CONTINUACIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO DE VIAS

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

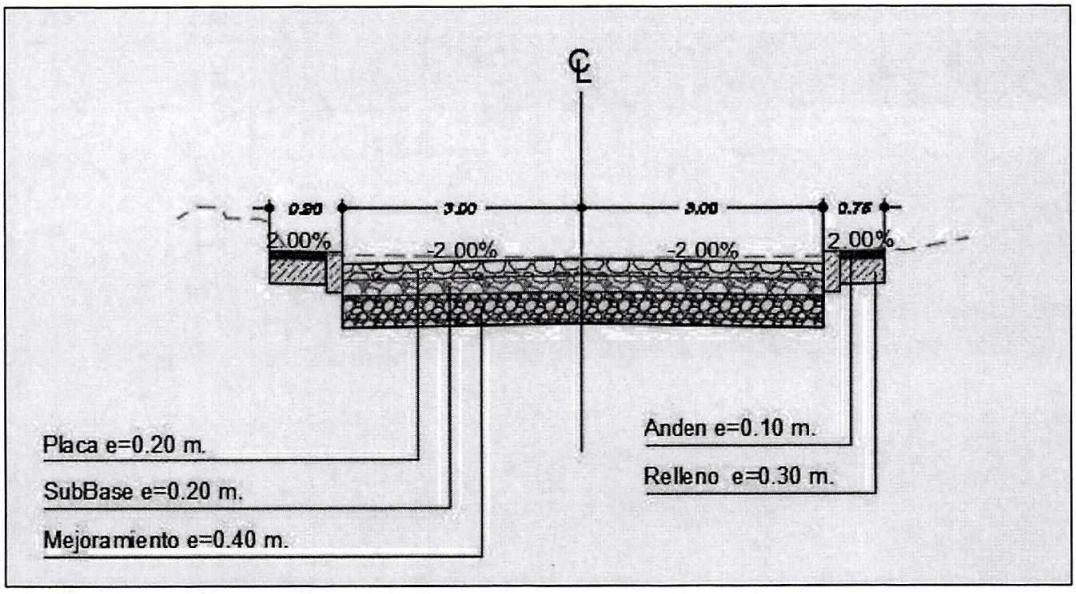
- Ancho de berma: NA metros

5.4 BOMBEO

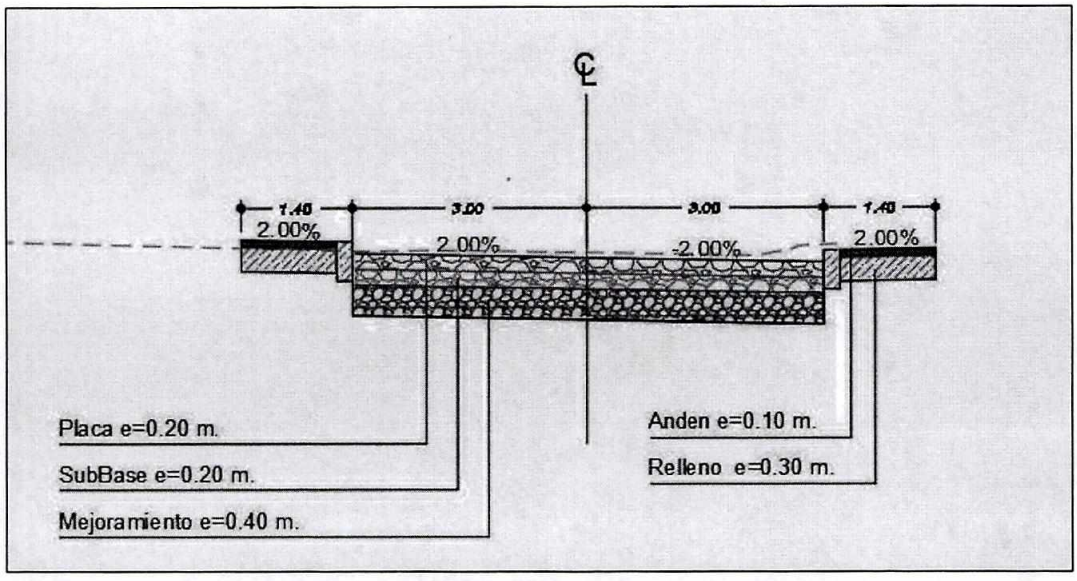
Para el presente diseño se implementó el bombeo normal del 2% del eje de vía hacia los costados de la misma, lo cual garantiza el tránsito de la escorrentía superficial hacia las obras de conducción tipo berma cuneta.

5.5 SECCIÓN TRANSVERSAL

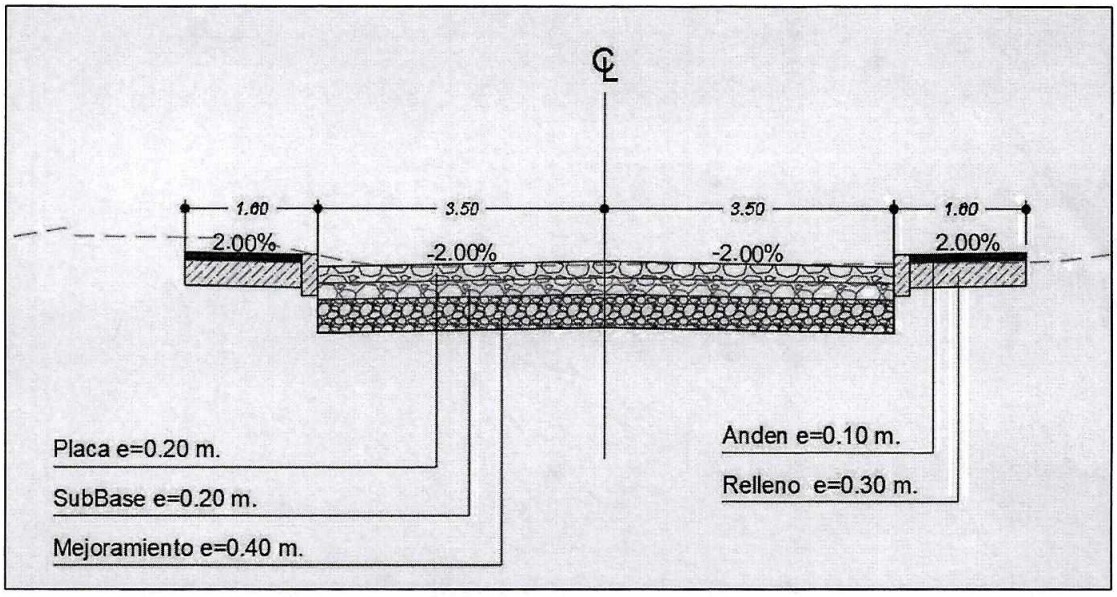
A continuación, se presentan las secciones transversales adoptadas, de acuerdo con el manual de diseño geométrico para todas las vías correspondientes al Grupo 2.



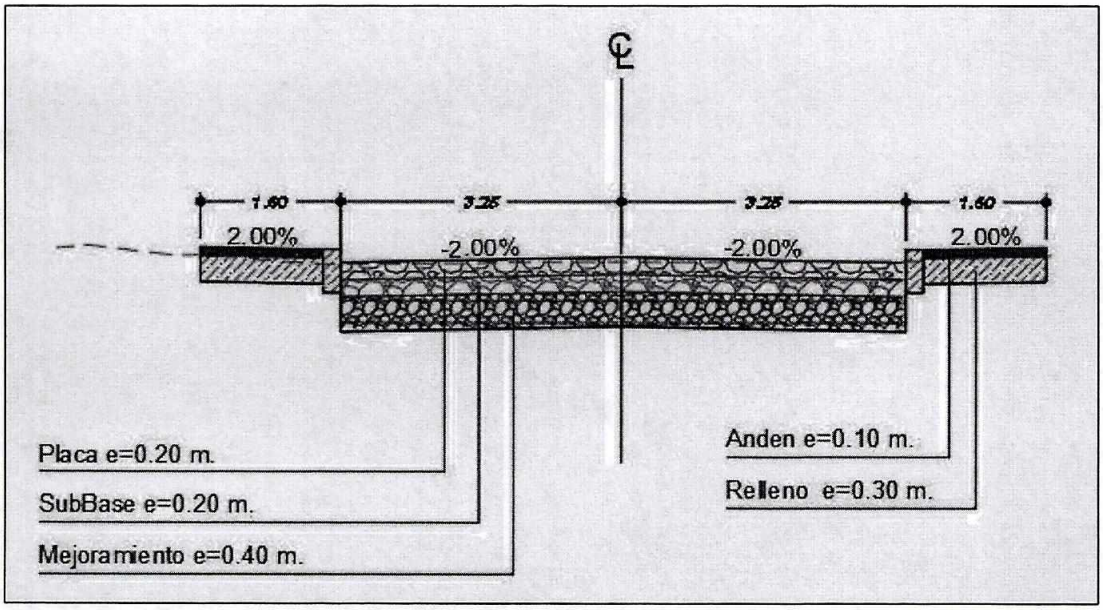
Eje 1 - Calle 16A entre las Carreras 3W y 7AW (Barrios Holanda y República de Panamá)



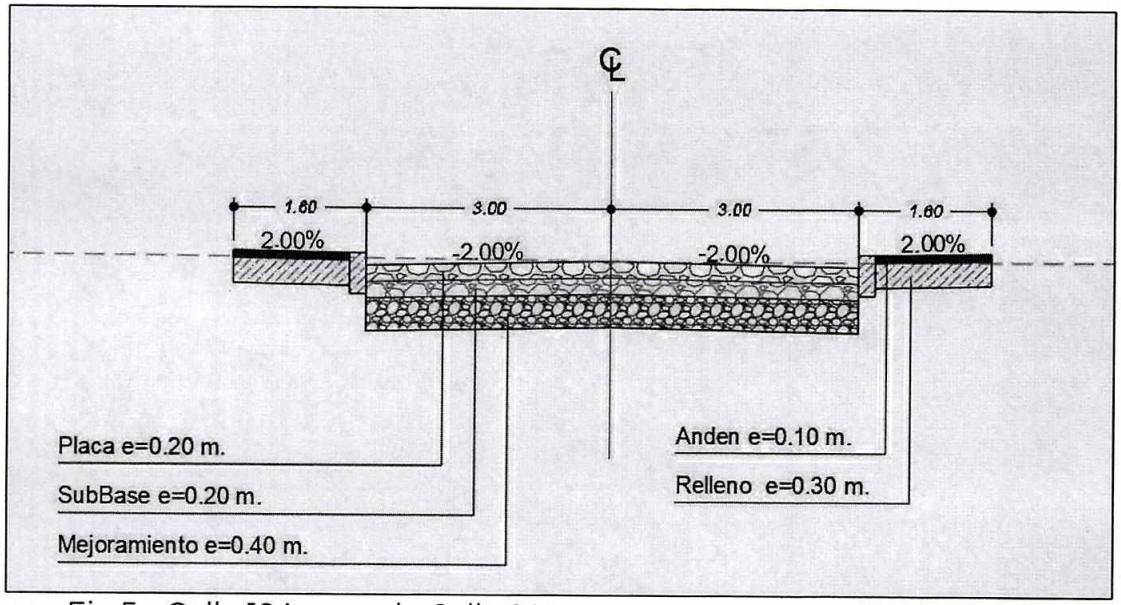
Eje 2 - Carrera 7W entre las Calles 16A y 17 (Barrios Holanda y República de Panamá)



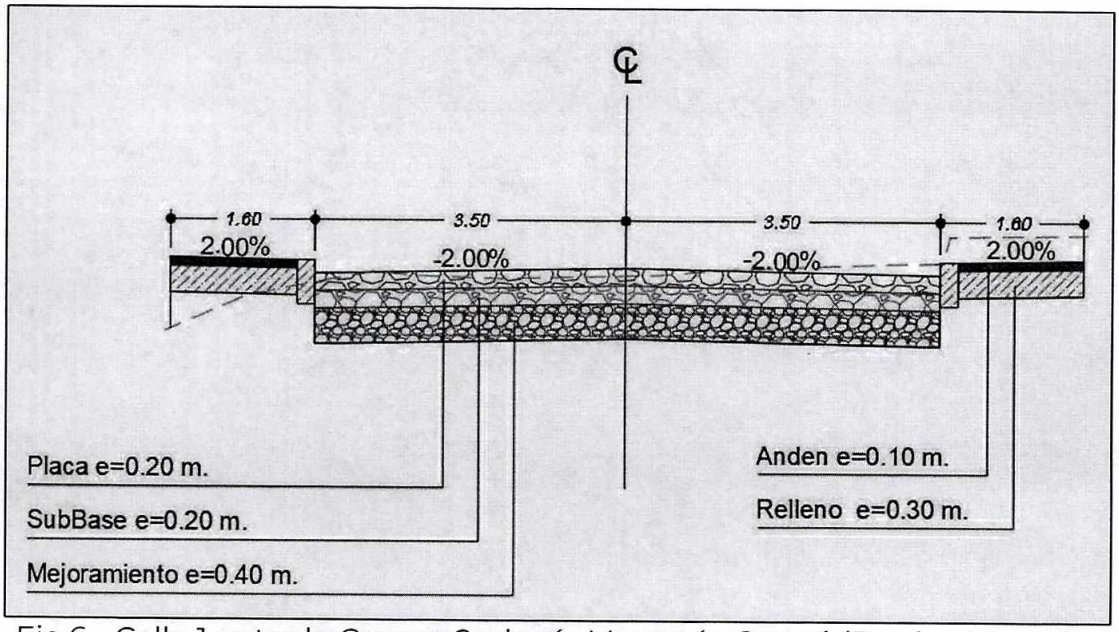
Eje 3 - Carrera 7AW entre las calles 18 y 20 (Barrios Holanda y República de Panamá)



