VOLUMEN VII. INFORME DE DISEÑO GEOMETRICO PARA EL PROYECTO “PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 1, 4, 5 Y 9 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA” GRUPO 2

VERSIÓN 0
OCTUBRE 2024
BOGOTÁ D.C.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Noviembre - 2024	Versión Inicial	35

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA		
Elaboró	**Revisó**	**Aprobó**
Ing. Ricardo Tafur Sánchez	Ing. Ricardo Tafur Sánchez	Ing. Manuel José Meza Soto
Especialista	Especialista	Director

SUPERVISION / INTERVENTORÍA
Revisó
Ing. Ingrid Sofia Morales Ávila
Alcaldía de Montería Gerente de Proyectos

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 INTRODUCCION 6

2 GENERALIDADES DEL PROYECTO 7

3 OBJETIVOS Y ALCANCES 11

3.1 OBJETIVO 11

3.2 ALCANCES 11

4 METODOLOGÍA DE DISEÑO 11

4.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO 12

4.1.1 Planta 12

4.1.2 Perfil 12

4.1.3 Sección Transversal 13

5 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL 14

5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO 14

5.2 ANCHO DE CALZADA 14

5.3 ANCHO DE BERMAS 15

5.4 BOMBEO 16

5.5 SECCIÓN TRANSVERSAL 16

5.6 RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMÍN) 30

5.7 PERALTES 31

5.8 LONGITUD DE TRANSICIÓN DEL PERALTE 32

5.9 PERALTE MÁXIMO 33

5.10 PENDIENTE LONGITUDINAL 33

5.10.1 Pendiente Mínima 33

5.10.2 Pendiente Máxima 34

5.11 CURVA VERTICAL CONVEXA 34

5.11.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad 34

5.11.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación 36
5.11.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje 36
5.12 CURVA VERTICAL CÓNCAVA 37
5.12.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad 37
5.12.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación 37
5.12.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje 37
5.13 VEHÍCULO DE DISEÑO 38
5.14 RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO 39
6 NORMAS TÉCNICAS APLICADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO 40
7 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PREVISIBLES 41
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Tramos viales para diseñar 7
Tabla 2 Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo 14
Tabla 3 Ancho de Calzada (metros) 15
Tabla 4 Ancho de Bermas 16
Tabla 5 Radios Mínimos para peralte máximo de 8% 30
Tabla 6 Radios Mínimos para peralte máximo de 6% 31
Tabla 7 Valores Máximos y Mínimos de la Pendiente Longitudinal para Rampas de Peraltes 33
Tabla 8 Pendiente Máxima en Función de la Velocidad Especifica 34
Tabla 9 Valores de Kmín para el Control de la Distancia de Visibilidad de Parada 38
Tabla 10 Parámetros de Diseño Geométrico 39

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización del sector 9
Figura 2. Secciones Transversales Típicas 29
Figura 3. Esquema General de Diagrama de Transición de Peraltes 31
Figura 4. Clasificación de Vehículos 39

1 INTRODUCCION

El diseño geométrico de una vía es un proceso clave en la ingeniería de transporte que garantiza que las infraestructuras viales sean seguras, eficientes y funcionales para los usuarios. Este informe detalla el desarrollo del trazado y diseño geométrico para los segmentos viales urbanos correspondientes al Grupo 2 de las comunas 1, 4, 5 y 9 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba, en el cual se ha seguido un enfoque integral para asegurar que la carretera cumpla con los estándares técnicos y normativos.

El objetivo del diseño geométrico es optimizar el trazado de la vía teniendo en cuenta diversos factores como la topografía del terreno, las condiciones de tráfico, las características del entorno y las necesidades de los usuarios. En este documento se presentan los principales aspectos del diseño: características geométricas, parámetros de diseño, criterios de diseño geométrico y el trazado en planta, el perfil longitudinal y las secciones transversales para cada uno de los segmentos viales en cuestión.

A través de este informe, se busca no solo explicar el proceso y las decisiones tomadas, sino también justificar las soluciones adoptadas para mejorar la funcionalidad y seguridad de la vía

2 GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del Municipio de Montería en las comunas 1, 4, 5 y 9, en el Departamento de Córdoba. A partir de la condición actual de la vía, así como lo dispuesto en el VOLUMEN 1 – ESTUDIO DE TRANSPORTE, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO, se realizó el diseño geométrico de la vía, con una velocidad del tramo homogéneo de 20 km/h.

El diseño está orientado al mejoramiento de la geometría actual, optimizando el trazado de la vía para generar la menor afectación a los predios adyacentes y cumpliendo con la mayoría de los criterios establecidos en el Manual de Diseño de Carreteras (Invias – 2008).

A continuación, se presentan las vías objeto del estudio correspondientes al Grupo 2 y una imagen del sector en la Figura 1:

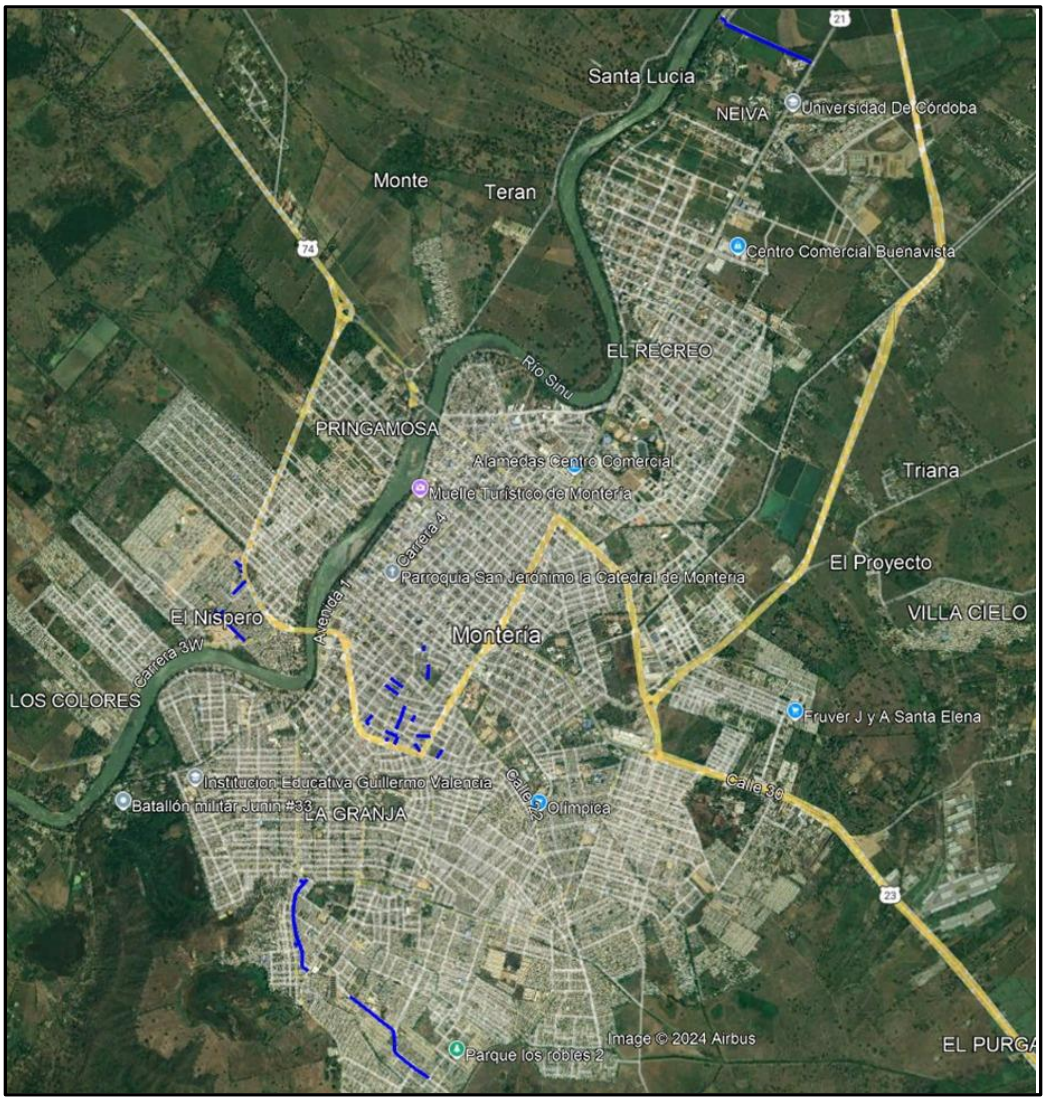
Tabla 1. Tramos viales para diseñar

No. DE EJE	ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD (m)	BARRIO	DIRECCION	COMUNA
PROYECTO No. 2					
1	6.00	365.00	HOLANDA Y REPUBLICA DE PANAMÁ	CALLE 16A ENTRE LAS CRAS 3W Y 7AW	1
2	6.00	59.10		CRA 7W ENTRE LAS CALLES 16A Y 17	
3	7.00	145.60		CRA 7AW ENTRE LAS CALLES 18 Y 20	
4	6.50	36.71		BAJADA DE LA CRA 8W	
5	6.00	80.69		CALLE 19A ENTRE LA CALLE 20 Y CRA 8AW	
6	7.00	760.27	MOCARÍ E INEM	CALLE 1 ENTRE LA CRA 2 Y LA VIA MONTERIA-CERETÉ	9

7	6.00	517.87		CALLE 94 ENTRE LA CALLE 93 Y CRA 2A	
8	4.00	562.74		CALLE 95 ENTRE LA CRA 4 Y LA VIA MONTERIA-CERETÉ	
9	2 CALZADAS DE 7.00	991.29	VILLA MELISSA, FURATENA Y LOS ROBLES I	DOBLE CALZADA VILLA MELISA ENTRE LAS CRAS 12A Y 26A	4
10	5.00	55.15	CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ, BALBOA Y LACHARME	CRA 9A ENTRE LAS CALLES 23 Y 24	5
11	5.00	140.37		CRA 10 ENTRE LAS CALLES 22 Y 22C	
12	5.00	129.46		CALLE 17A ENTRE LAS CRAS 8B Y 9	
13	5.00	123.55		CALLE 18 ENTRE LAS CRAS 8B Y 9	
14	4.00	86.60		CRA 8C ENTRE LAS CALLES 14 Y 15	
15	7.00	61.45		CALLE 14 ENTRE LAS CRAS 8C Y 8D	
16	6.00	76.00	RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA	CRA 12 ENTRE LA AV. CIRCUNVALAR Y CALLE 14	5
17	6.00	118.73		CALLE 14 ENTRE LAS CRAS 9 Y 12	
18	6.00	232.67		CRA 11 ENTRE LAS CALLES 15 Y 16B	
19	6.00	55.35		CRA 12 ENTRE LAS CALLES 16 Y 16A	
20	7.00	120.84		CALLE 15A ENTRE LAS CRAS 13 Y 14	
21	6.00	72.53		CALLE 15 ENTRE LA AV. CIRCUNVALAR Y CALLE 15	
22	6.00	92.94		CRA 14B ENTRE LAS CALLES 13 Y 15A	
23	5.50	17.83		CRA 11 ENTRE LA AV. CIRCUNVALAR Y CALLE 14	
24	5.00	765.00	PABLO VI, VILLA MARGARITA, ALFONSO LOPEZ, 2 DE SEPTIEMBRE, LOS ARAUJOS Y NUEVA ESPERANZA	CRA 8G ENTRE LA CALLE 4 Y CRA 9	4
25	5.00	54.44		CALLE 6A SUR ENTRE LAS CRAS 8F Y 8G	
26	4.50	48.07		CALLE 4 ENTRE LAS CRAS 8F Y 8G	

Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 1. Localización del sector



Fuente: Google (2024). [Calle 70, Carepa, Colombia]. Google Earth. https://www.googleearth.com

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto trata de la construcción de aproximadamente 5.700 m de pavimento en concreto hidráulico, distribuidos en los tramos mostrados anteriormente. Como característica principal se evidencia la circulación en dos sentidos, con dos carriles, con un ancho de vía especifica en cada tramo vial. La anterior descripción se realiza con base en la información suministrada por el solicitante y la visita de campo realizada.

