aplica el mismo criterio de las curvas convexas y por lo tanto la longitud mínima de la curva cóncava se expresa por:

$$Lmin = 0.6 * Vch$$
$$Lmin = 0.6 * 20 = 12\ metros$$

Ahora, con el objetivo de garantizar unas condiciones mínimas estética en el corredor vial, y con ello la comodidad y seguridad para el conductor, la longitud mínima de la curva vertical cóncava adoptada será de **20 m.**

Ilustración 9longitudes mínimas según el criterio de operación en curvas verticales

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 (1)
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 (1)
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

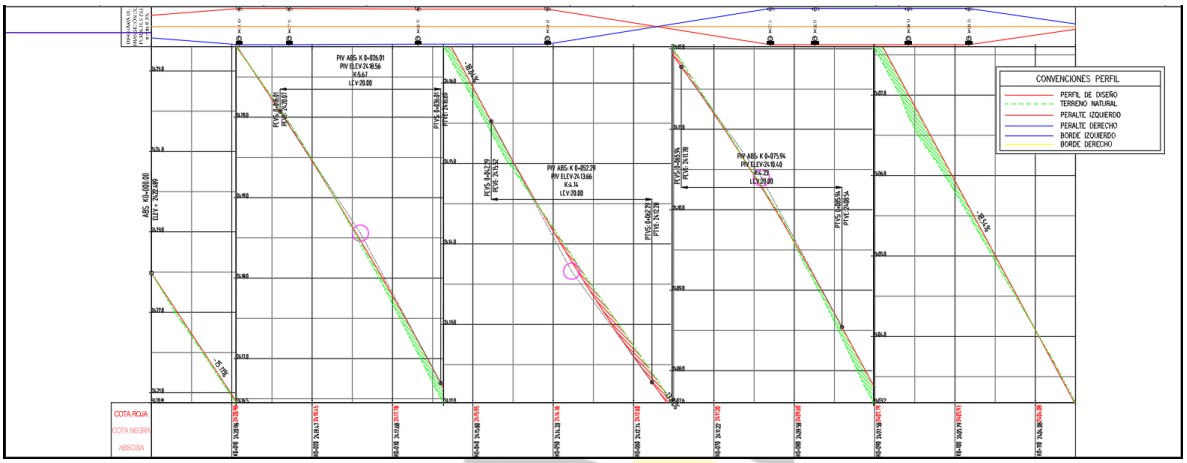
(1) La adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

Fuente: Manual De Diseño Geométrico De Carreteras 2008, Tabla 4.4.

INGEOTECK Diseño Construcción e Ingeniería

Nota: algunos de los parámetros de diseño establecidos anteriormente (curvas verticales) pueden no llegar a cumplirse en su totalidad, esto debido a que, al tratarse de un corredor vial existente, se reduce considerablemente el área de trabajo para el diseño (se hace necesario realizar el mayor empalme posible). Durante el diseño a nivel altimétrico se procuró ajustar el alineamiento vertical lo más posible a las características topográficas de la subrasante, buscando así garantizar la menor alteración posible del corredor, así como evitar en lo posible los excesos en el corte y relleno.

Ilustración 10 diseño definitivo en perfil



Fuente: Estudio.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

5 Criterios de diseño para la sección transversal

Estos criterios de diseño establecen la geometría que tendrá la vía en la sección transversal.

- **Derecho de vía.**

Esta franja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones, si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico.

Para el presente proyecto se tiene que el derecho de vía recomendado es de **12 metros** según se trata de una vía **terciaria departamental**.

Ilustración 11 ancho de zona

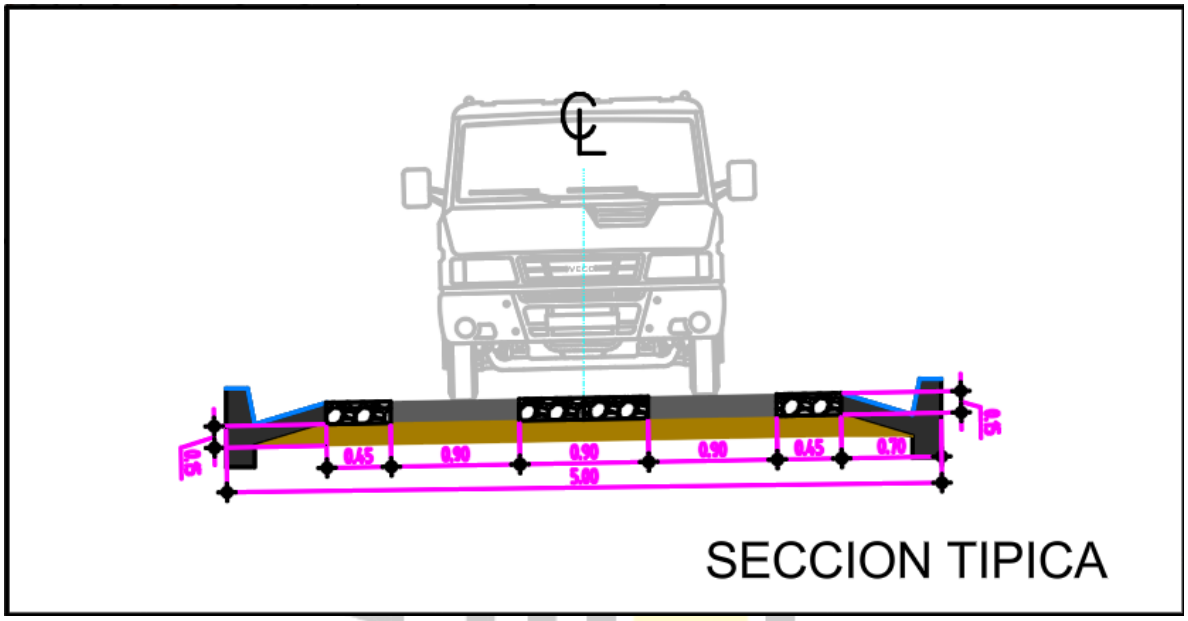
CATEGORÍA DE LA CARRETERA	ANCHO DE ZONA (m)
Primaria de dos calzadas	> 30
Primaria de una calzada	24 – 30
Secundaria	20 – 24
Terciaria	12