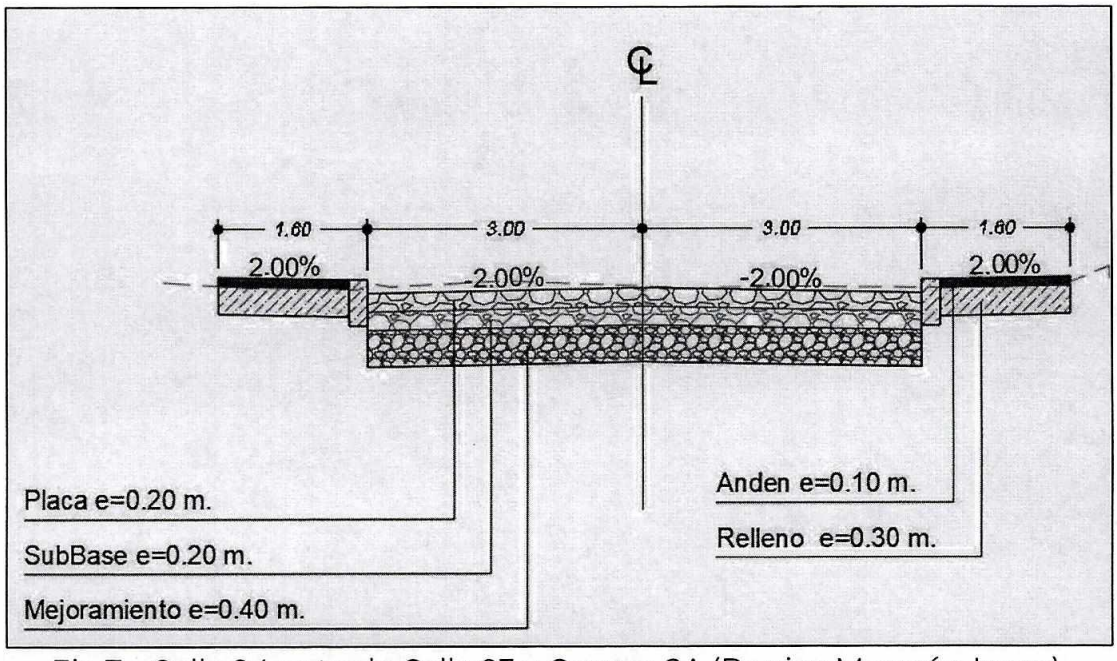
Eje 4 - Bajada de la Carrera 8W (Barrios Holanda y República de Panamá)



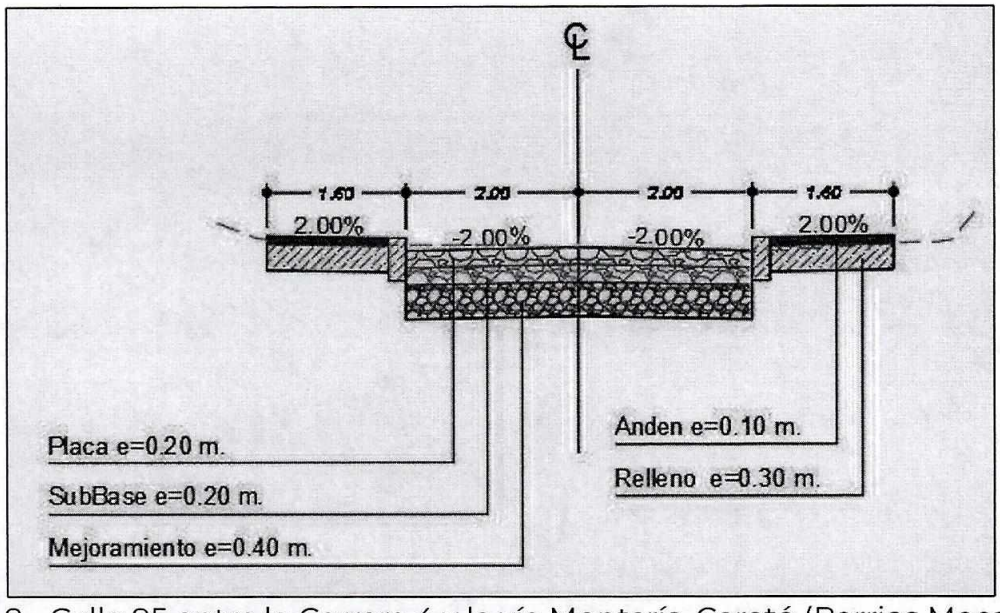
Eje 5 - Calle 19A entre la Calle 20 y Carrera 8AW (Barrios Holanda y República de Panamá)



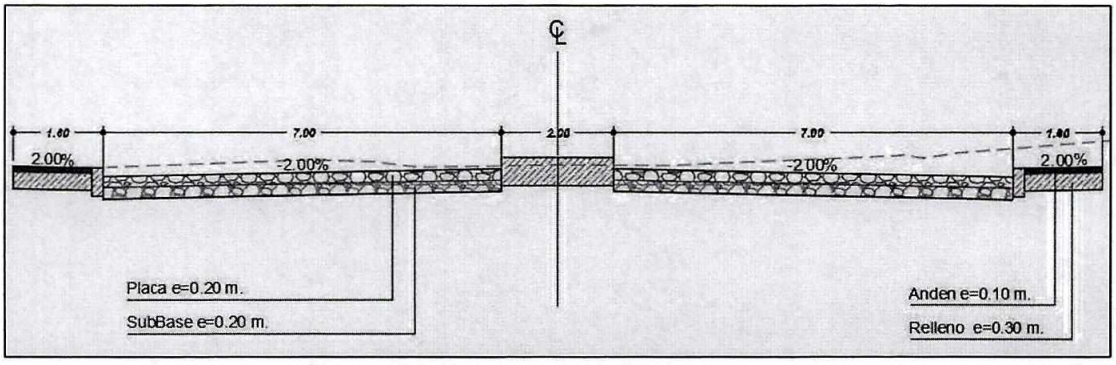
Eje 6 - Calle 1 entre la Carrera 2 y la vía Montería-Cereté (Barrios Mocarí e Inem)



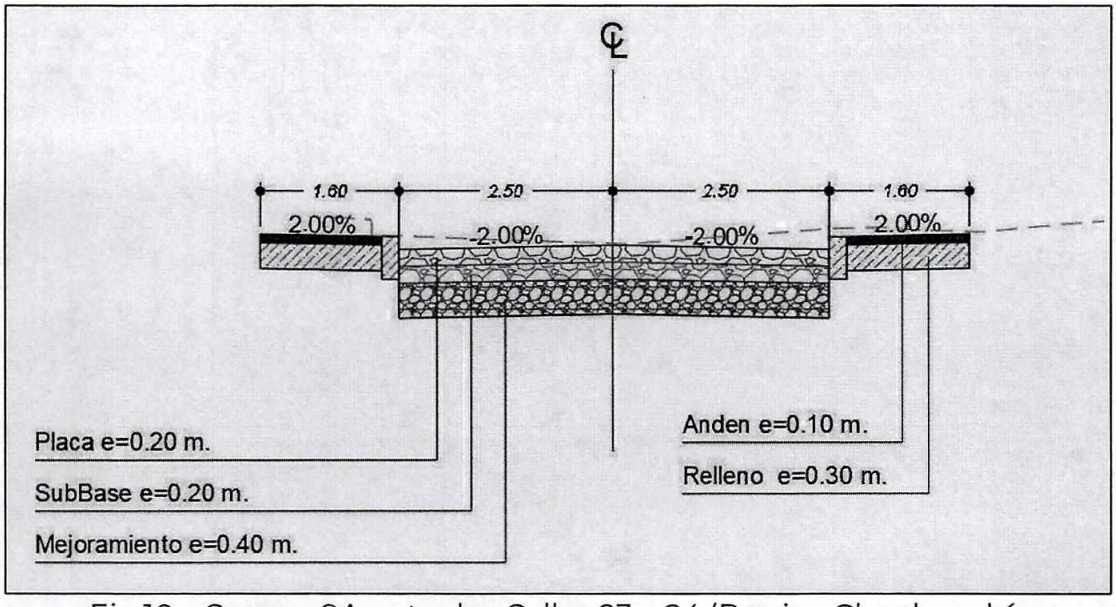
Eje 7 - Calle 94 entre la Calle 93 y Carrera 2A (Barrios Mocarí e Inem)



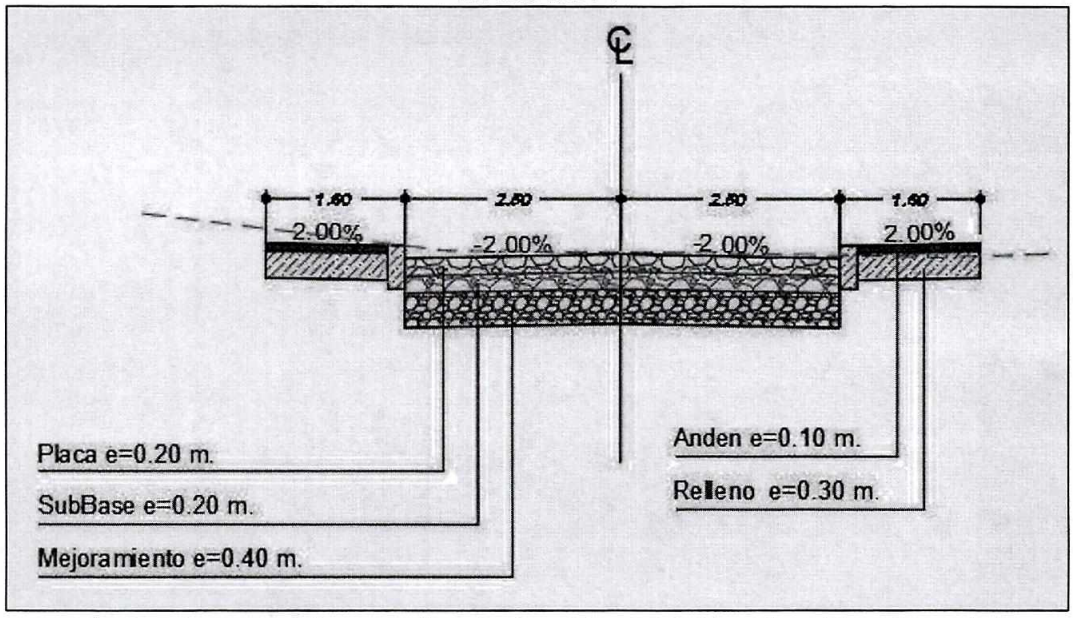
Eje 8 - Calle 95 entre la Carrera 4 y la vía Montería-Cereté (Barrios Mocarí e Inem)



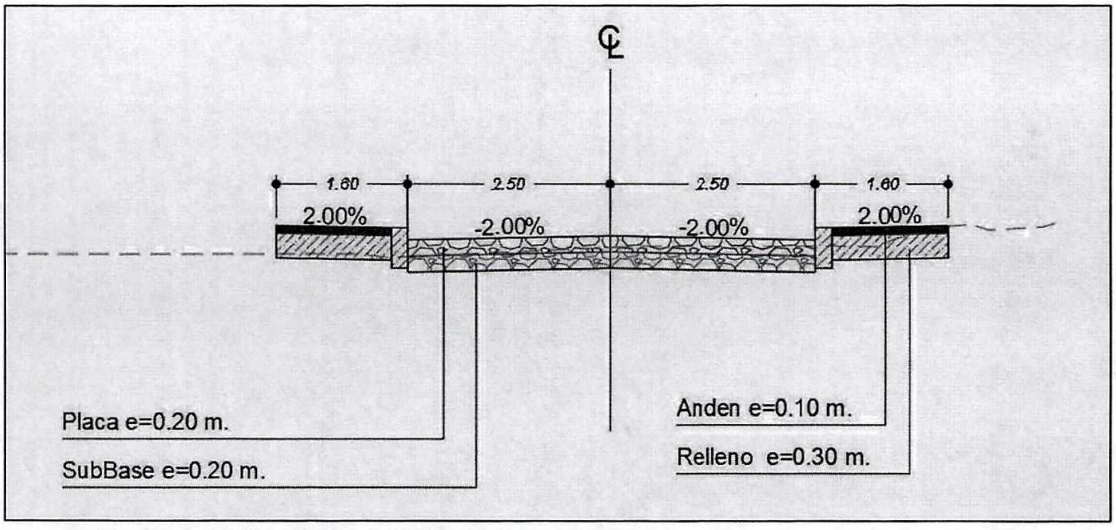
Eje 9 - Doble calzada Villa Melisa entre las Carreras 12A Y 26A (Barrios Villa Melissa, Furatena y Los Robles I)