3 OBJETIVO Y ALCANCES

3.1 OBJETIVO

Definir el trazado de la vía teniendo en cuenta las características y condiciones esperadas en cuanto a capacidad y velocidades de operación.

3.2 ALCANCES

- Adoptar la sección transversal típica de acuerdo con la normatividad vigente y a las características específicas de la infraestructura actual.
- Definir el eje de diseño en planta y perfil (rasante), teniendo en cuenta el trazado de la vía existente.
- Implementar el diseño geométrico a través de software especializado, elaborando los planos planta – perfil correspondientes.
- Elaborar los planos de secciones transversales y se determinarán las cantidades de obra del proyecto.

4 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Con base en los planos topográficos del corredor y el modelo digital de terreno configurado con la información topográfica levantada, se procedió con la ejecución del diseño planimétrico considerando las premisas del proyecto que se sintetizan en lograr el diseño con la menor afectación a los predios adyacentes y teniendo en cuenta las pendientes mínimas de drenaje, atendiendo los requerimientos técnicos mínimos que garanticen un nivel de servicio apropiado y las recomendaciones de las demás áreas técnicas del estudio.

De acuerdo con el diseño planimétrico, se adelantó el diseño vertical detallado, el cálculo de cantidades de obra y la producción de planos. El resultado del diseño geométrico del corredor estudiado se plasmó en los respectivos planos de planta y/o perfil, en escalas H=1:250 y V= 1:25, con el complemento de los detalles resultantes del diseño (Sección típica, estructura de pavimento, sectorización para tratamiento de taludes, obras de drenaje, etc.) y planos típicos requeridos. Igualmente, se presentan planos de secciones transversales en escala 1:100.

4.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1.1 Planta

- Aprovechamiento al máximo de la infraestructura existente.
- Homogenización de la curvatura existente, de acuerdo con la velocidad de Diseño adoptada.
- Optimización del movimiento de tierras
- Acondicionar y mejorar las condiciones de visibilidad.

4.1.2 Perfil

- Mantener un nivel de rasante adecuado, de acuerdo con el diseño de pavimentos, y las pendientes mínimas para el drenaje.
- Homogenización de la curvatura existente, de acuerdo con la velocidad de Diseño adoptada.
- Optimización del movimiento de tierras
- Acondicionar y mejorar las condiciones de visibilidad.

4.1.3 Sección Transversal

- Mantener una sección transversal adecuada que garantice los niveles de seguridad y comodidad del usuario.
- Aprovechar al máximo la infraestructura existente
- Optimización del movimiento de tierras

5 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

El proyecto corresponde con un trazado urbano con pendientes longitudinales y transversales bajas, clasificando como un terreno tipo plano.

Tabla 2 Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo

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: MDG 2008

De acuerdo con el Instituto Nacional de Vías, para vías terciarias con este tipo de terreno, se recomienda emplear una velocidad de diseño del tramo homogéneo de 40 km/h. Sin embargo, con la finalidad de efectuar un diseño geométrico que reduzca los costos del proyecto y sea viable para la comunidad, se realizó el diseño geométrico con una velocidad del tramo homogéneo de 20 km/h.

5.2 ANCHO DE CALZADA

En la Tabla 3 se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la Velocidad de diseño del tramo

homogéneo (VTR). En carreteras de una sola calzada el ancho mínimo de ésta debe ser de seis metros (6.0 m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

Tabla 3 Ancho de Calzada (metros)

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: MDG 2008

Según la 3, el ancho de la calzada corresponde a 6.00 m teniendo en cuenta las características de la vía en su condición actual (vía secundaria en terreno plano), sin embargo, teniendo en cuenta las características de las vías cercanas al proyecto y el POT del municipio , se adopta un ancho de calzada entre 5.00 m y 10.50 respectivamente, lo cual proporciona mayor seguridad y comodidad a los usuarios.

- Ancho de Carril Adoptado: 2.50 y 5.30 metros
- Ancho de Calzada Adoptado: 5.00 y 10.30 metros

5.3 ANCHO DE BERMAS

El ancho de las bermas depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR). En la tabla 4 se presenta el ancho que deben tener.

Tabla 4 Ancho de Bermas

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[1]	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria[2]	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

[1] Berma derecha/Berma izquierda
[2] Berma cuneta

Fuente: MDG 2008

De acuerdo con la Tabla 4, para las características de la vía en estudio se debe implementar una berma-cuneta con un ancho de 0.50 m, con la finalidad de mantener el corredor existente y limitar la adquisición de predios no se contempla berma

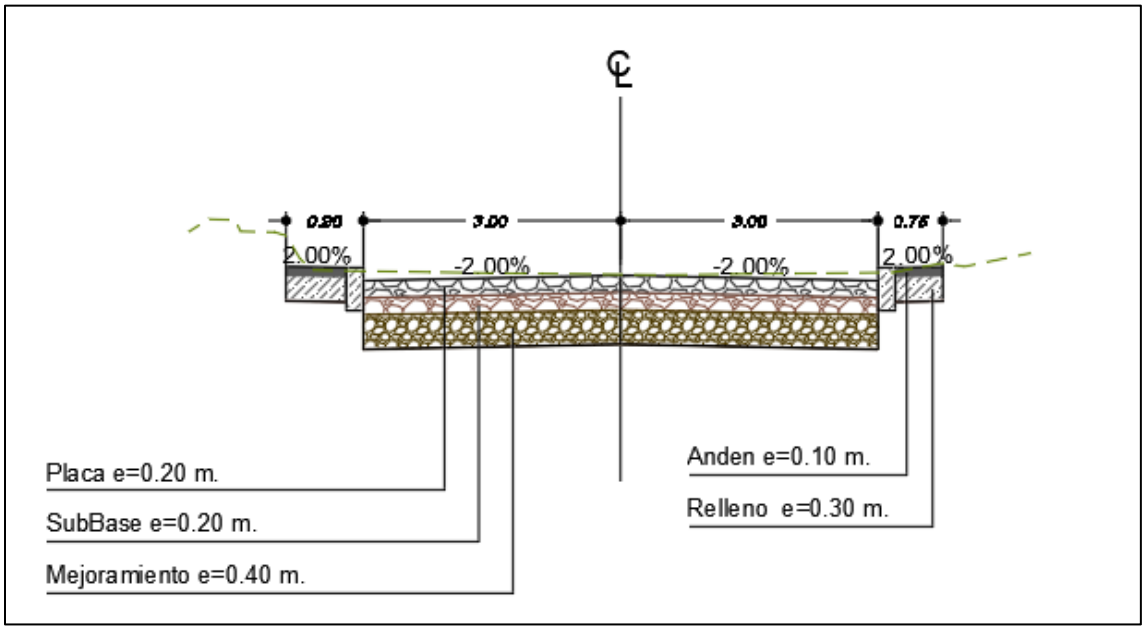
- Ancho de berma: NA metros

5.4 BOMBEO

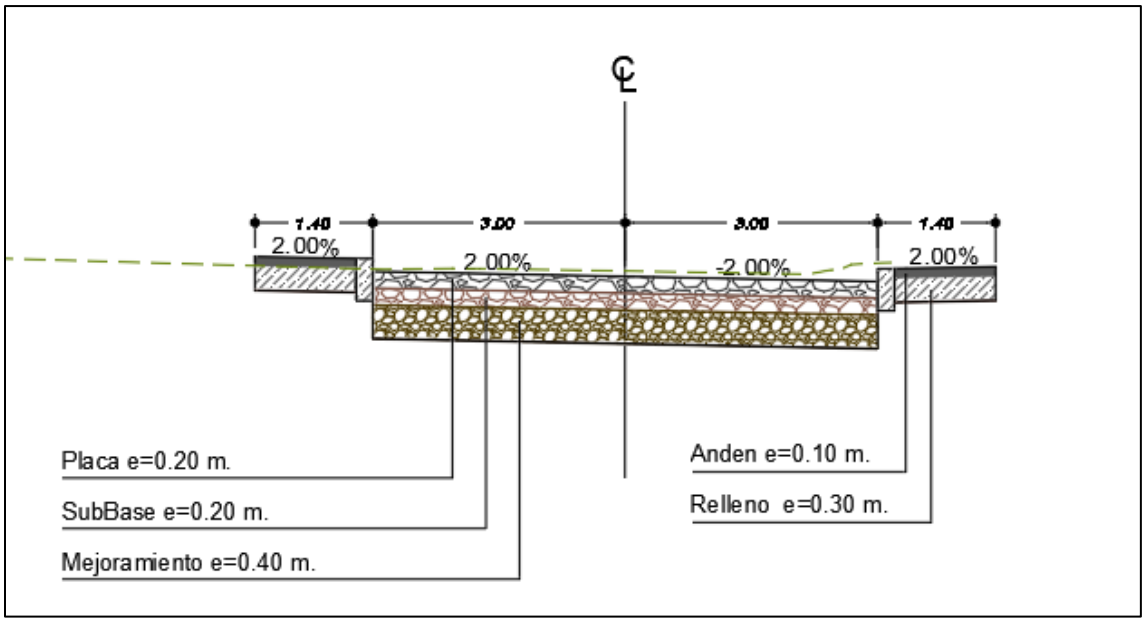
Para el presente diseño se implementó el bombeo normal del 2% del eje de vía hacia los costados de la misma, lo cual garantiza el tránsito de la escorrentía superficial hacia las obras de conducción tipo berma cuneta.

5.5 SECCIÓN TRANSVERSAL

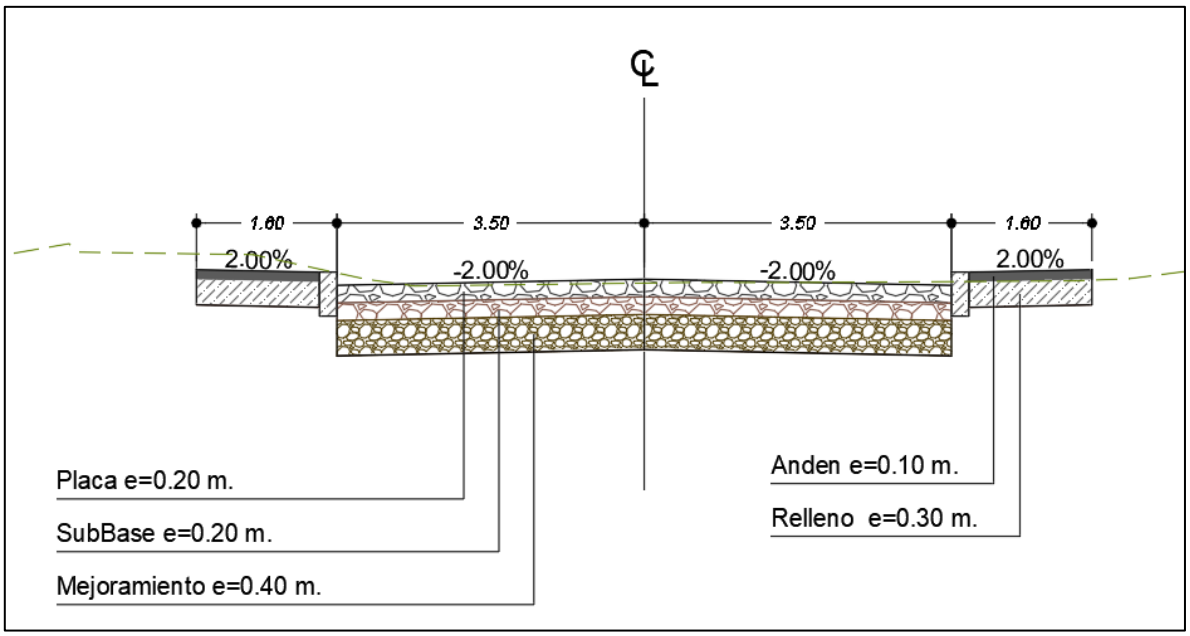
A continuación, se presentan las secciones transversales adoptadas, de acuerdo con el manual de diseño geométrico para todas las vías correspondientes al Grupo 2.