- **Ancho de calzada.**

El ancho de calzada adoptado para él corredor fue de **5.00 m,** confinado por dos bordillos a los costados de la estructura. Ahora, debido a las características de la vía y velocidad de diseño del tramo homogéneo de **20 Km/h**, la calzada cuenta con un bombeo del **-2%** para facilitar el drenaje.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

Ilustración 12 sección transversal



Como se evidencia en la ilustración anterior, contamos con una estructura de pavimento de tipo **rígido**, compuesta por **20 cm** de losa en concreto y 15 cm de subbase respectivamente.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

5.1.1. Resumen de especificaciones adoptadas para el proyecto.

En la tabla 3 se presenta un resumen de las especificaciones y criterios adoptados para desarrollo del diseño geométrico de este proyecto.

Tabla 2 Especificaciones generales de diseño

PARAMETROS DE DISEÑO – 20Km/h		
Tipo de Terreno	ESCARPADO	
Ancho de Calzada	5.00	m
Pendiente Long. Máxima	>14.0	%
Pendiente Long. Mínima	0.30	%
Peralte Máximo	6.00	%
Radio Mínimo Calculado	21.0	m
Bombeo Normal	–2.00	%
LCV min (Curva concava)	20	m
LCV min (Curva convexa)	20	m

Fuente: estudio.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

6 Limitantes al diseño

De acuerdo a las características altimétricas de la zona de estudio (topografía) y a las condiciones técnicas que enmarcan el diseño geométrico de este tramo objeto de estudio, se resuelven las siguientes limitantes a algunos parámetros de diseño geométrico:

- **Curvas Espiralizadas:** si bien, dentro de la configuración geométrica del trazado en planta, el manual de diseño geotérmico de carreteras, propone curvas espirales de acuerdo al Angulo de deflexión presente en el trazado. Se evidencia que, al espiralizar las curvas, esto ocasiona procesos de intervención de predios, así como un aumento considerable en los volúmenes finales de corte y relleno, debido a los taludes presentes en el trazado del corredor vial. Es por esta razón, que, a consideración del especialista geométrico, se implantaron curvas de tipo circular, que garanticen sinergia con el estado actual de la zona de estudio.
- **Entretangencias:** debido a la presencia de predios privados y limitantes en la planta del diseño, se hace imposible en algunos sectores del trazado garantizar entretangencias mínimas. No obstante, se garantizó durante el diseño condiciones óptimas que aseguren condiciones de comodidad y seguridad para la población que transite sobre la vía proyectada.
- **Curas Verticales:** ya que el presente diseño se hace sobre un corredor vial existente, lo que se busca es disminuir lo más posible la geometría actual de la vía, garantizando claramente condiciones óptimas de circulación. Ahora bien, buscando mitigar procesos excesivos de excavación y relleno en el trazado diseñado; a nivel altimétrico se buscó ajustar el diseño lo más posible a la rasante. Por tal motivo en algunos sectores puntuales puede no cumplirse longitudes mínimas de entretangencia. Cabe destacar que estas alteraciones no incurren en ningún riesgo a nivel de operación, seguridad o drenaje.

Observación: La ejecución de este componente geométrico, así como la exclusión de algunos de los criterios de diseño expuestos anteriormente, son acogidos mediante el marco de la resolución **20213040041135** del 13 de septiembre de 2021 Por el cual se adiciona un numeral al capítulo 7 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, adoptado mediante Resolución No. 000744 del 04 de marzo de 2009 del Ministerio de Transporte y que resuelve mediante el artículo primero (1) en su literal 7.4 “condiciones especiales de diseño geométrico de carreteras”, en el cual se definen algunos casos particulares en que por razones técnicas y de costos no sea posible cumplir con la totalidad de los parámetros de diseño geométrico del presente manual, de acuerdo con lo establecido en el artículo 13 de la ley 105 de 1993 y el

capítulo uno (1) de este manual de diseño geométrico de carreteras, que para el caso particular de este estudio se ajusta con el ítem a “condiciones asociadas a la topografía de la zona del proyecto del corredor de estudio”. Ahora bien, se aclara que el diseño geotérmico aquí presentado garantiza condiciones óptimas de seguridad, comodidad y optimo drenaje.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería

7 CONCLUSIONES

- El desarrollo de este proyecto es de gran importancia para la zona, por lo cual se requiere de una vía cuyas especificaciones técnicas cumplan con los parámetros mínimos de diseño, además de los parámetros del manual de diseño geométrico de carreteras vigente en el territorio nacional, garantizando a los usuarios condiciones de comodidad, agilidad, capacidad y un adecuado nivel de servicio.

- Para la realización del diseño geométrico se tuvo en cuenta la importancia de la vía teniendo en cuenta limitantes impuestas por las características del terreno, el tránsito, el nivel de seguridad y capacidad que se quiere ofrecer se determinó una velocidad de diseño de **20 km/h**. todo lo anterior debido a que al tratarse de un proceso de mejoramiento de una estructura ya existente, se hace imposible realizar modificaciones específicas a lo largo del tramo y por consiguiente, se hace necesario ajustar el diseño a las condiciones geométricas que presenta la zona.

INGEOTECK
Diseño Construcción e Ingeniería