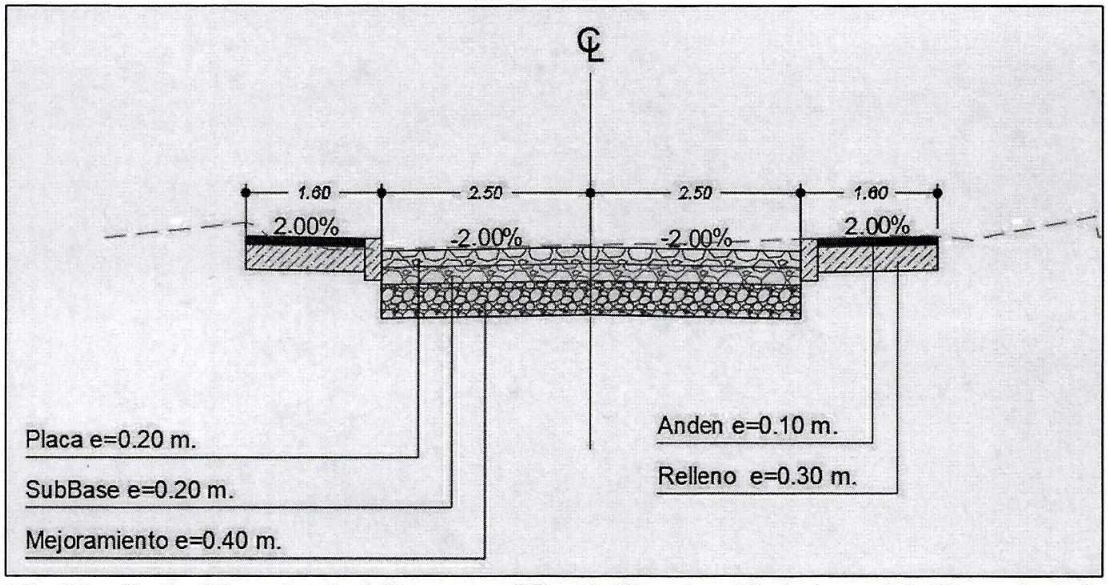
Eje 10 - Carrera 9A entre las Calles 23 y 24 (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



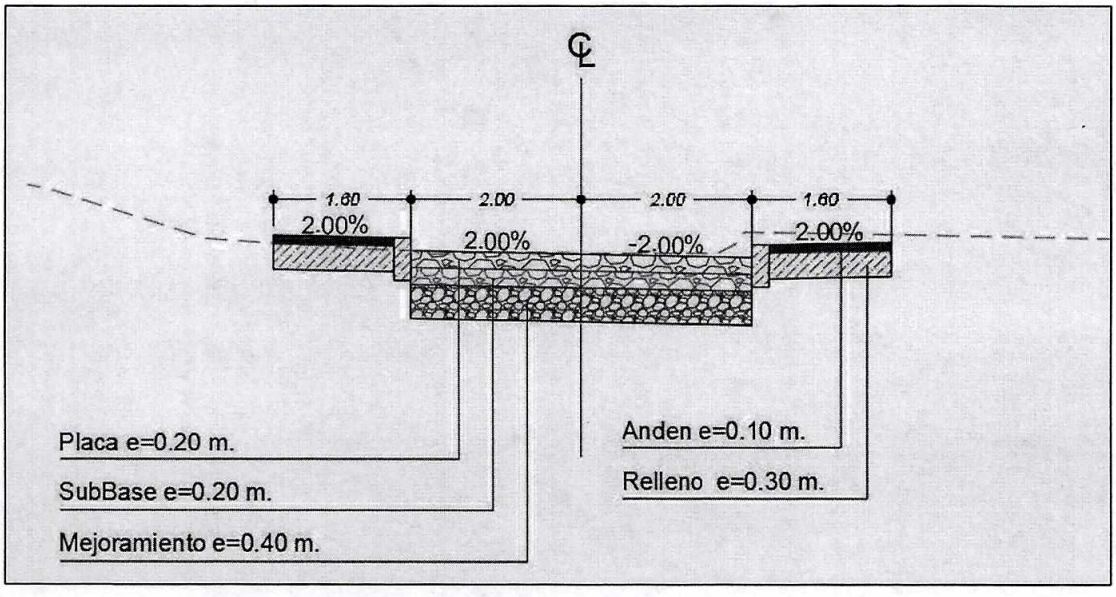
Eje 11 - Carrera 10 entre las Calles 22 y 22C (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



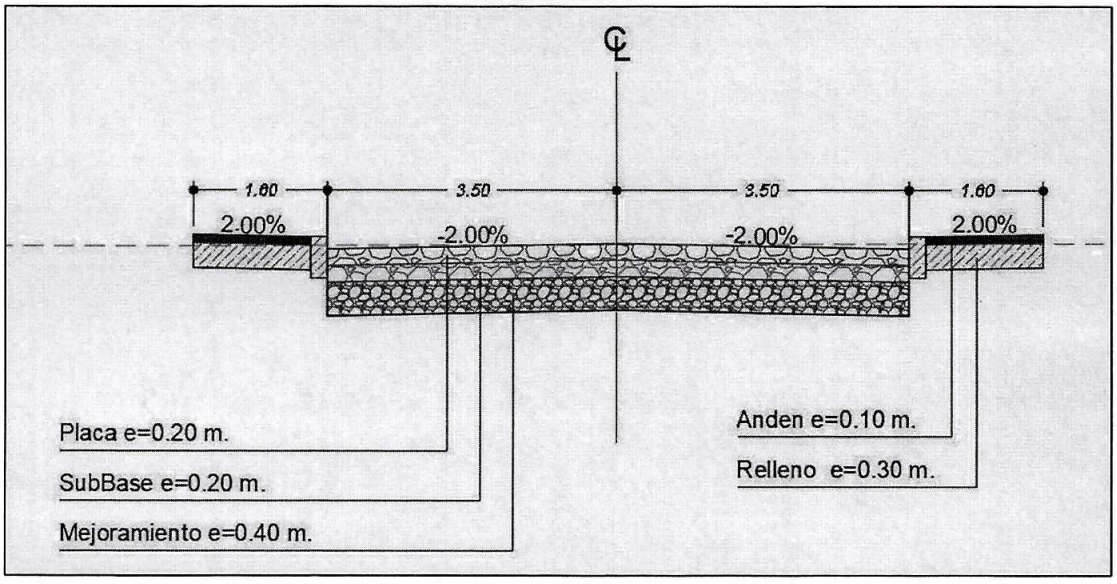
Eje 12 - Calle 17A entre las Carreras 8B y 9 (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



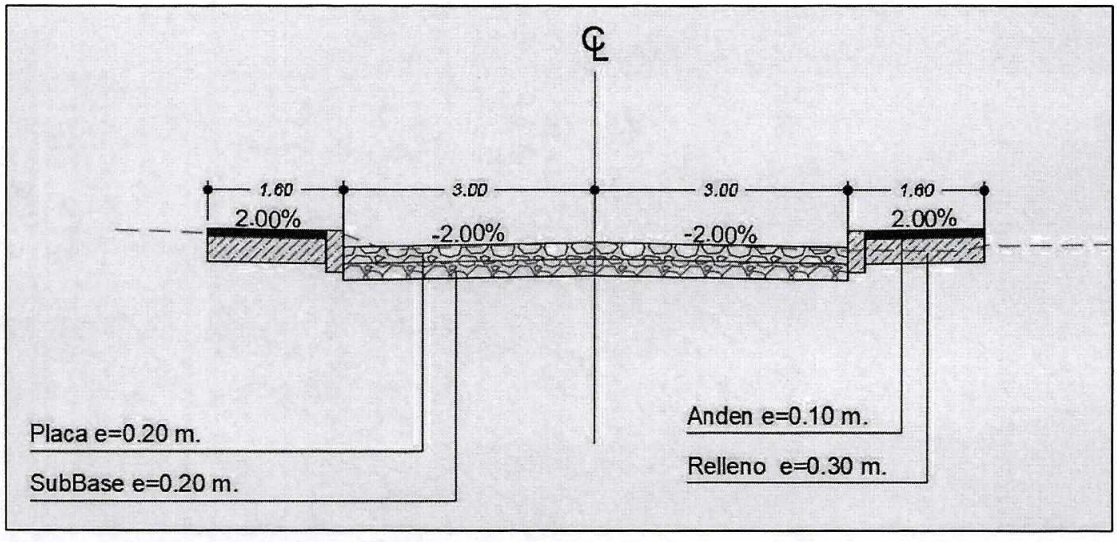
Eje 13 – Calle 18 entre las Carreras 8B y 9 (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



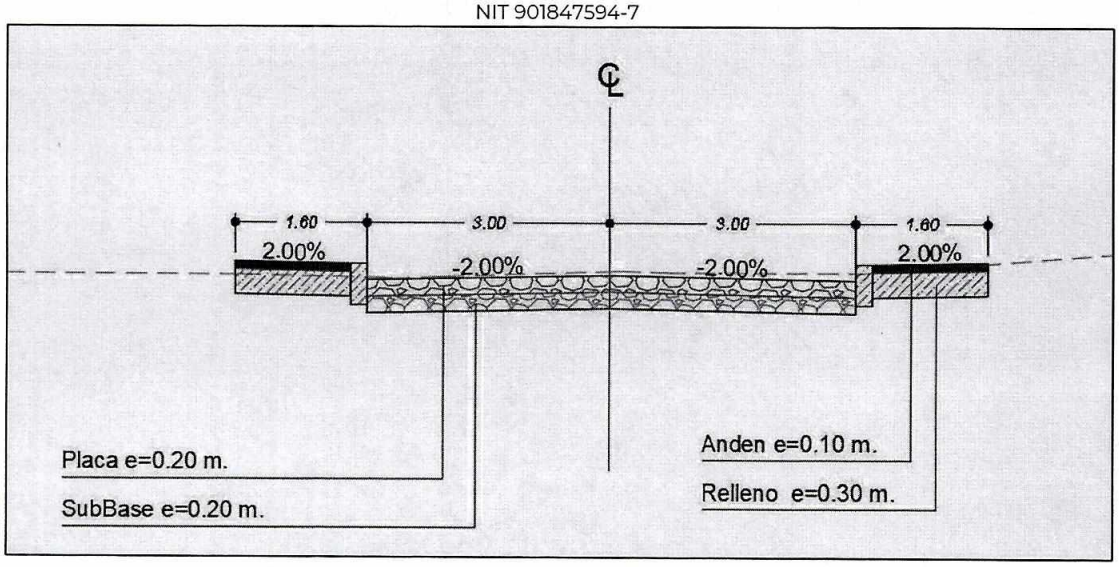
Eje 14 – Carrera 8C entre las Calles 14 y 15 (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



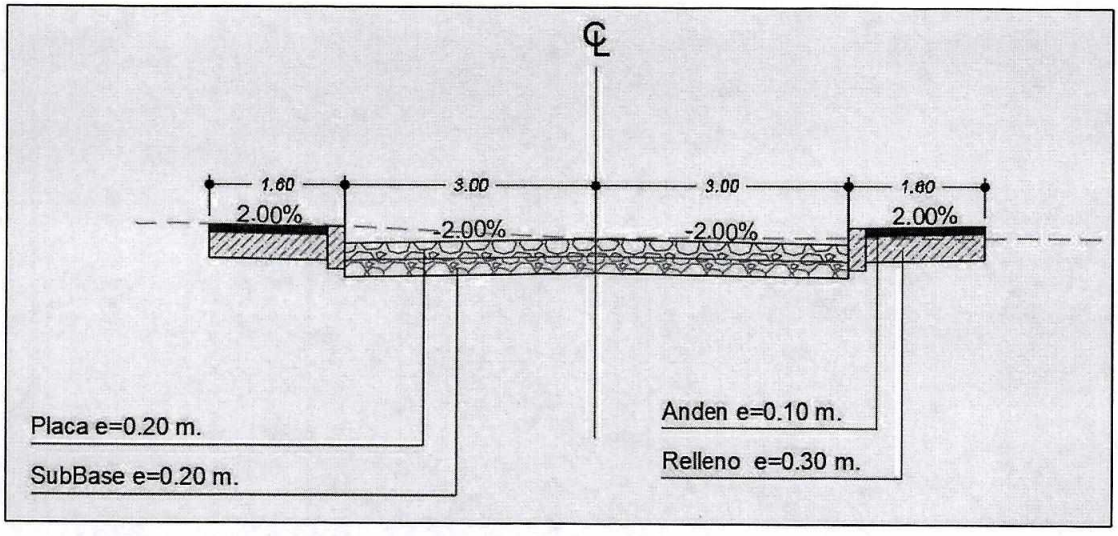
Eje 15 – Calle 14 entre las Carreras 8C y 8D (Barrios Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme)