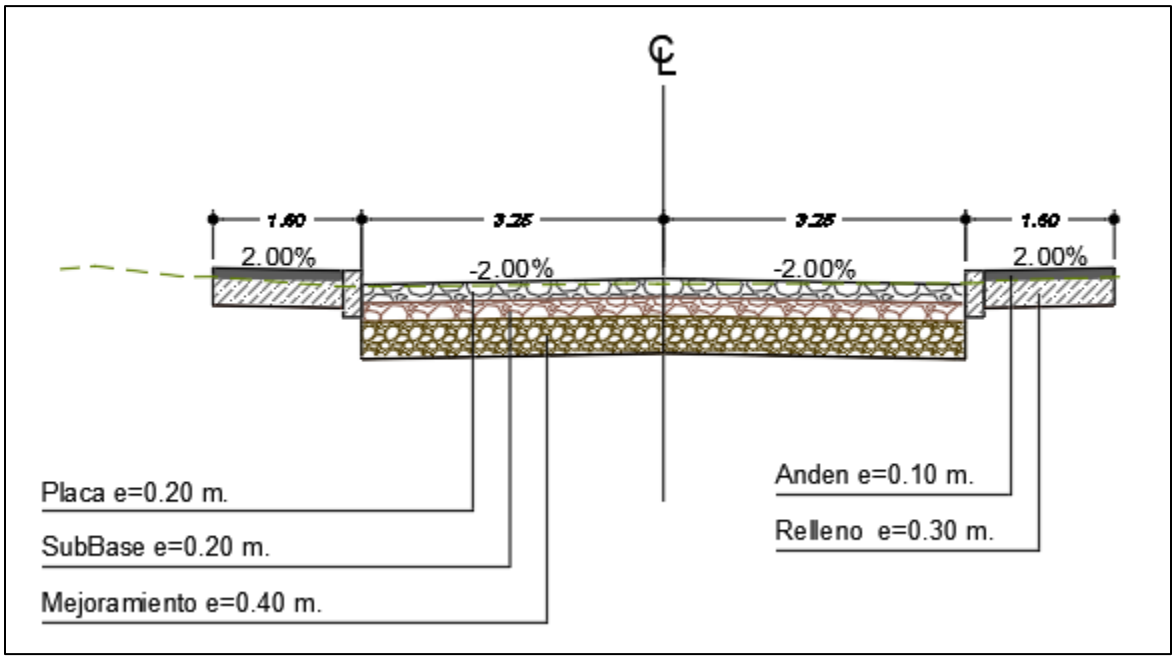
Eje 1 - Calle 16A entre las Carreras 3W y 7AW (Barrios Holanda y República de Panamá)



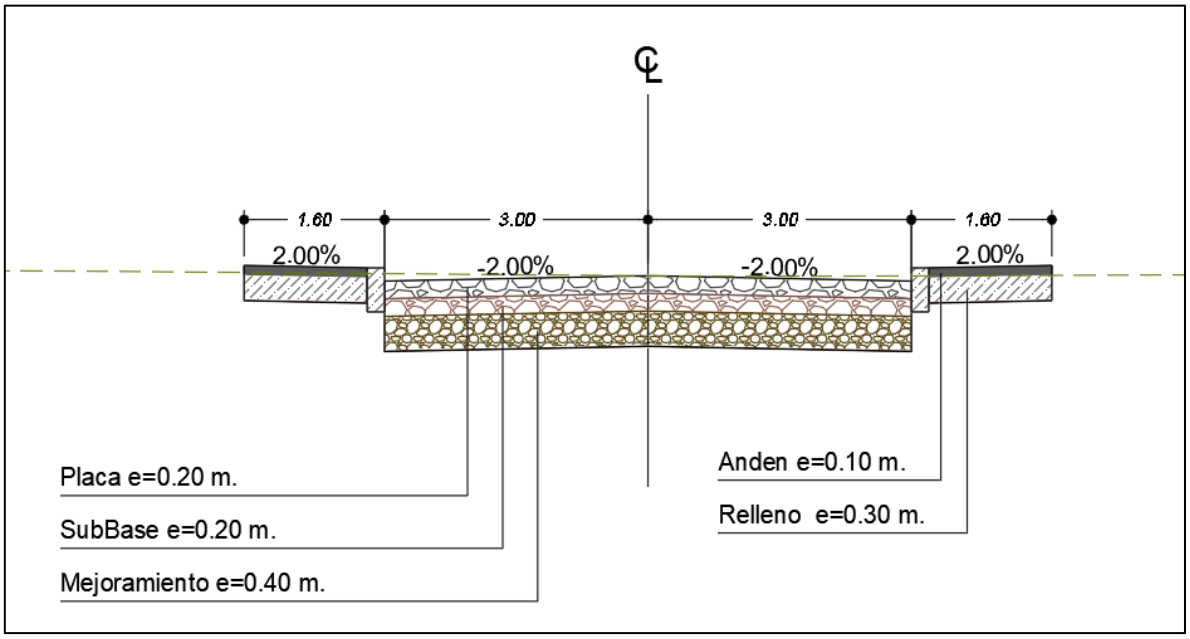
Eje 2 - Carrera 7W entre las Calles 16A y 17 (Barrios Holanda y República de Panamá)



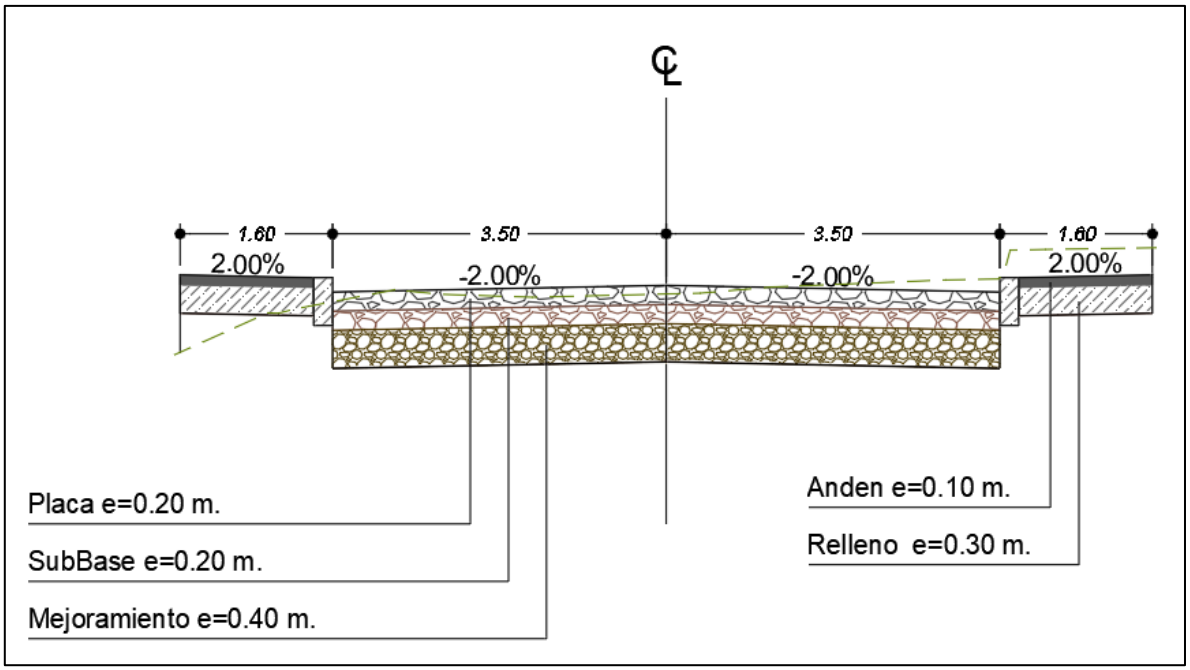
Eje 3 - Carrera 7AW entre las calles 18 y 20 (Barrios Holanda y República de Panamá)



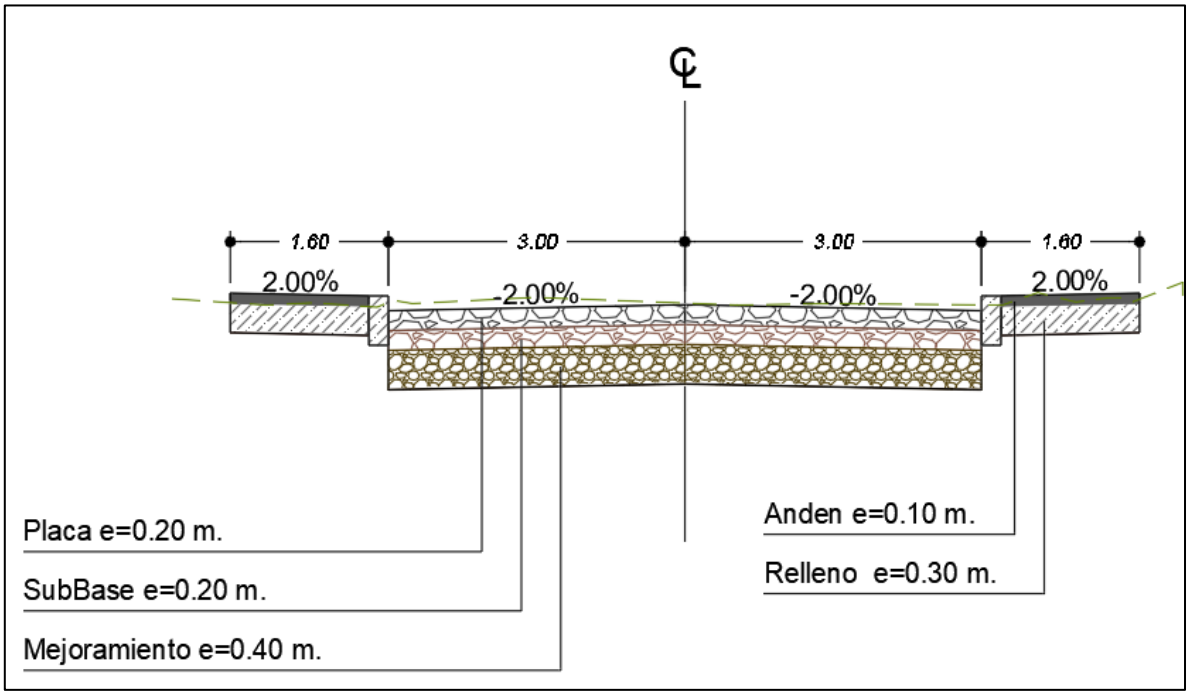
Eje 4 - Bajada de la Carrera 8W (Barrios Holanda y República de Panamá)