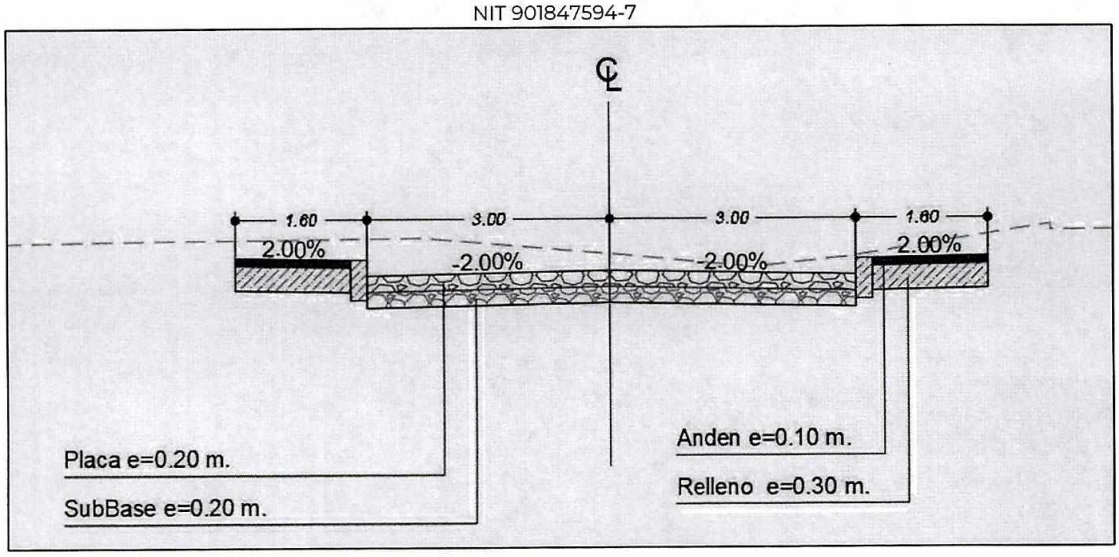
Eje 16 – Carrera 12 entre la Av. Circunvalar y Calle 14 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



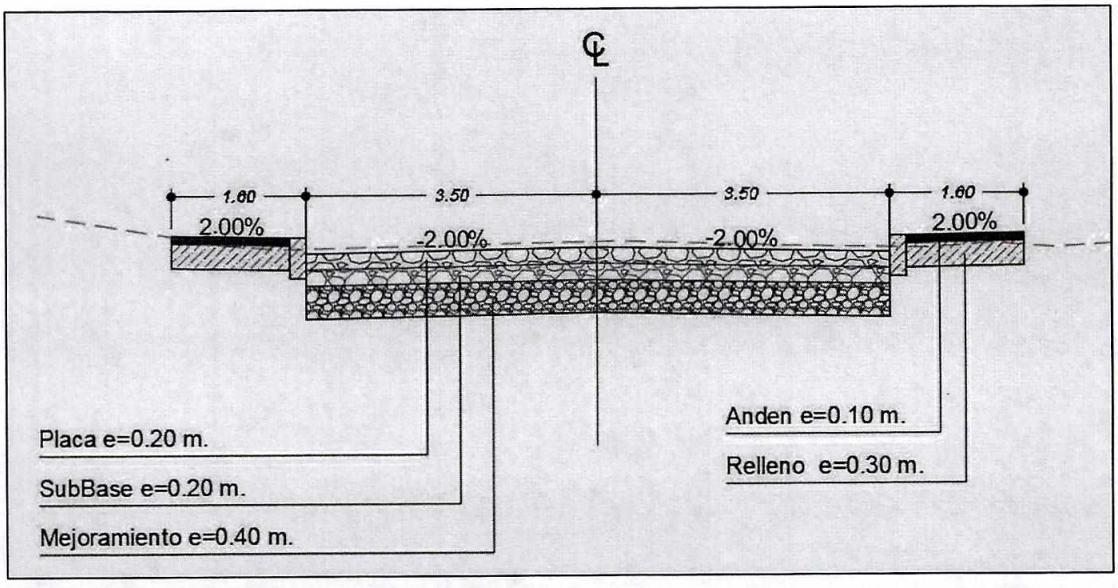
Eje 17 – Calle 14 entre las Carreras 9 y 12 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



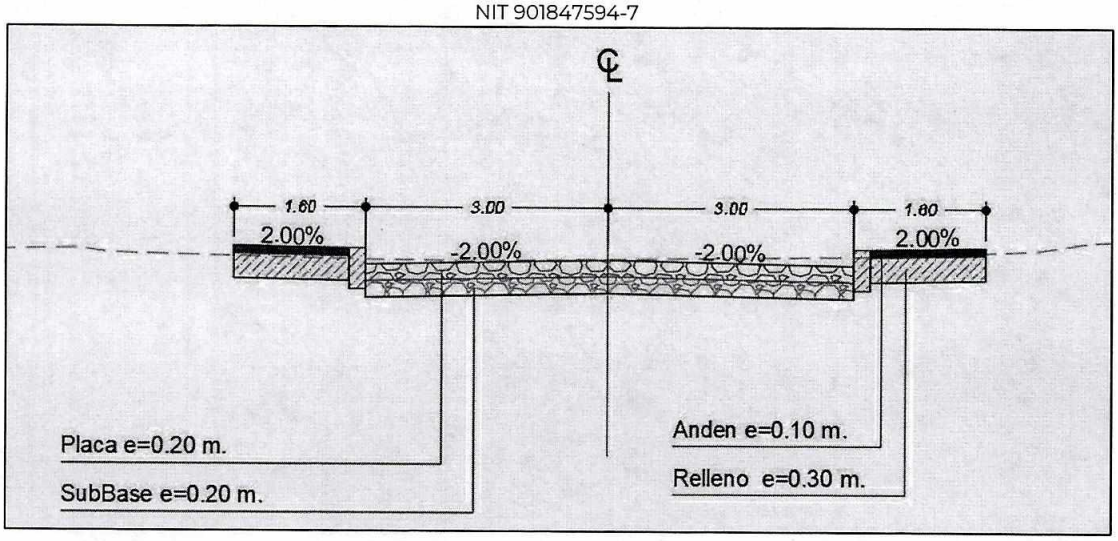
Eje 18 – Carrera 11 entre las Calles 15 y 16B (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



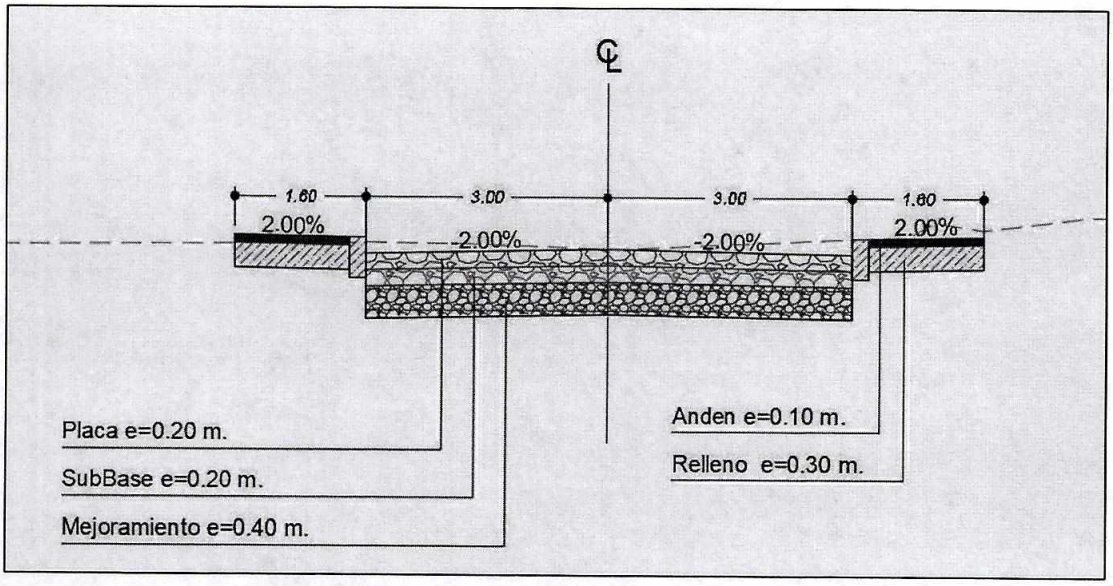
Eje 19 – Carrera 12 entre las Calles 16 y 16A (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



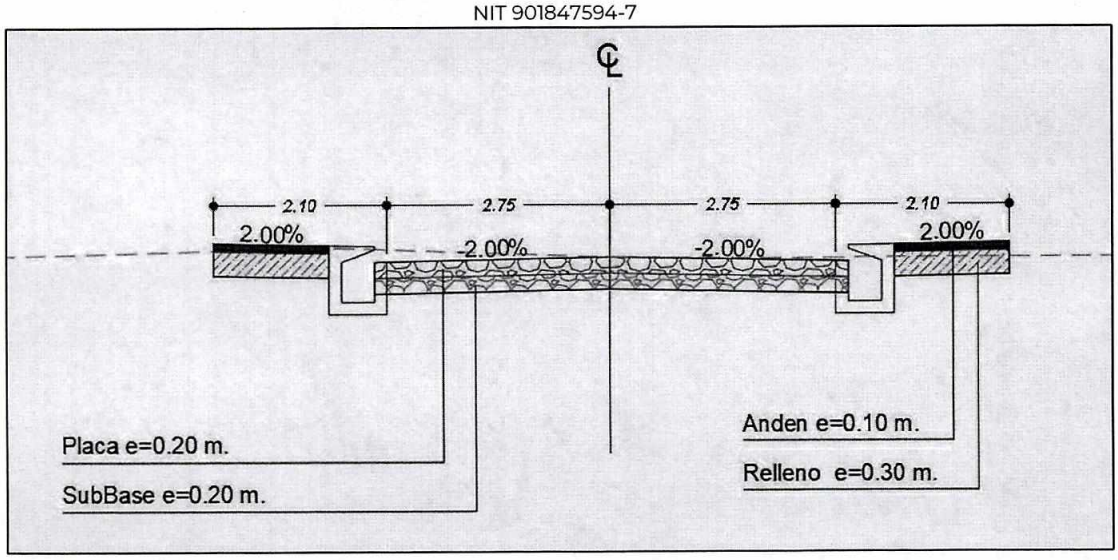
Eje 20 – Calle 15A entre las Carreras 13 y 14 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



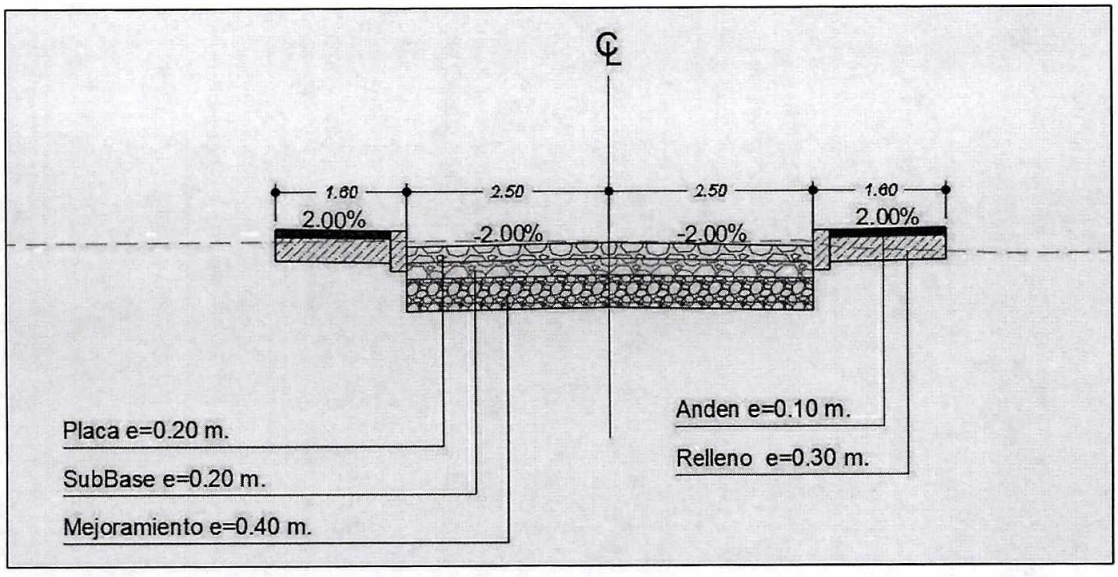
Eje 21 – Calle 15 entre la Av. Circunvalar y Calle 15 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