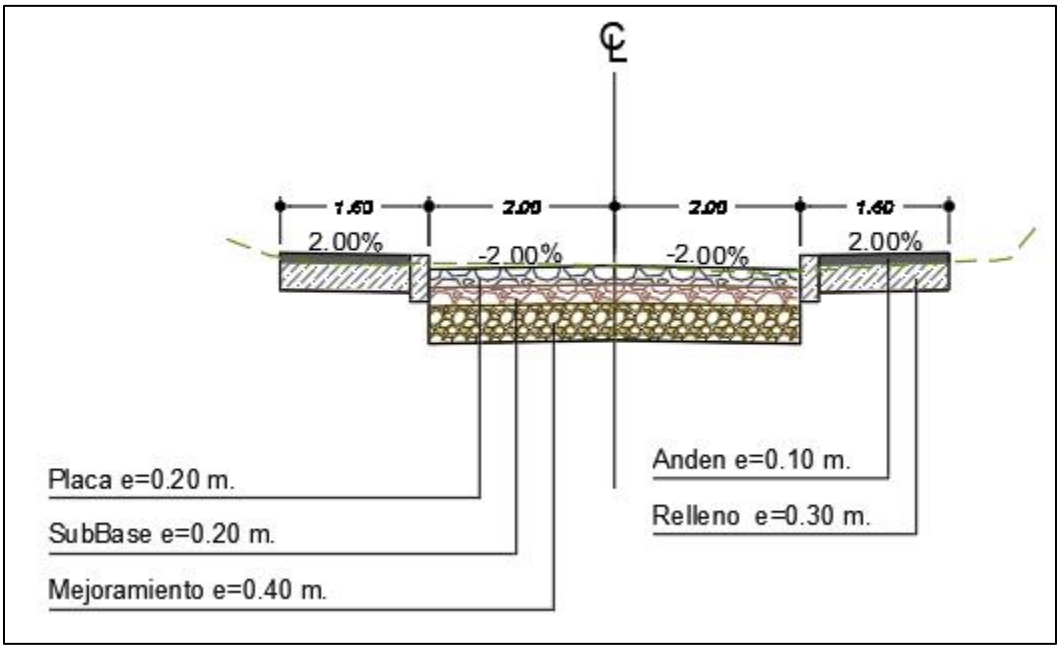
Eje 5 - Calle 19A entre la Calle 20 y Carrera 8AW (Barrios Holanda y República de Panamá)



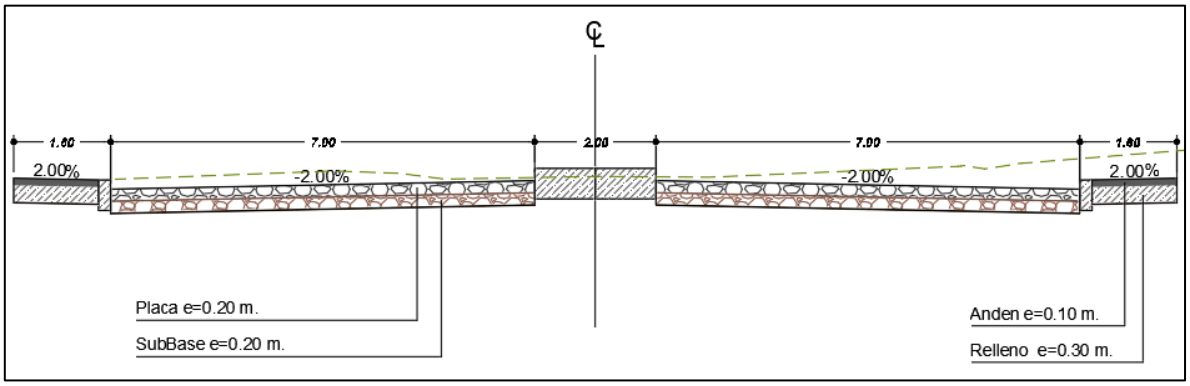
Eje 6 - Calle 1 entre la Carrera 2 y la vía Montería-Cereté (Barrios Mocarí e Inem)



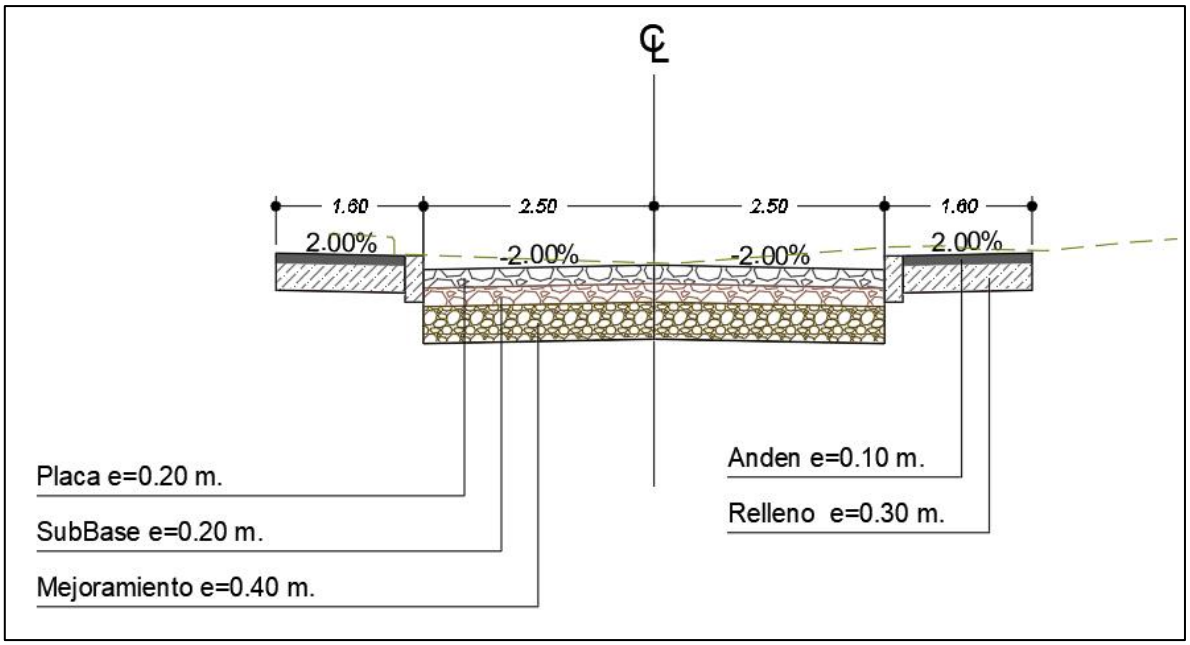
Eje 7 - Calle 94 entre la Calle 93 y Carrera 2A (Barrios Mocarí e Inem)



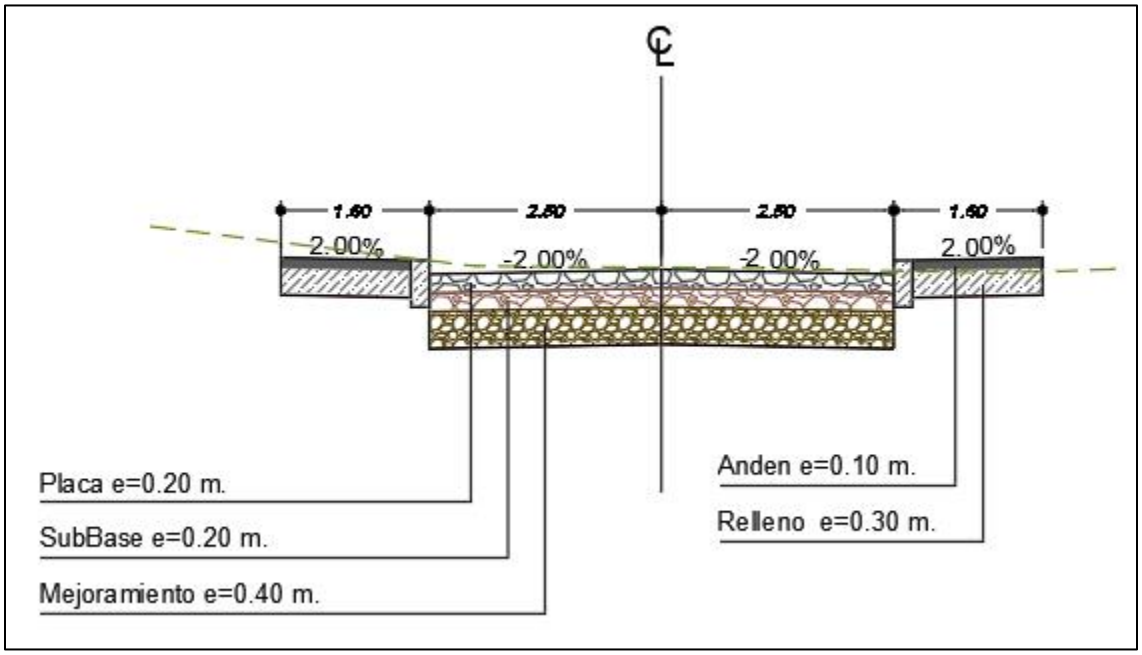
Eje 8 - Calle 95 entre la Carrera 4 y la vía Montería-Cereté (Barrios Mocarí e Inem)



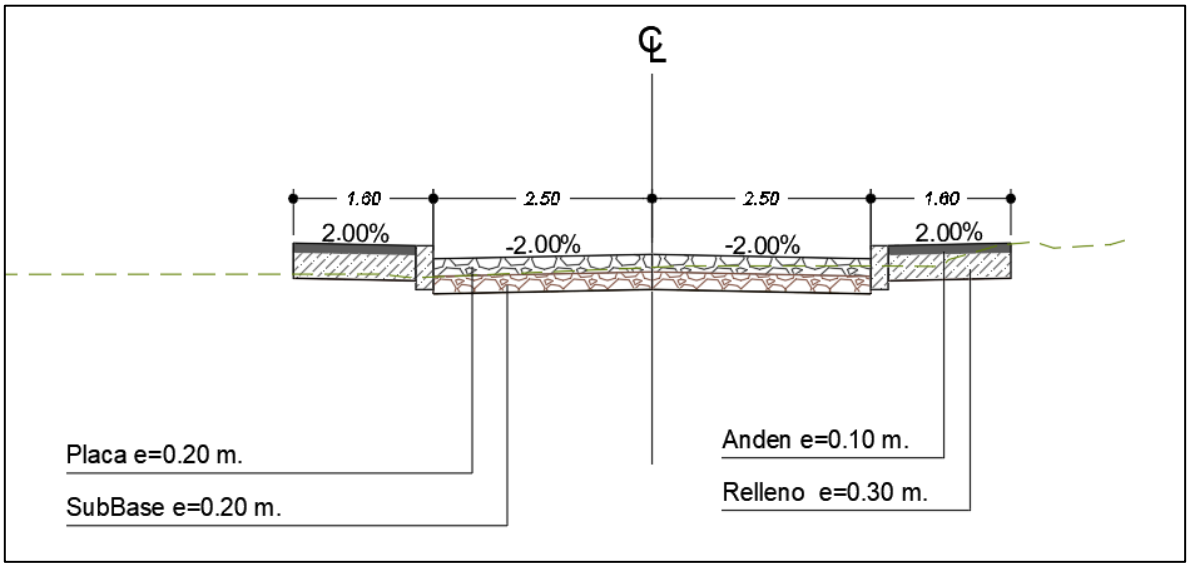
Eje 9 - Doble calzada Villa Melisa entre las Carreras 12A Y 26A (Barrios Villa Melissa, Furatena y Los Robles I)