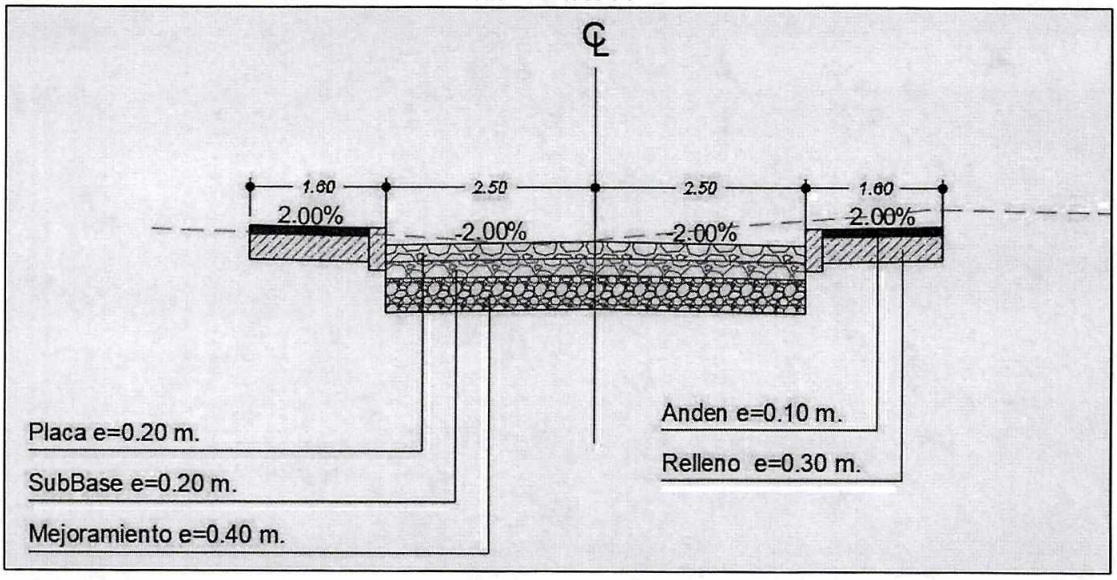
Eje 22 – Carrera 14B entre las Calles 13 y 15A (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



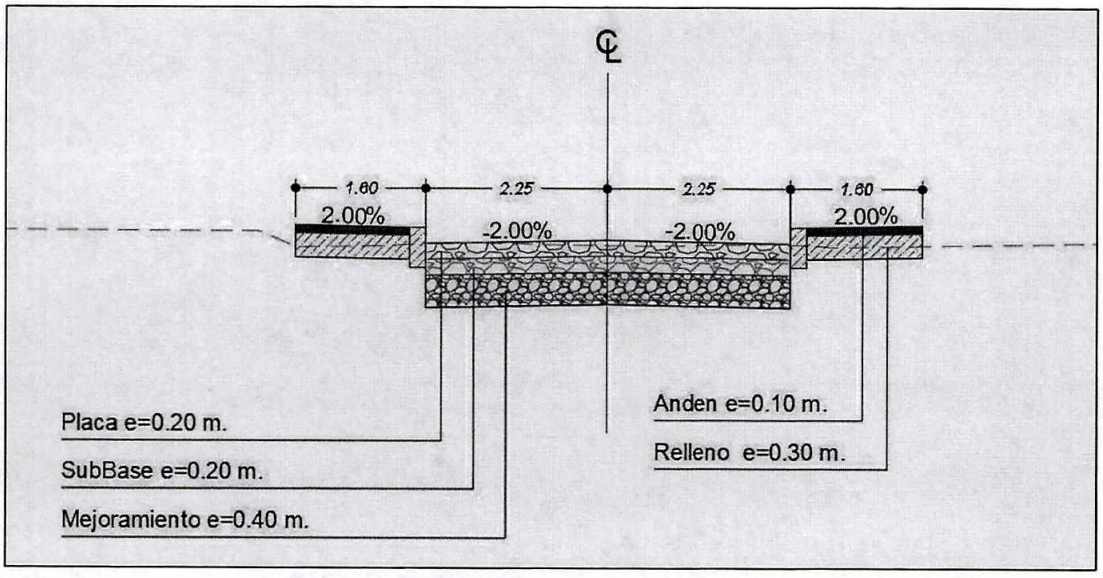
Eje 23 – Carrera 11 entre la Av. Circunvalar y Calle 14 (Barrios Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 De Julio, La Julia y Urbina)



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

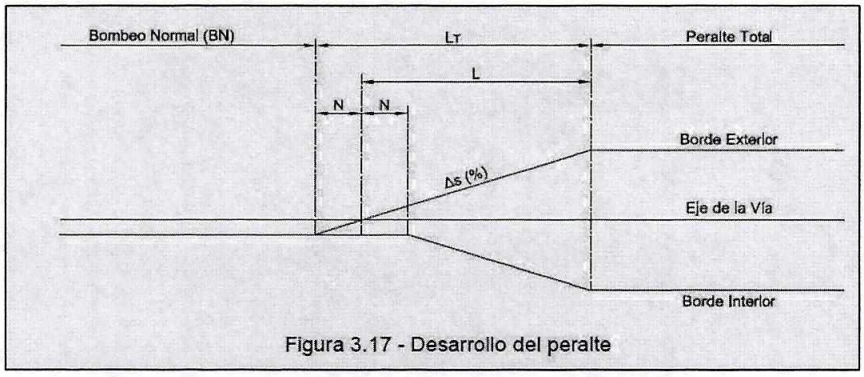


Figura 3.17 - Desarrollo del peralte

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_{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.

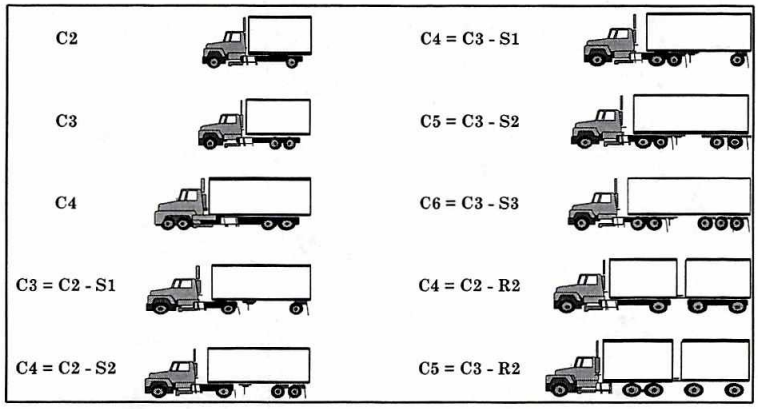
Fuente. MDG 2008

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.

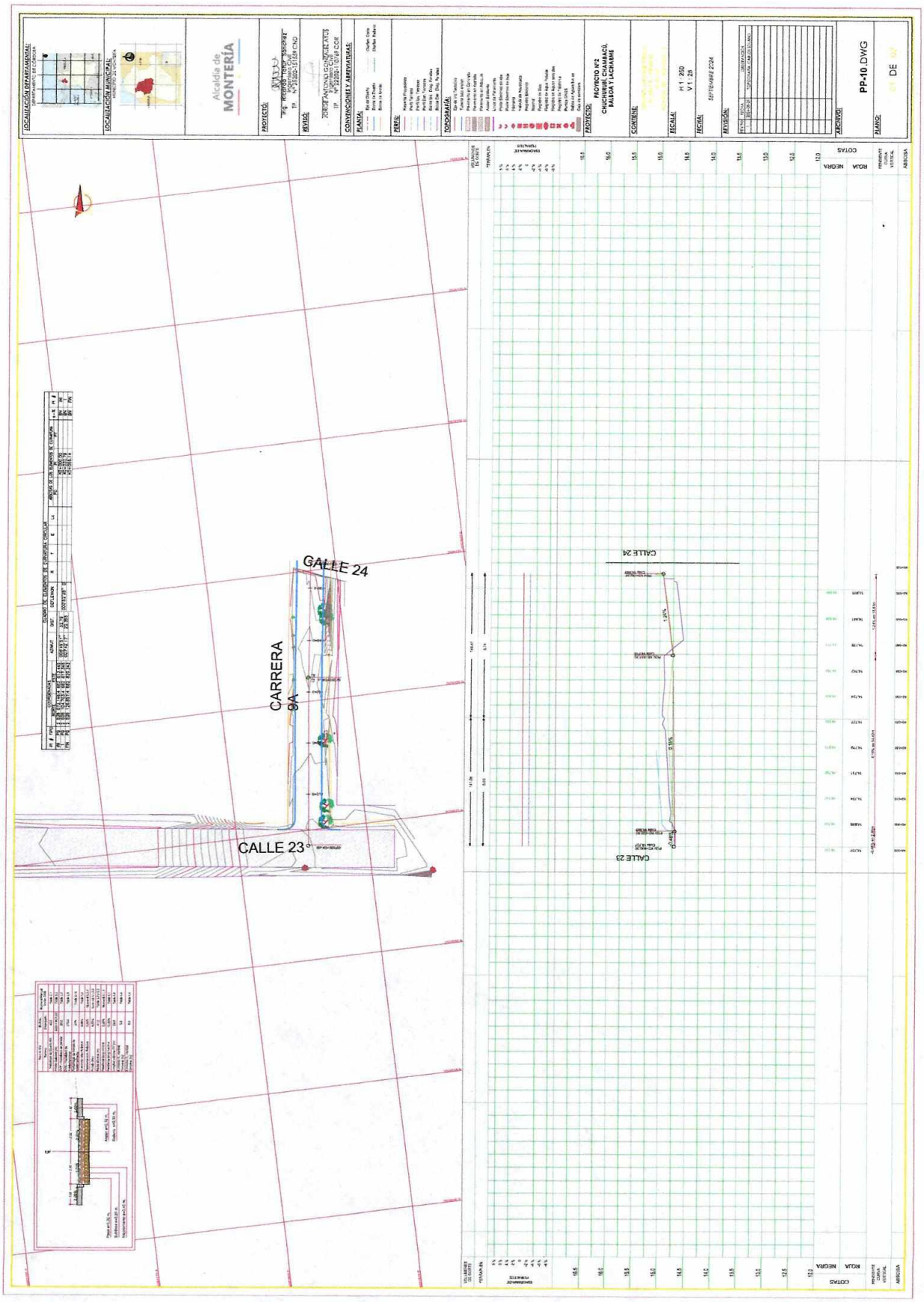
    - Volúmenes de movimiento de tierras.
    - Cota negra y cota roja.
    - Notas generales.

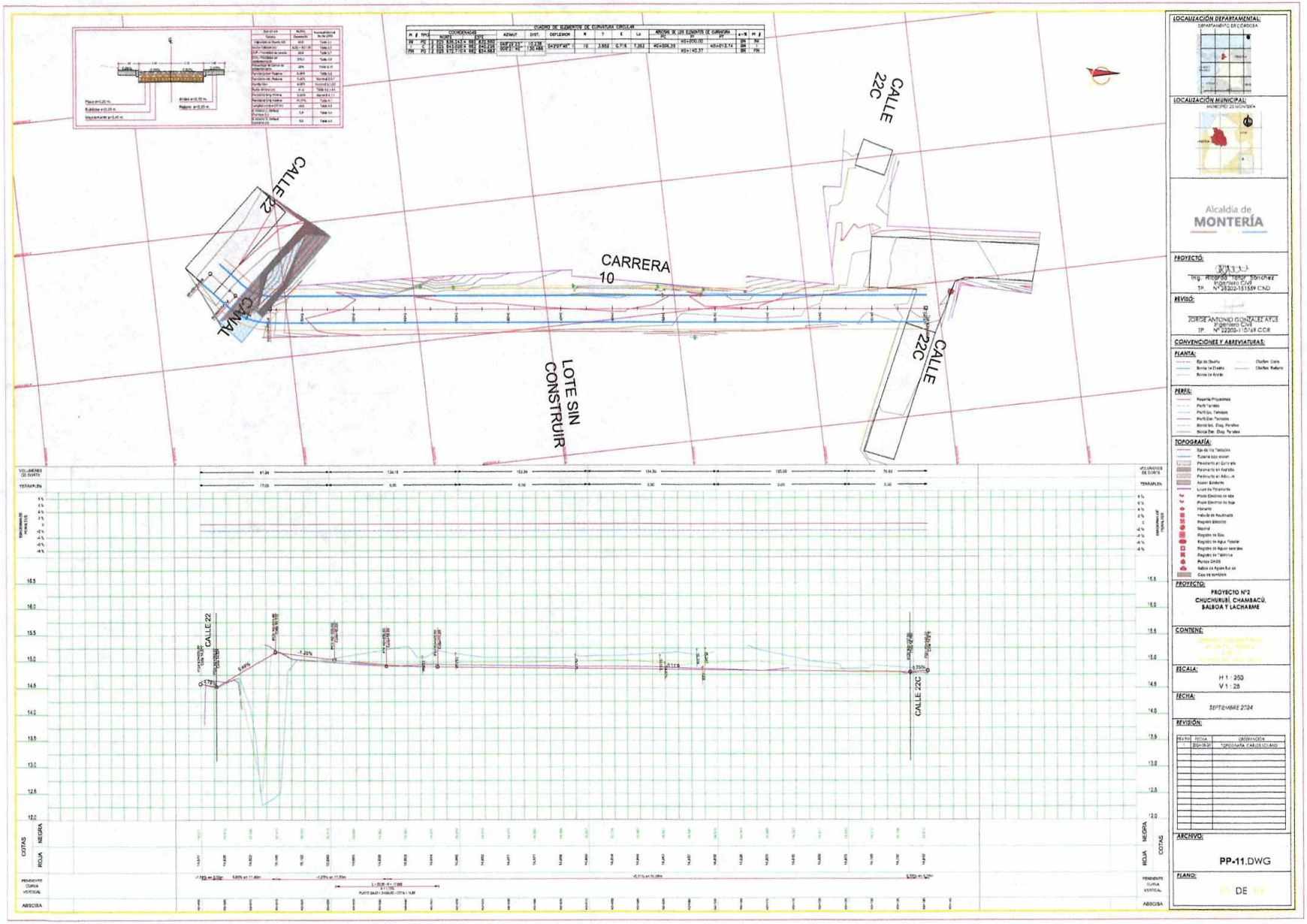
  - Secciones transversales a escala 1:100

  - Carteras de diseño:

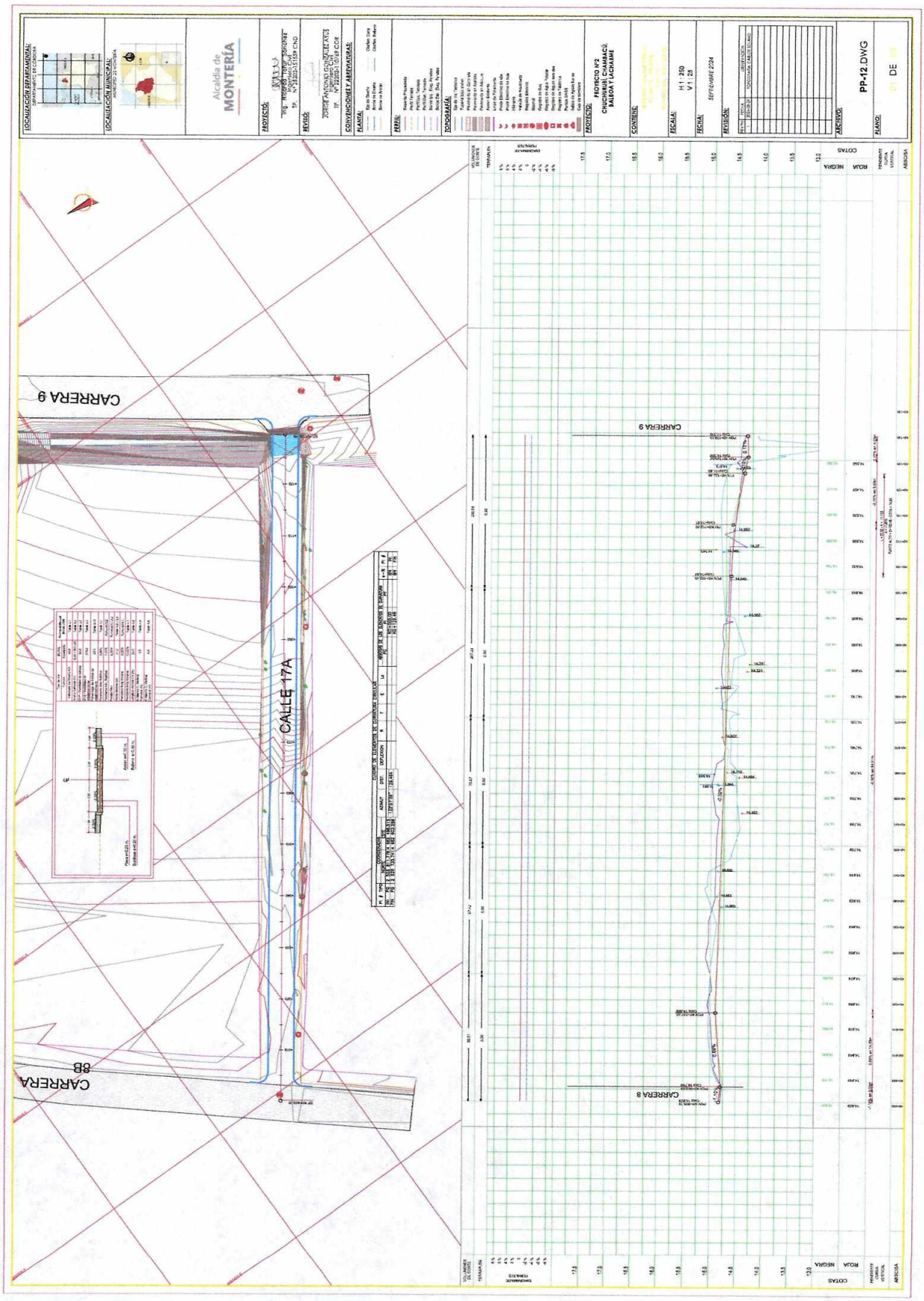
- Cuadro de Elementos Horizontales
- Cuadro de Elementos Verticales
- Cartera de Rasante
- Cartera de Chaflanes
- Cartera de Volúmenes de Movimiento de Tierras

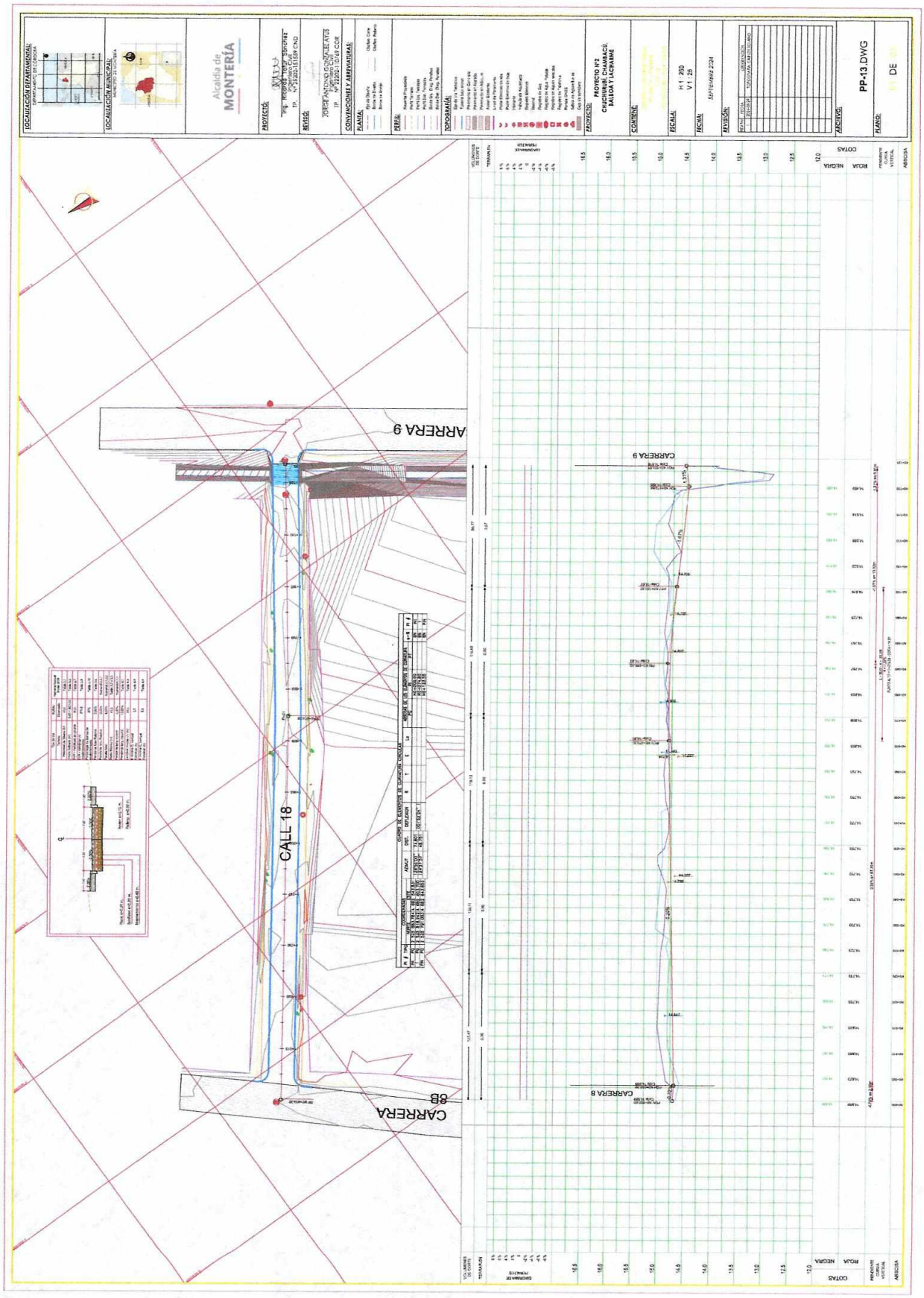
Anexo No. 1 Planos Planta Perfil

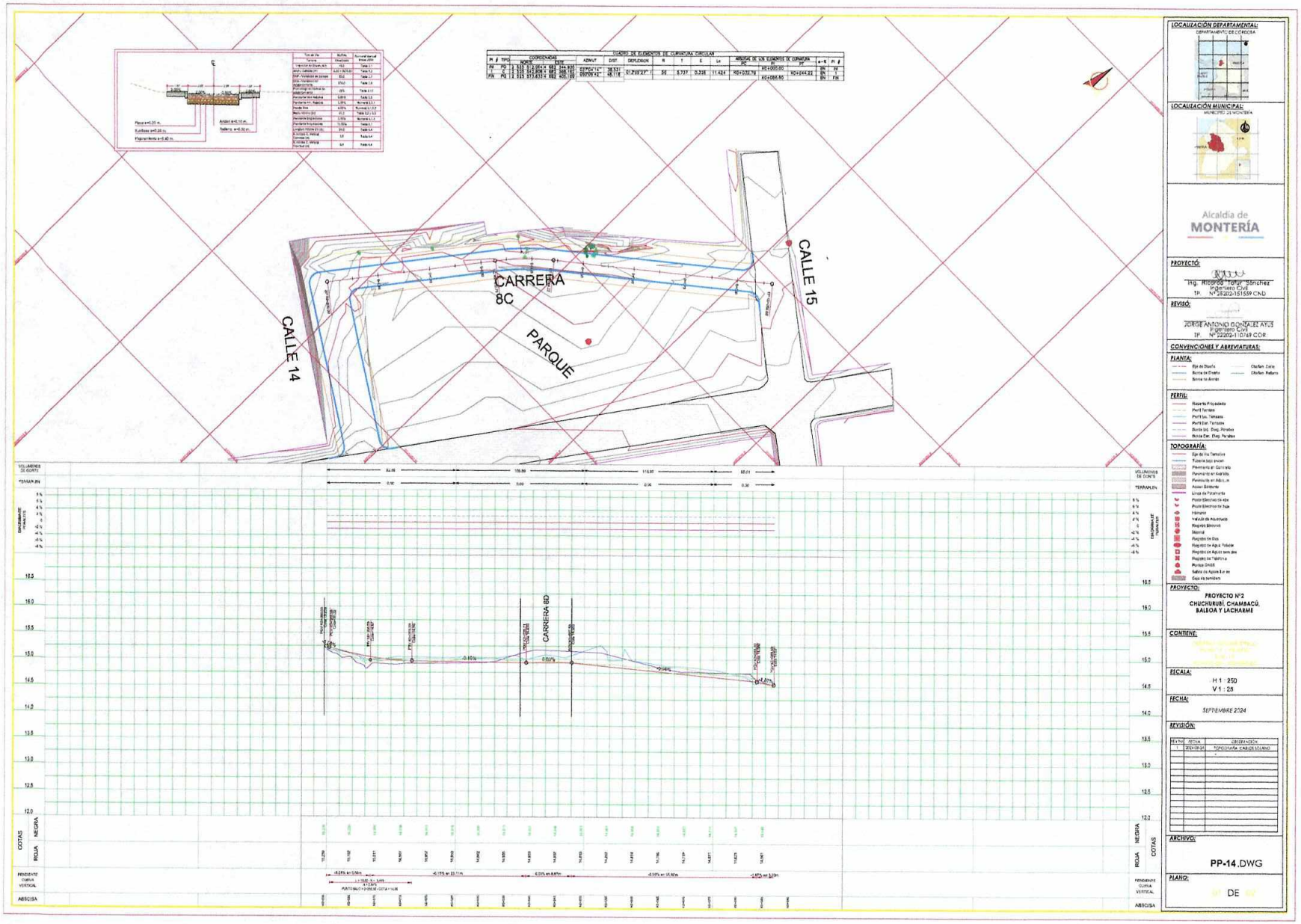

Alcaldía de MONTERÍA
PROYECTO
REVISÓ
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS
PLANTA
PERFIL
TOPOGRAFÍA
PROYECTO
CONTENIDO
ESCALA
FECHA
REVISIÓN
ARCHIVOS
PP-10.DWG
HOJA
DE
CARRERA 9A
CALLE 24
CALLE 23
CALLE 24
CALLE 23
COTAS ROJA NEGRA
COTAS ROJA NEGRA