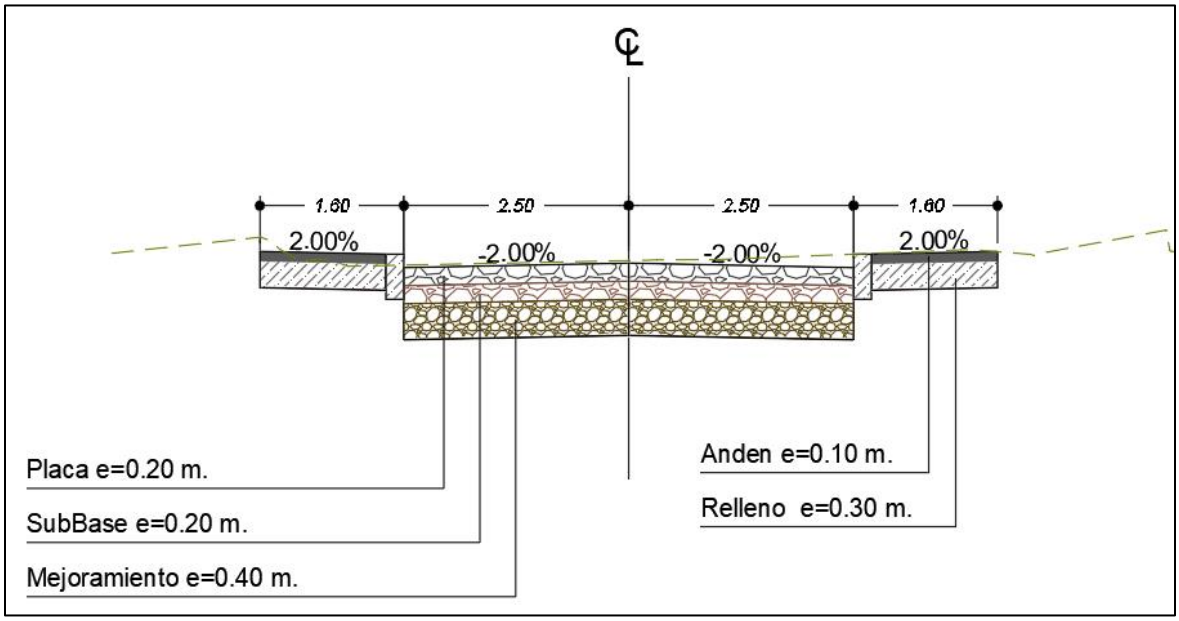
Eje 10 - Carrera 9A entre las Calles 23 y 24 (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



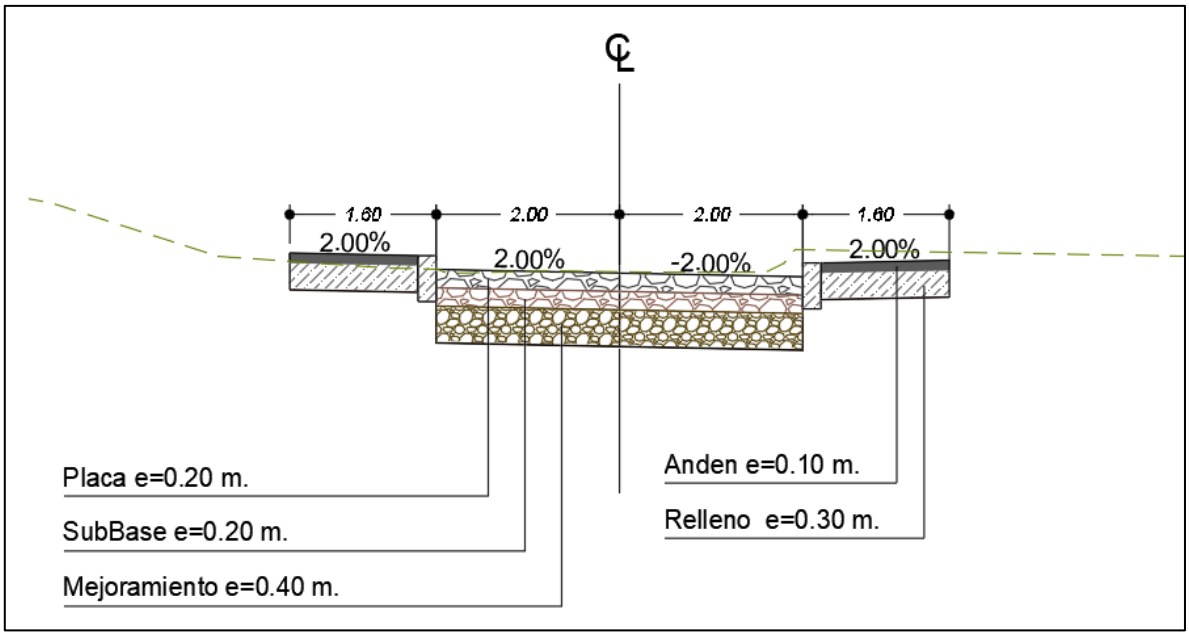
Eje 11 - Carrera 10 entre las Calles 22 y 22C (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



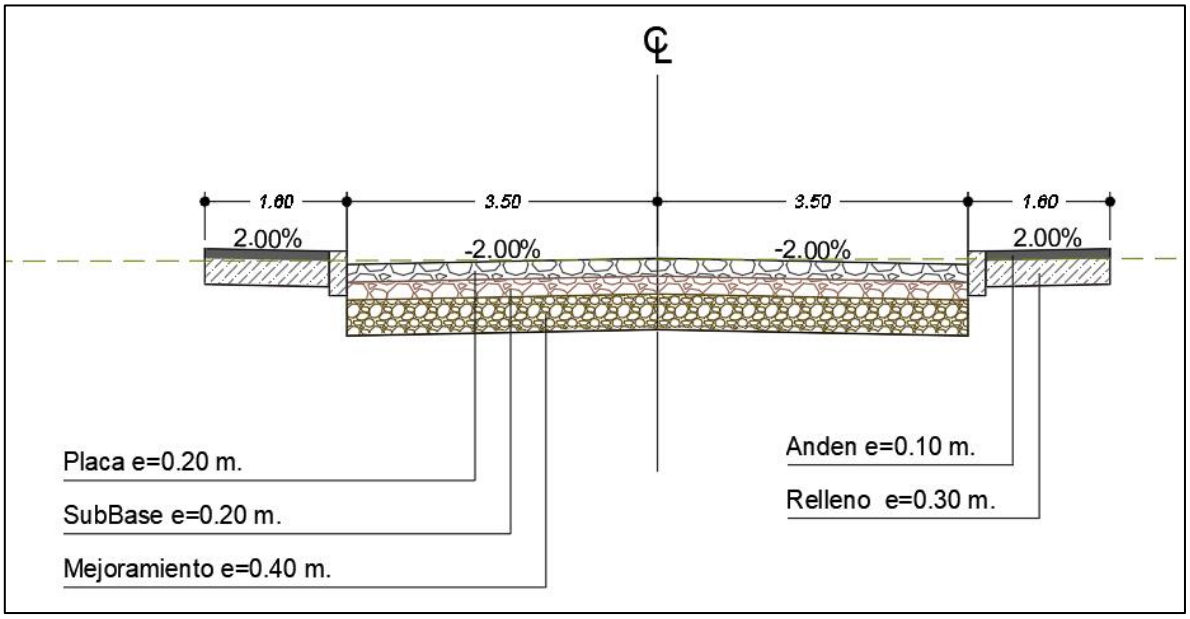
Eje 12 - Calle 17A entre las Carreras 8B y 9 (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



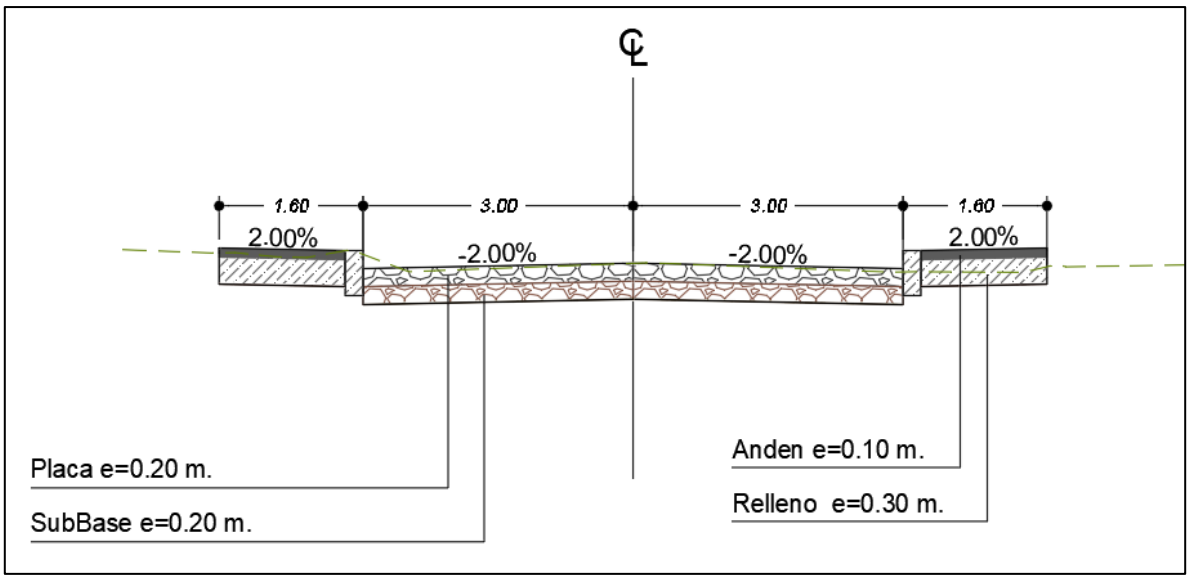
Eje 13 – Calle 18 entre las Carreras 8B y 9 (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



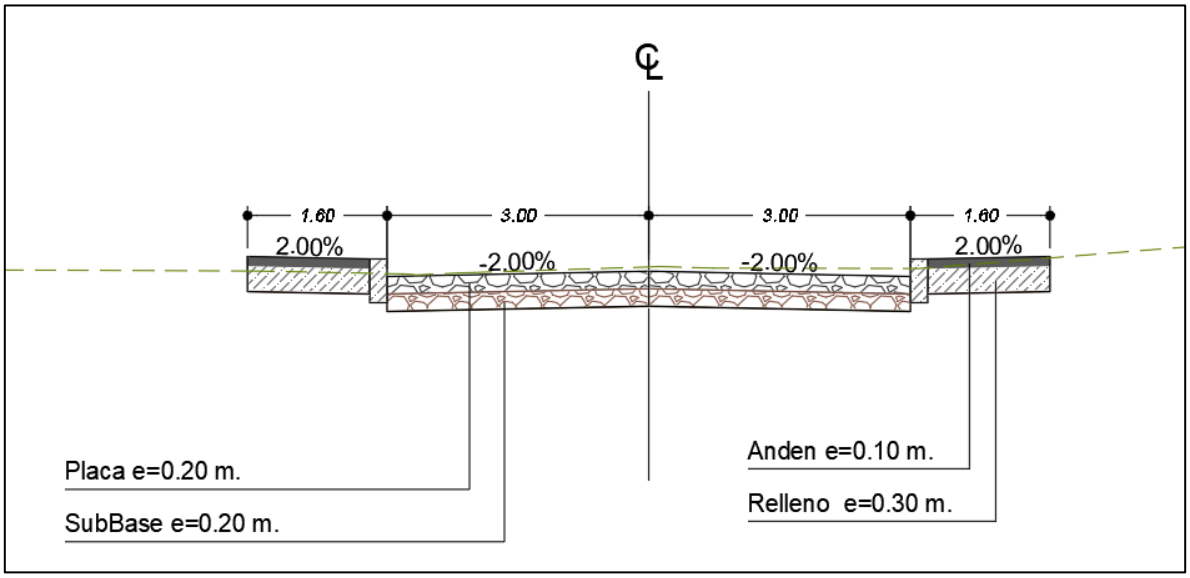
Eje 14 – Carrera 8C entre las Calles 14 y 15 (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