CALLE 22C
CALLE 22
CARRERA 10
CANAL
LOTE SIN CONSTRUIR
CALLE 22C
CALLE 22
CALLE 22C
LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA
Alcaldía de MONTERÍA
PROYECTÓ:
Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Profesional Civil
TP. N° 253212-151559 CND
REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Profesional Civil
TP. N° 222032-1 07149 COR
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ, BALBOA Y LACHARME
CONTIENE:
ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVO:
PP-11.DWG
PLANO:
DE

1294

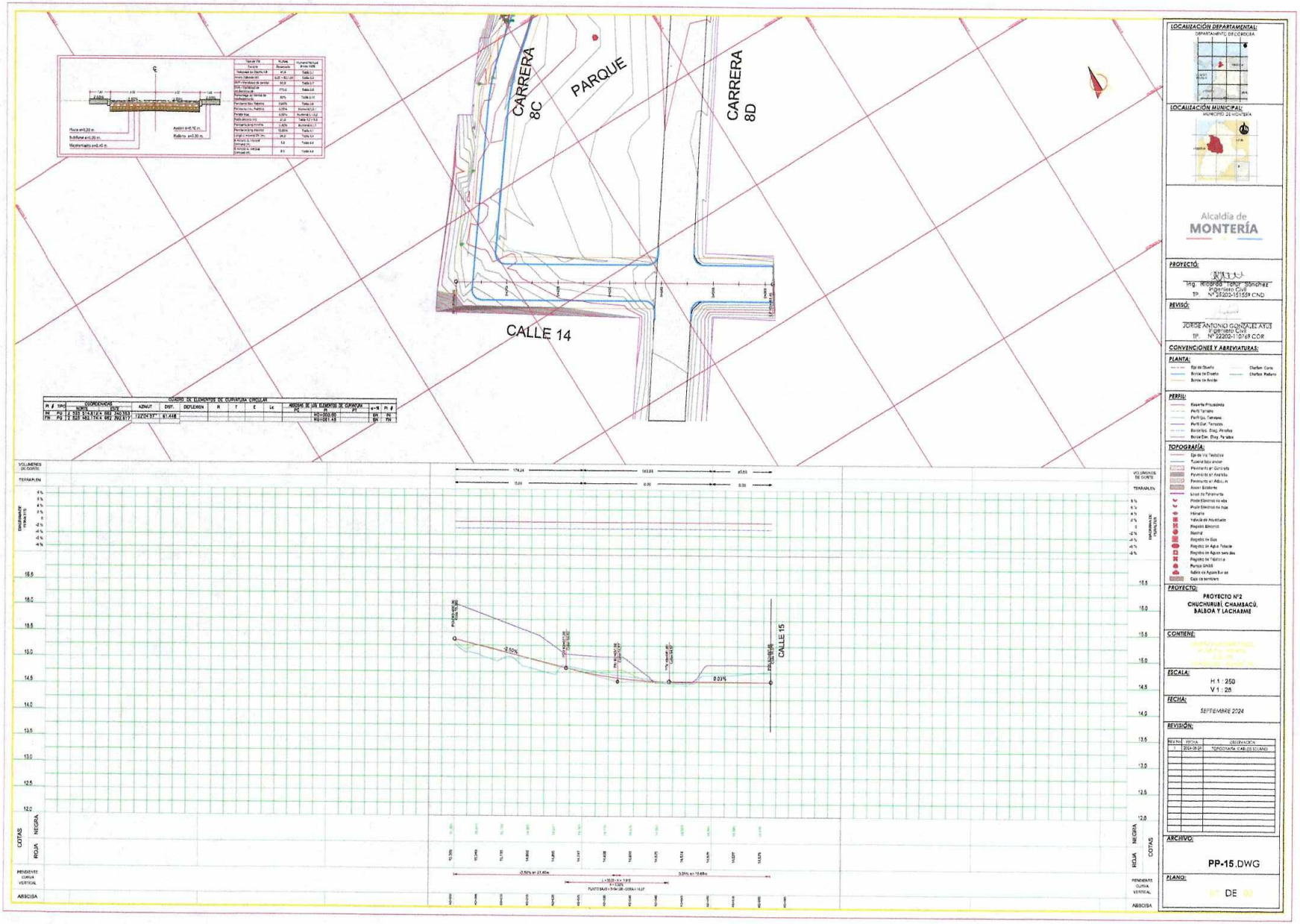

LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL
Alcaldía de MONTERÍA
PROYECTO:
REVISÓ:
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO VÍA CHICHIRIMI, CAMARGO, BALBOA Y LACHAME
CONTIENE:
ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVO:
PP-12.DWG
PLANO:
DE
CARRERA 9
CALLE 17A
CARRERA 8B
CARRERA 8
COTAS
ROJA
NEGRA
TERRENO
RASANTE
ABSCISA


LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL
Alcaldía de MONTERÍA
PROYECTO:
REVISÓ:
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
CALLE 18 ENTRE CARRERA 9 Y CARRERA 8B
BARRIO CHAMACO
MONTERÍA - CÓRDOBA
CONTIENE:
ESCALA:
H 1 : 200
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVOS:
PP-13.DWG
PLANO:
DE
CARRERA 9
CARRERA 8B
CALL 18
CARRERA 9
CARRERA 8
COTAS
ROJA
NEGRA
ABSCISA

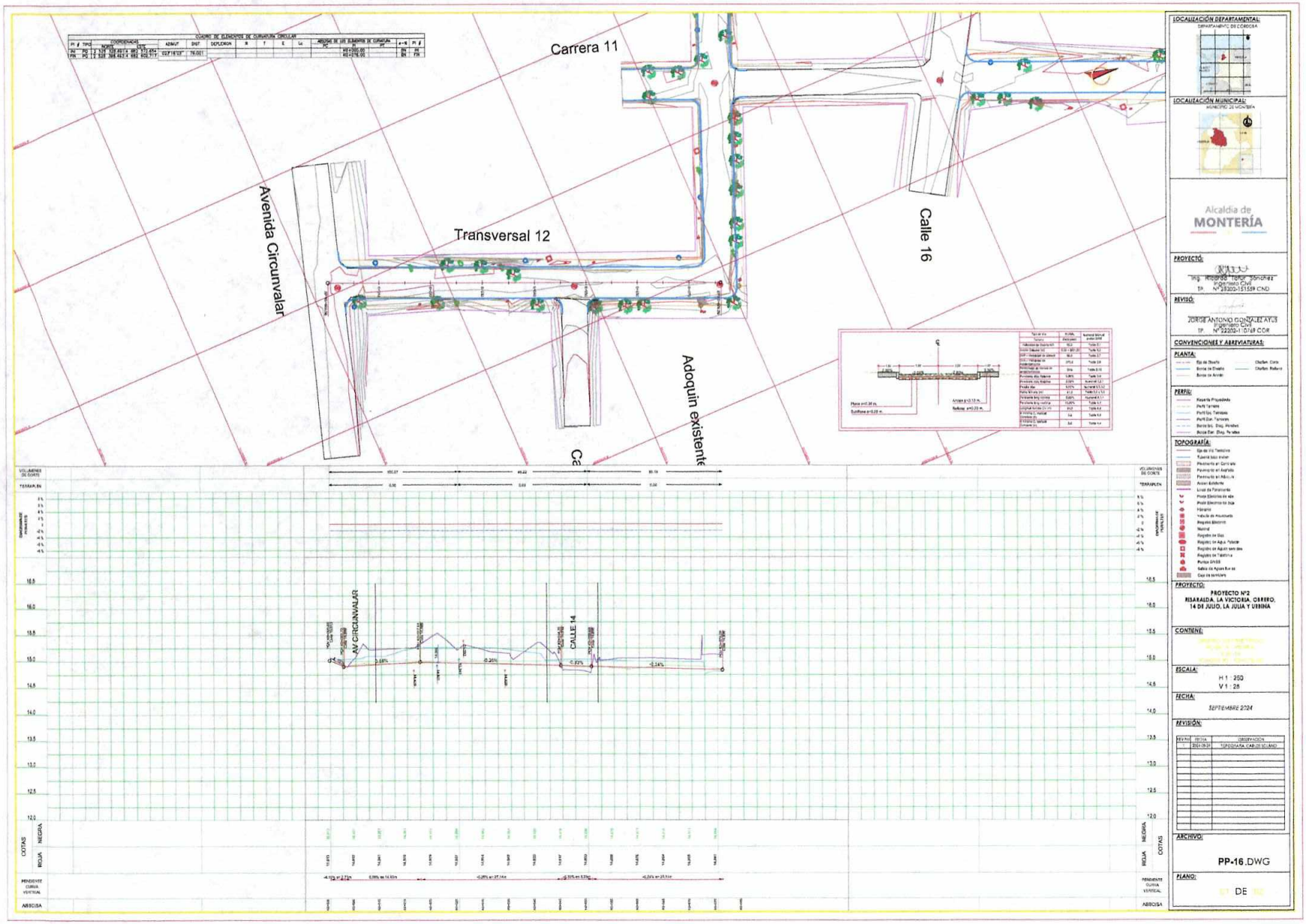


PI	TIPO	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	AZIMUT	DIST.	DEFLEXION	R	T	E	Lc	ABSCISA DE LOS ELEMENTOS DE CURVATURA PC	ABSCISA DE LOS ELEMENTOS DE CURVATURA PT	e=%	PI #
PC	PC	1 533	1 2 264.4	883	344.930								PC	PC
1	1	1 533	1 242.836.1	883	348.102	03°49'41"I	50	3.337	0.326	11.424	KM+000.00	KM+011.42	8%	PI
PTA	PTA	1 525	1 237.833.4	883	400.000	03°49'41"I	50				KM+000.00		8%	PTA

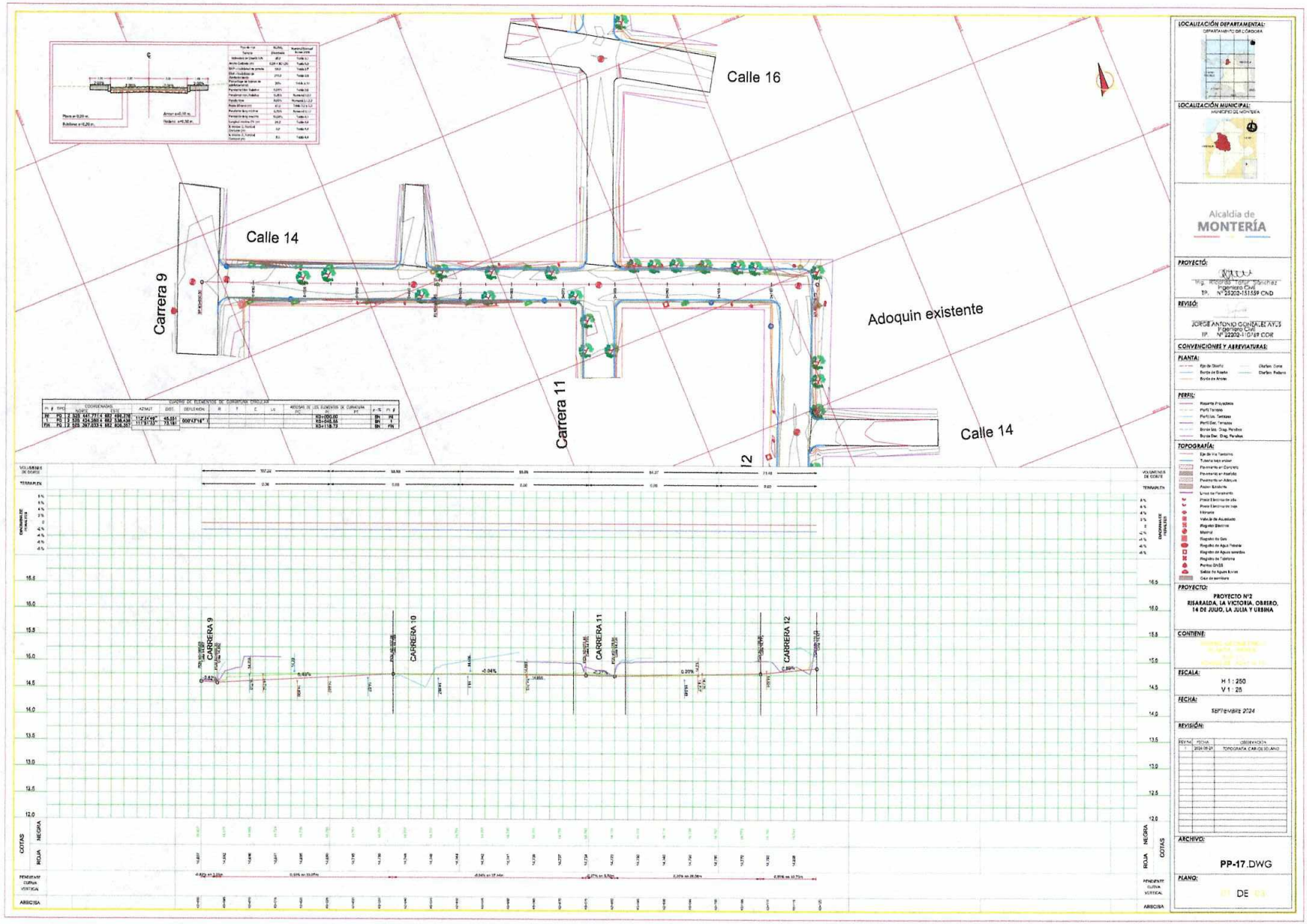
1294


CARRERA 8C
PARQUE
CARRERA 8D
CALLE 14
CALLE 15
LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA
Alcaldía de MONTERÍA
PROYECTÓ:
Ing. Ricardo Tapia Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 25202-151559 CND
REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ AYOS
Ingeniero Civil
TP. N° 12202-1 0749 COR
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ,
BALBOA Y LACHARME
CONTIENE:
ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVO:
PP-15.DWG
PLANO:
DE