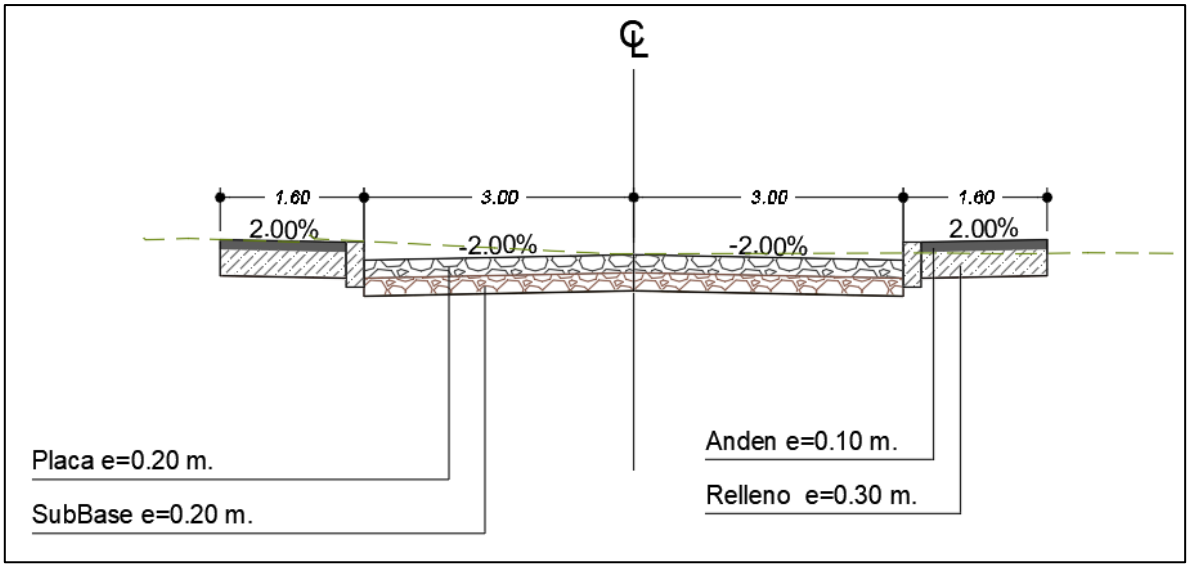
Eje 15 – Calle 14 entre las Carreras 8C y 8D (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



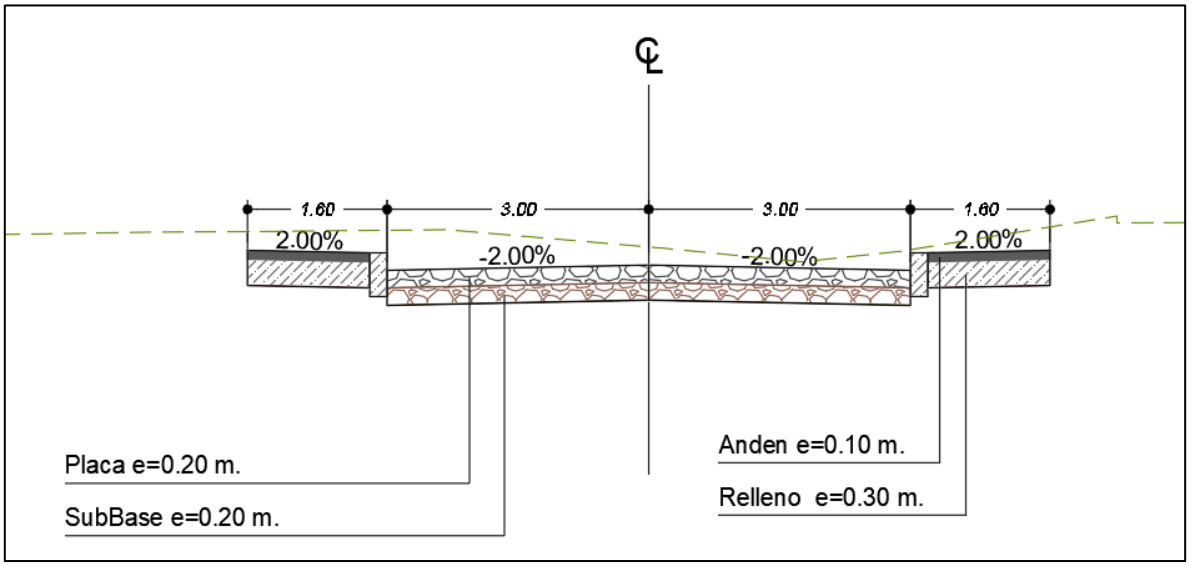
Eje 16 – Carrera 12 entre la Av. Circunvalar y Calle 14 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



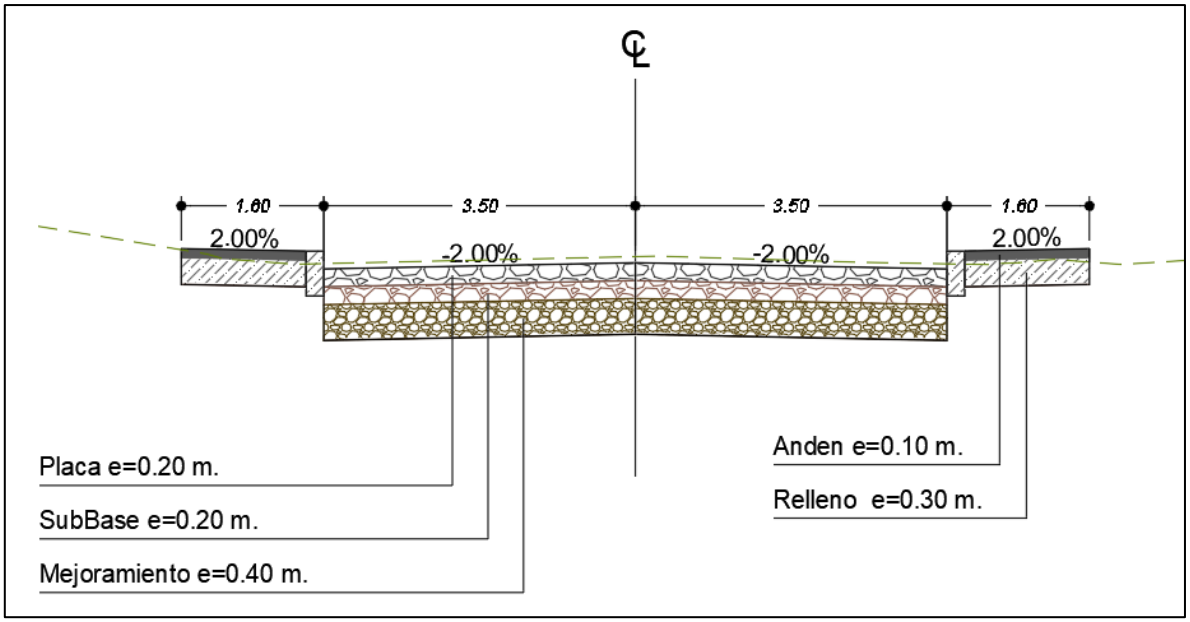
Eje 17 – Calle 14 entre las Carreras 9 y 12 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



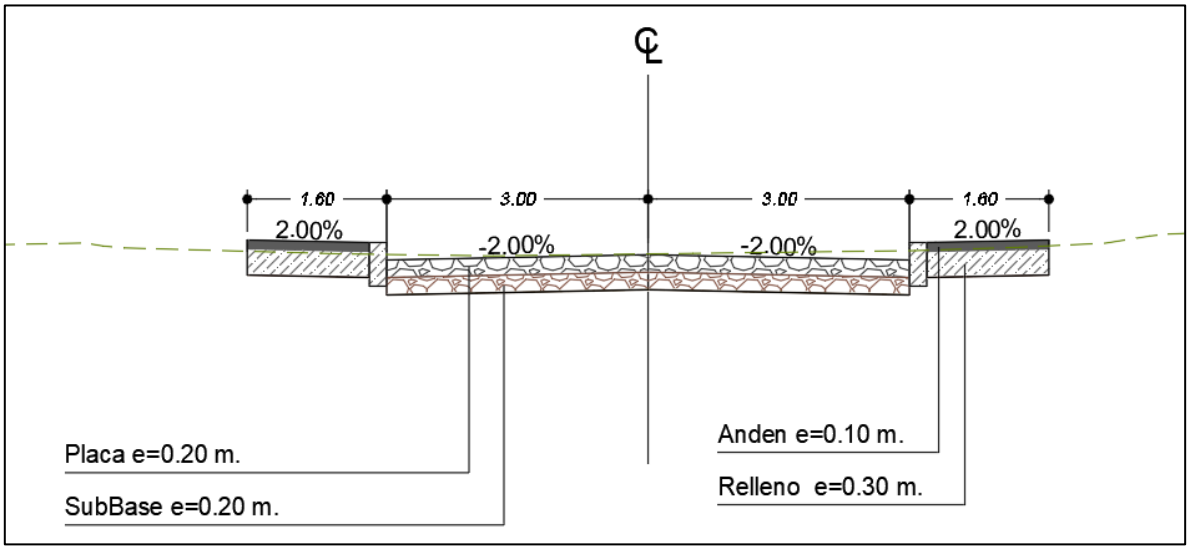
Eje 18 – Carrera 11 entre las Calles 15 y 16B (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



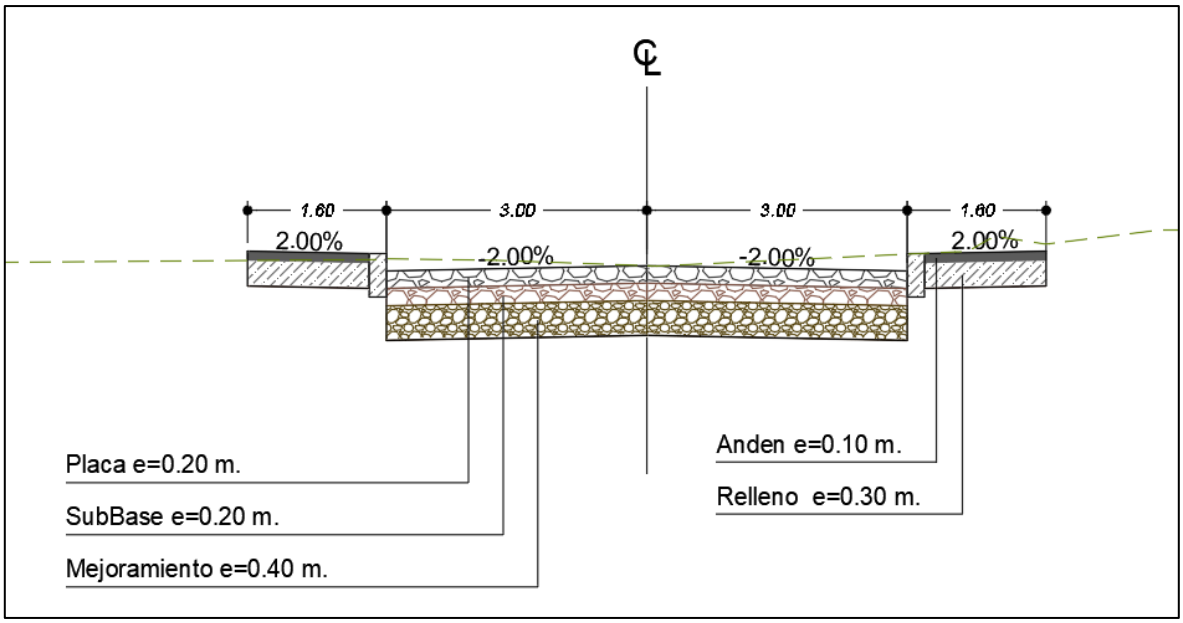
Eje 19 – Carrera 12 entre las Calles 16 y 16A (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



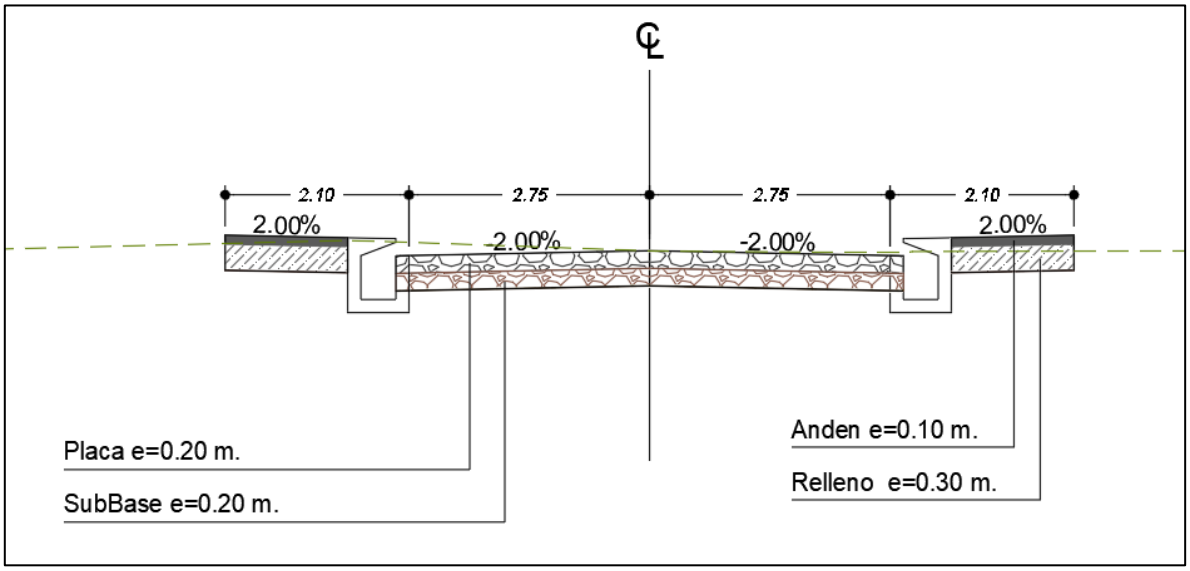
Eje 20 – Calle 15A entre las Carreras 13 y 14 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



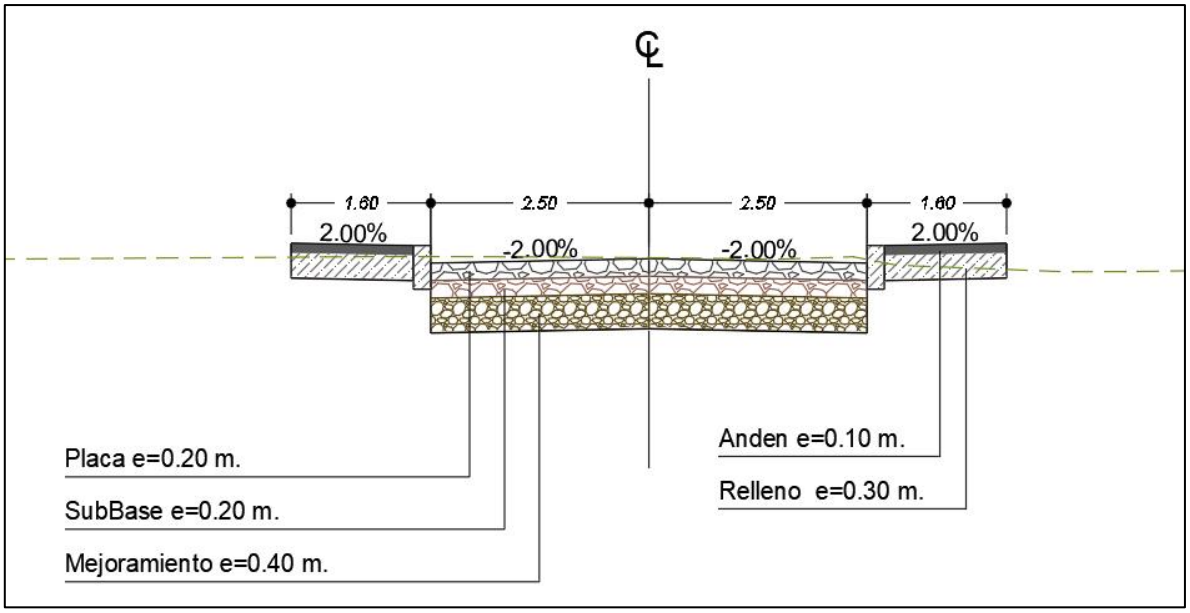
Eje 21 – Calle 15 entre la Av. Circunvalar y Calle 15 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



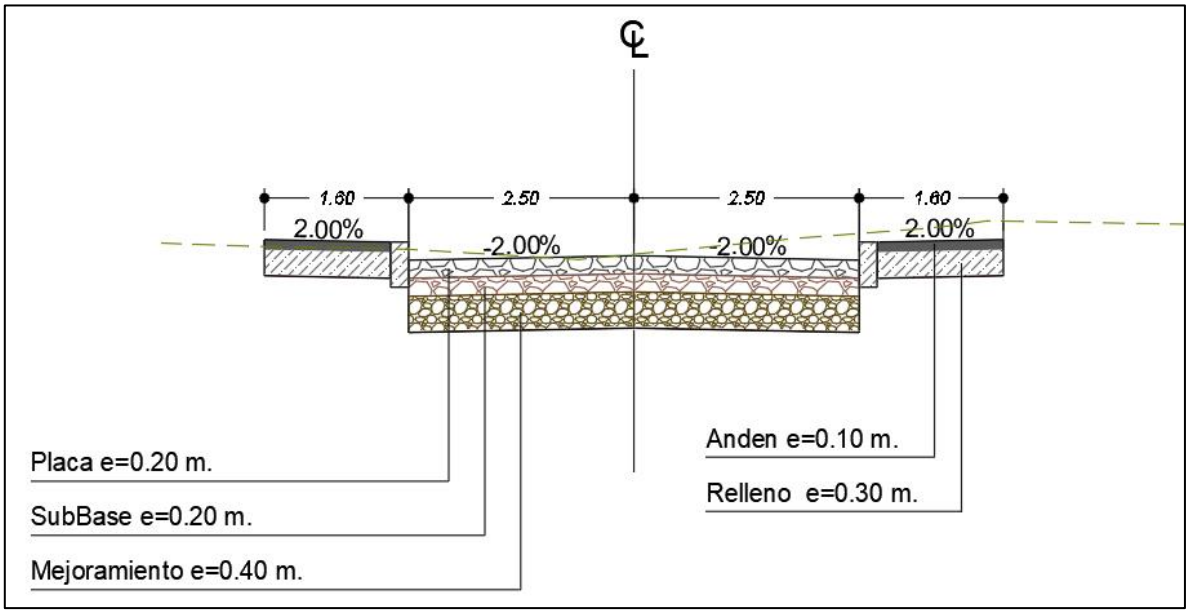
Eje 22 – Carrera 14B entre las Calles 13 y 15A (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



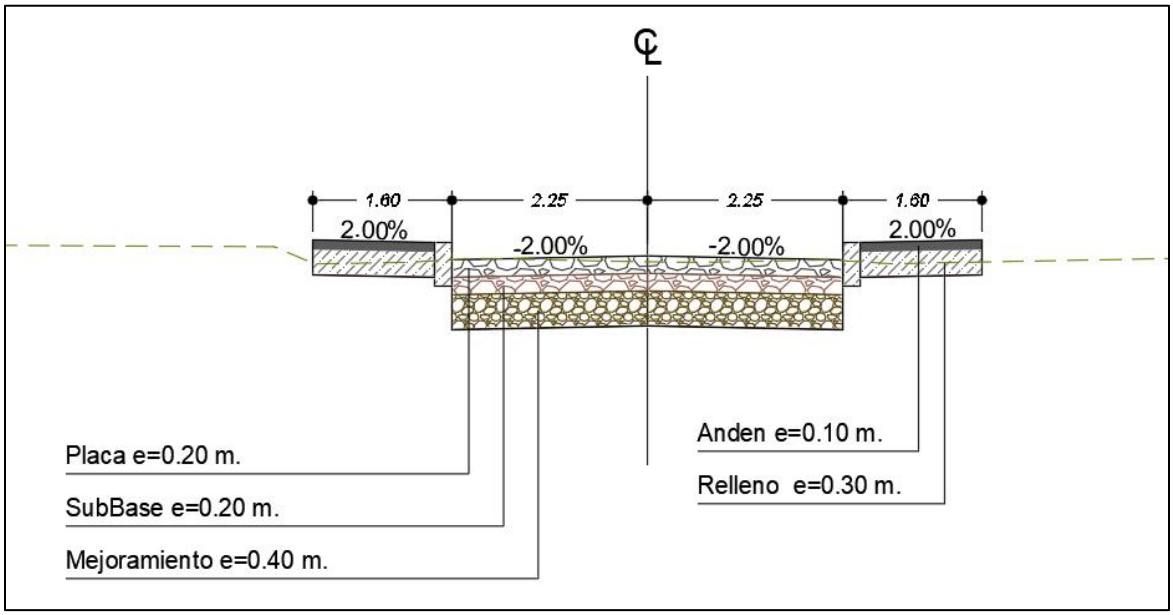
Eje 23 – Carrera 11 entre la Av. Circunvalar y Calle 14 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



Eje 24 – Carrera 8G entre la Calle 4 y Carrera 9 (Barrios Pablo VI, Villa Margarita, Alfonso Lopez, 2 De Septiembre, Los Araujos Y Nueva Esperanza)



Eje 25 – Calle 6A sur entre las Carreras 8F y 8G (Barrios Pablo VI, Villa Margarita, Alfonso Lopez, 2 De Septiembre, Los Araujos Y Nueva Esperanza)



Eje 26 – Calle 4 entre las Carreras 8F y 8G (Barrios Pablo VI, Villa Margarita, Alfonso Lopez, 2 De Septiembre, Los Araujos Y Nueva Esperanza)

Figura 2. Secciones Transversales Típicas

5.6 RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMÍN)

El radio mínimo ($R_{Cmín}$) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (V_{CH}) de acuerdo con el peralte máximo ($e_{máx}$) y el coeficiente de fricción transversal máxima ($f_{Tmáx}$). El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

$$R_{Cmín} = \frac{(V_{CH})^2}{127 * (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

En la Tabla 5 y Tabla 6 se indican los valores de Radio mínimo para diferentes Velocidades Específicas (V_{CH}) según el peralte máximo ($e_{máx}$) y la fricción máxima ($f_{Tmáx}$).

Tabla 5 Radios Mínimos para peralte máximo de 8%

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente. MDG 2008

Tabla 6 Radios Mínimos para peralte máximo de 6%

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.

Fuente. MDG 2008

5.7 PERALTES

De acuerdo con la metodología propuesta en el manual de diseño geométrico, se determinó el valor del peralte para los radios superiores al mínimo. La transición de los diagramas de peralte se realizó con base a lo descrito en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 3.

Figura 3. Esquema General de Diagrama de Transición de Peraltes

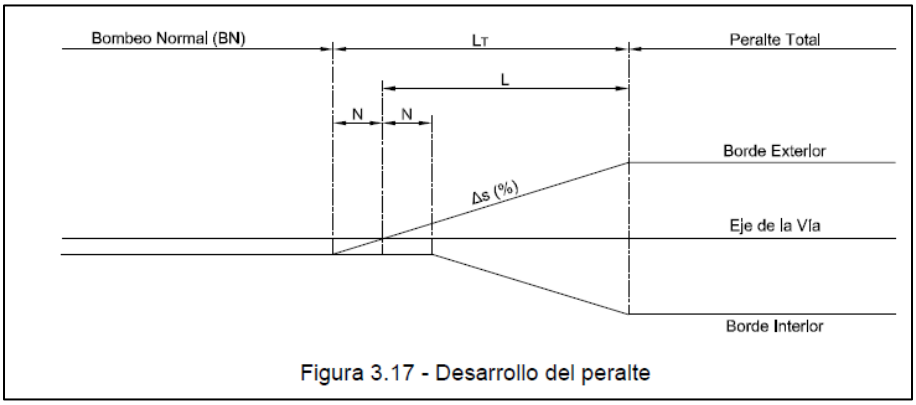


Figura 3.17 - Desarrollo del peralte

Fuente: Manual de diseño Geométrico de Vías – INVIAS – MT 2008

5.8 LONGITUD DE TRANSICIÓN DEL PERALTE

Mediante la longitud de transición se realizará el paso gradual del bombeo normal a peralte máximo, de acuerdo con lo descrito en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, por lo tanto, se encuentra en función del ancho de carril, peraltes y pendiente de la rampa de peralte. Con base en lo anterior la longitud de transición se determinó mediante la siguiente expresión, recomendada igualmente en el Manual de Diseño Geométrico de INVIAS – MT, Ed. 2008:

$$L = \frac{a_c * e}{\Delta_s}$$

Donde:

L = Longitud de transición del peralte
a_c = Ancho de Carril
e = Peralte máximo
Δ_s = Pendiente de la rampa de peraltes

Tabla 7 Valores Máximos y Mínimos de la Pendiente Longitudinal para Rampas de Peraltes

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	
30	1.28	0.1 x a
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

Fuente. MDG 2008

5.9 PERALTE MÁXIMO

Para vías de tipo 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.

Para este caso, se adopta la recomendación para vías urbanas con un peralte máximo del cuatro por ciento (4%)

5.10 PENDIENTE LONGITUDINAL

5.10.1 Pendiente Mínima

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de cero punto cinco por ciento (0.5%) como pendiente mínima deseable y cero punto tres por

ciento (0.3%) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable.

Para el presente diseño se empleó una pendiente mínima de 0.5 %, la cual garantiza el adecuado funcionamiento de las obras de conducción y descarga del agua de escorrentía superficial en la corona de la vía.

5.10.2 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 las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora (20 - 60 km/h), en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes.

Tabla 8 Pendiente Máxima en Función de la Velocidad Especifica

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. MDG 2008

5.11 CURVA VERTICAL CONVEXA

5.11.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad

De acuerdo con el criterio de seguridad, la longitud mínima se obtiene mediante la aplicación de la Distancia de Visibilidad de Parada (D_P). Se presentan dos relaciones entre la distancia de visibilidad (D_P) y la Longitud de la curva (L): Cuando $D_P < L$ y $D_P > L$. Las ecuaciones que se indican a

continuación presentan la longitud de la curva para cada relación, teniendo en cuenta la altura del ojo de conductor sobre la calzada (h1), que es igual a un metro con ocho centímetros (1.08 m), y la altura del obstáculo (h2), que es igual a sesenta centímetros (0.60 m).

Cuando DP < L:

$$L_{mín} = \frac{A * (D_P)^2}{200 * \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}$$

Donde:

$L_{mín}$ = Longitud mínima de la curva, en metros.
A = Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)
D_P = Distancia de visibilidad de parada, asociada a la Velocidad Especifica de la curva vertical (V_{CV}), en metros
h_1 = Altura del ojo del conductor, en metros. $h_1 = 1.08\ m$
h_2 = Altura del obstáculo, en metros. $h_2 = 0.60\ m$

Cuando DP > L:

$$L_{mín} = 2 * D_P - \frac{200 * \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}{A}$$

El control de la distancia de visibilidad de parada (D_P) también se puede hacer mediante el parámetro K, el cual es igual a la relación L/A (distancia horizontal, en metros necesaria para tener un cambio de pendiente de uno por ciento (1%) a lo largo de la curva). Lo anterior se traduce en:

$$L_{mín} = K_{mín} * A$$

5.11.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación

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:

$$L_{mín} = 0.6 * V_{CV}$$

Donde:

$L_{mín}$ = Longitud mínima según criterio de operación, en metros.
V_{CV} = Velocidad Específica de la curva vertical, en km/h

Las longitudes de curvas que permiten una distancia de visibilidad de adelantamiento son demasiado grandes comparadas con la aplicación de los controles anteriores y se generan valores que son imprácticos e inusuales. No se recomienda proporcionar distancia de visibilidad de adelantamiento en curvas verticales convexas.

5.11.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje

En el punto más alto de la cresta de una curva vertical convexa con pendiente S1 y S2 de diferente signo se tiene un corto tramo a nivel (pendiente = 0%), que dificulta el drenaje longitudinal, para lo cual la AASHTO – 2004 considera que un valor de A igual a cero punto seis por ciento (0.6%) en un tramo de la curva igual a treinta metros (30 m), provee el adecuado drenaje en el sector más plano de la curva.

$$K_{máx} = \frac{30}{0.6} = 50$$

Para garantizar el drenaje adecuado en la cresta de la curva vertical convexa se debe diseñar la curva con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

5.12 CURVA VERTICAL CÓNCAVA

5.12.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad

En las curvas cóncavas, el análisis de visibilidad considera las restricciones que se presentan en la noche y estima la longitud del sector de carretera iluminado hacia adelante, como la distancia de visibilidad. Dicha distancia depende de la altura de las luces delanteras del vehículo (H), para la cual se asume un valor de sesenta centímetros (0.60 m) y un ángulo de divergencia del rayo de luz hacia arriba ( ) respecto al eje longitudinal del vehículo de un grado (1°).

5.12.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación

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

$$L_{mín} = 0.6 * V_{CV}$$

Para la distancia de visibilidad de adelantamiento, de paso o de rebase, no es indispensable su cálculo, ya que es posible ver las luces del vehículo que viene en sentido contrario.

5.12.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje

Es necesario controlar la longitud máxima de la curva vertical cóncava para evitar el empozamiento de las aguas superficiales en la batea o punto más bajo de la curva. De acuerdo con este criterio, se debe diseñar la curva vertical cóncava con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

Tabla 9 Valores de Kmín para el Control de la Distancia de Visibilidad de Parada

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CV} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE $K_{mín}$				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.

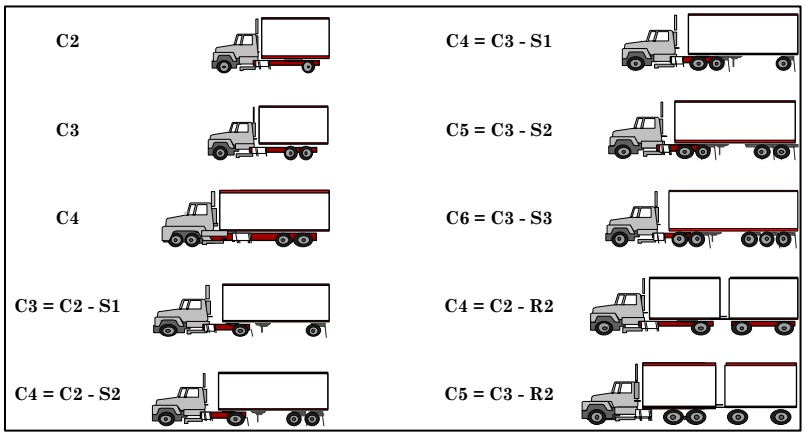
Fuente. MDG 2008

5.13 VEHÍCULO DE DISEÑO

De acuerdo con las recomendaciones del numeral No. 2.2 del Manual de Diseño Geométrico, y la tabla No. 2.4, relacionadas con el vehículo de Diseño, se utilizó como vehículo de diseño el vehículo tipo 3S2, que por sus dimensiones representa el vehículo 3S2 y 3S3, para la determinación de radios de giro requerido en enlaces y sobreancho de curvas en radios reducidos.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**4, se presenta la clasificación de vehículos de acuerdo con el número de ejes (Fuente: Ministerio del Transporte. Instituto Nacional de Vías, 2004).

Figura 4. Clasificación de Vehículos



Fuente: Manual de diseño Geométrico de Vías – INVIAS – MT 2009

5.14 RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

Con base en las unidades topográficas identificadas, la Velocidad de Diseño, el Tránsito de Diseño y la sección transversal típica adoptados, en la Tabla 10 se presentan los parámetros de diseño geométrico, de acuerdo con el Manual de Diseño de Carreteras del Ministerio de Transporte – INVIAS, Edición 2008.

Tabla 10 Parámetros de Diseño Geométrico

Tipo de Vía	Urbano	Numeral Manual Invias 2008
Terreno	Llano	
Velocidad de Diseño (K/h)	20.0	Tabla 2.1
Ancho de calzada (m)	4 - 7	Tabla 5.2
DVP - Visibilidad de parada	N.A.	Tabla 2.7
DVA - Visibilidad de Adelantamiento	N.A.	Tabla 2.9
Porcentaje de tramos de adelantamiento	N.A.	Tabla 2.10
Pendiente Max Relativa	0.96%	Tabla 3.6
Pendiente Min. Relativa	0.35%	Numeral 3.2.1
Peralte Max	4.00%	Numeral 3.1.3.2
Radio Mínimo (m)	21.0	Tabla 3.2 y 3.3
Pendiente long mínima	0.10%	Numeral 4.1.1
Pendiente long maxima	8.00%	Tabla 4.1
Longitud minima CV (m)	20.0	Tabla 4.4
K mínimo C. Vertical Convexa (m)	1.0	Tabla 4.4
K mínimo C. Vertical Concava (m)	3.0	Tabla 4.4

Fuente. Esta consultoría, 2024

6 NORMAS TÉCNICAS APLICADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO

Dentro de la normatividad técnica que se aplicará en los diseños geométricos definitivos de este proyecto se mencionan los siguientes:

- Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías INVIAS. 2008, el cual entró en vigencia de acuerdo con la Resolución 00744 del 4 de Marzo de 2009
- A Policy on Geometric Design of Higways and Streets – AASHTO 2004.
- Ley 105 de 1193

7 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PREVISIBLES

Teniendo en cuenta que el ancho de calzada y el trazado actual no cumplen con la especificación planteada, se generaron sitios de corte y relleno.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el alcance del proyecto no incluye los puentes existentes, se realiza el empalme a las estructuras existentes, las cuales pueden reducir la calzada al ancho disponible en cada uno de estos.

Finalmente, las estructuras de drenaje serán revisadas y modificadas, en caso de que se requiera, por el área de hidráulica.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con base en el levantamiento topográfico, la velocidad de diseño, la sección transversal típica, los parámetros de diseño y las recomendaciones de las diferentes áreas que componen los Estudios y Diseños, se realizó el diseño geométrico, aplicando las recomendaciones de las tablas del manual de diseño de carreteras Ed. 2008, obteniendo como resultado el mostrado en los planos Planta – Perfil, adjuntos al presente documento.

- El diseño geométrico se realizó con el apoyo del software especializado Civil3D, a través de un proceso iterativo buscando la optimización del proyecto, atendiendo las recomendaciones de las diferentes áreas de los Estudios y Diseños.

- Como resultado del diseño Geométrico, se generaron los siguientes productos:

    - Planos Planta – Perfil, escala 1:250 horizontal y 1:25 vertical que incluyen la siguiente información:

        - Planta del proyecto, con el abscisado cada 5 metros y elementos de curvatura.
        - Sección Transversal Típica
        - Cuadros de Elementos de Curvatura.
        - Escala Grafica
        - Diagrama de peraltes.

    - Perfil del proyecto y diseño de rasante y diagrama de curvatura vertical.

        - Volúmenes de movimiento de tierras.
        - Cota negra y cota roja.
        - Notas generales.

    - Secciones transversales a escala 1:100

    - Carteras de diseño:

- Cuadro de Elementos Horizontales
- Cuadro de Elementos Verticales
- Cartera de Rasante
- Cartera de Chaflanes
- Cartera de Volúmenes de Movimiento de Tierras

Anexo No. 1 Planos Planta Perfil

Anexo No. 2 Planos Secciones Transversales

Anexo No. 3 Carteras de Diseño