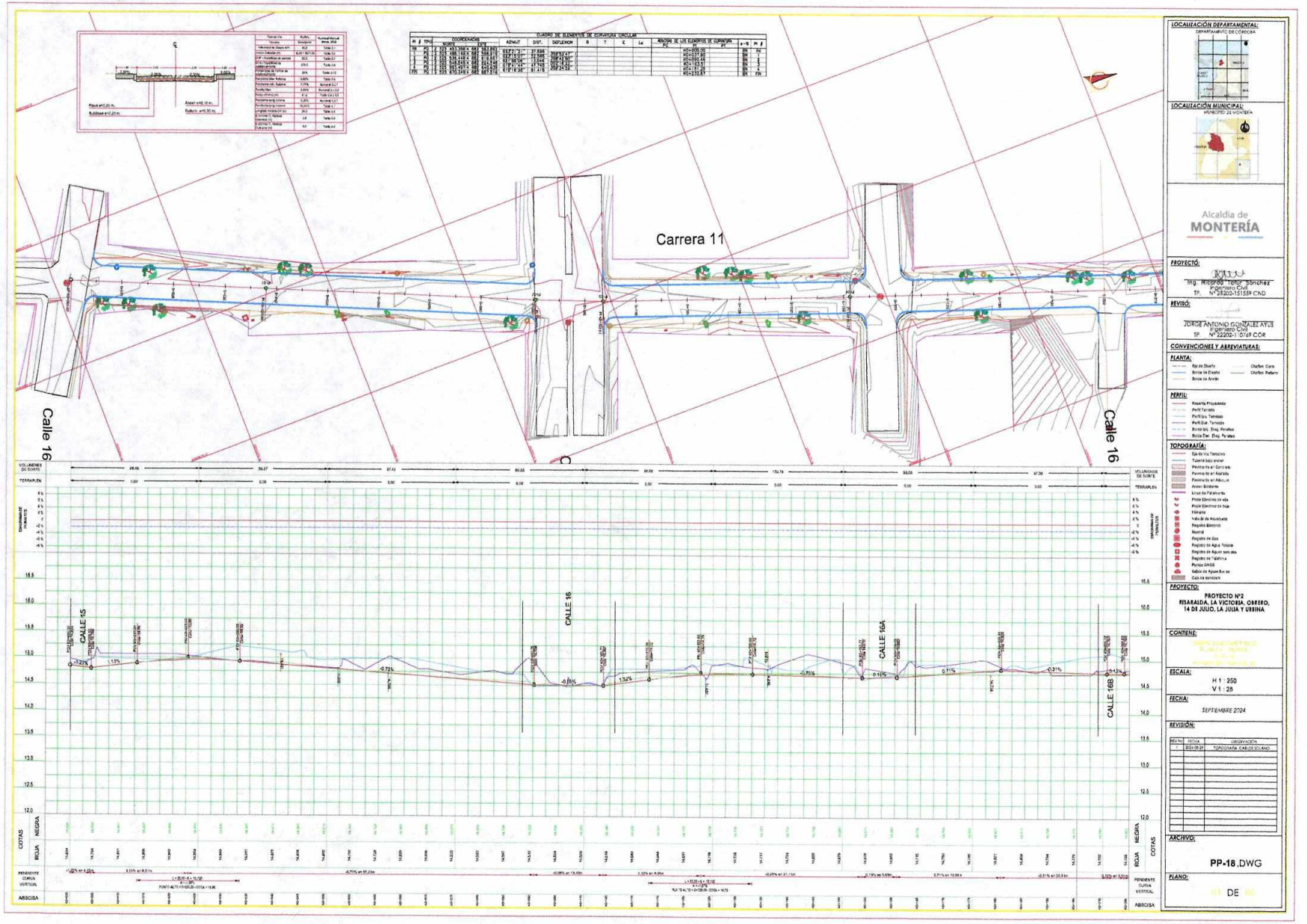
1298

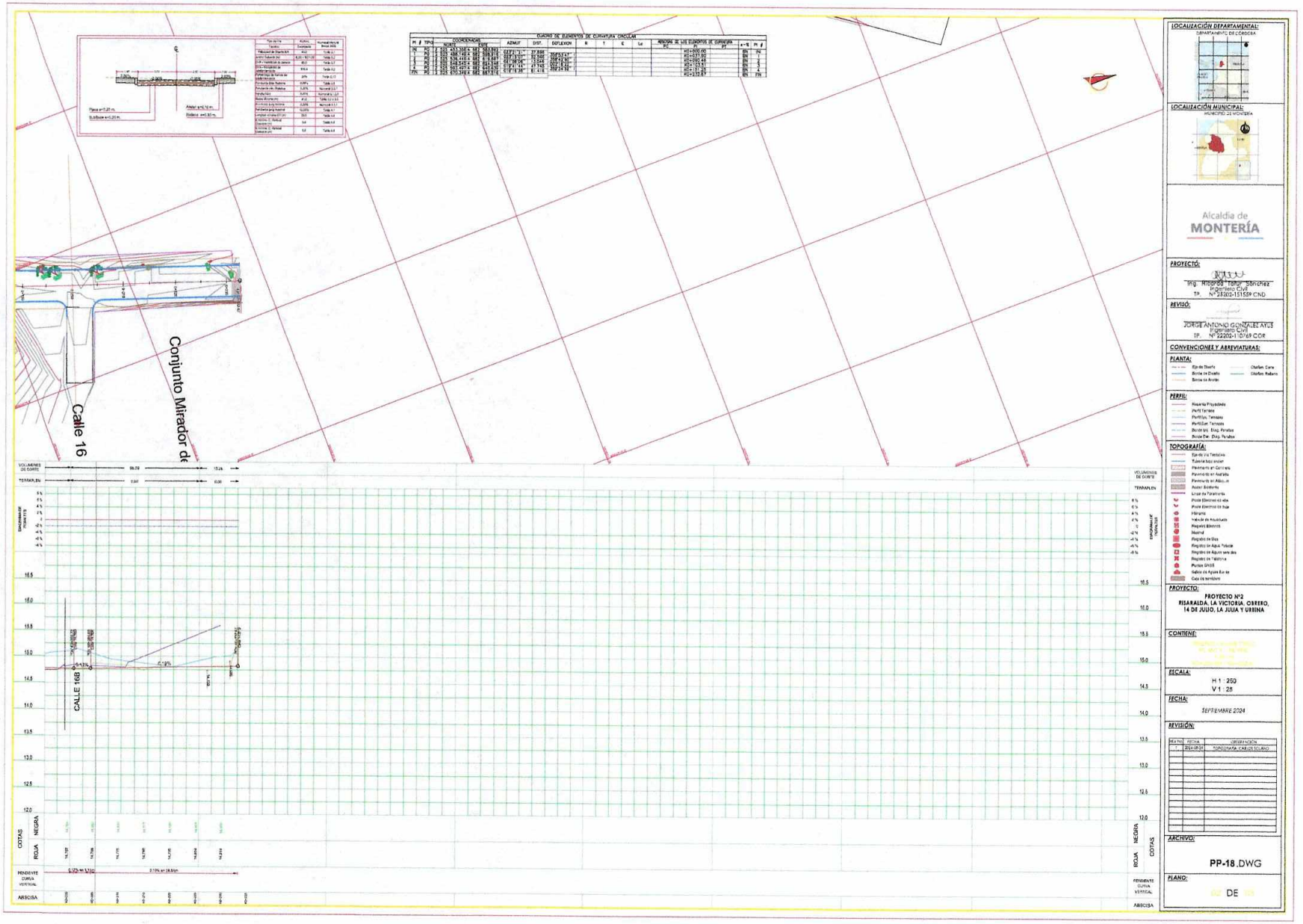

Carrera 11
Avenida Circunvalar
Transversal 12
Calle 16
Adoquín existente
AV CIRCUNVALAR
CALLE 14
LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA
Alcaldía de
MONTERÍA
PROYECTÓ:
Ing. Alejandro Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°23202-151559 CND
REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ AVILA
Ingeniero Civil
TP. N°22252-110149 COR
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBREFO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA
CONTIENE:
ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVO:
PP-16.DWG
PLANO:
07 DE 10

1291


Calle 16
Calle 14
Carrera 9
Carrera 11
Adoquin existente
Calle 14
CARRERA 9
CARRERA 10
CARRERA 11
CARRERA 12
LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
Alcaldía de MONTERÍA
PROYECTÓ:
REVISÓ:
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA
CONTIENE:
ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVO:
PP-17.DWG
PLANO:

0250


Carrera 11
Calle 16
Calle 16
CALLE 15
CALLE 16
CALLE 16A
CALLE 16B
LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA
Alcaldía de
MONTERÍA
PROYECTÓ:
Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°28203-151559 CND
REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110769 COR
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA
CONTENIL:
ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVO:
PP-18.DWG
PLANO:
DE



Tipo de Via	Rural	Normal Manual
Terreno	Ondulado	Plano
Velocidad de Diseño (km/h)	40	Tabla 3.1
Ancho Calzada (m)	6.00 / 10.00	Tabla 3.2
Ancho Cunetas en paso	0.5	Tabla 3.2
Ancho Separador de Calzadas	0.5	Tabla 3.2
Pendiente de Terreno de Diseño	20%	Tabla 3.3
Pendiente Máx. Cunetas	0.08 %	Tabla 3.3
Pendiente Máx. Rasante	5.00 %	Normal 3.3.7
Pendiente Mín. Rasante	0.5%	Normal 3.3.7
Radio Mínimo (m)	41.0	Tabla 3.3 / 3.5
Pendiente para Bombeo	2.00 %	Tabla 3.4
Pendiente para Peralte	10.00 %	Normal 3.5.1
Longitud Mínima Curva (m)	30.0	Tabla 3.5
Sobreancho Máximo	0.6	Tabla 3.6
Distancia (m)	5.0	Tabla 3.7
Distancia (m) Mínima Cuneta (m)	5.0	Tabla 3.8

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVATURA CIRCULAR

PI	#	TIPO	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	AZIMUT	DIST.	DEFLEXION	R	T	C	Le	RELACION DE LOS ELEMENTOS DE CURVATURA PC=	PT=	e=%	PI #
PC	PC	1	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
1	PI	1	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	1
PT	PT	1	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	2	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
2	PI	2	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	2
PT	PT	2	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	3	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
3	PI	3	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	3
PT	PT	3	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	4	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
4	PI	4	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	4
PT	PT	4	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	5	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
5	PI	5	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	5
PT	PT	5	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	6	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
6	PI	6	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	6
PT	PT	6	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	7	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
7	PI	7	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	7
PT	PT	7	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	8	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
8	PI	8	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	8
PT	PT	8	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	9	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
9	PI	9	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	9
PT	PT	9	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
PC	PC	10	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	
10	PI	10	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000	0°0'0.00"							EN	10
PTA	PTA	10	1'000.000,000	1'000.000,000	0°0'0.00"	0.000								EN	

LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA

Alcaldía de MONTERÍA

PROYECTO:
Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°23202-151559 CND

REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110769 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:
Eje de Diseño — Chaflán Corte
Borde de Diseño — Chaflán Relleno
Borde de Andén

PERFIL:
Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Eje Terreno
Perfil Eje Terreno
Borde Izq. Disp. Peraltes
Borde Der. Disp. Peraltes

TOPOGRAFÍA:
Eje de Vía Teórico
Tubería bajo andén
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquín
Andén Existente
Línea de Paramento
Poste Eléctrico en Madera
Poste Eléctrico en Hierro
Hidrante
Válvula de Acueducto
Registro Eléctrico
Medidor
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonía
Puntos GNSS
Sumidero de Aguas Lluvias
Caja de Inspección

PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:
SEPTIEMBRE 2024

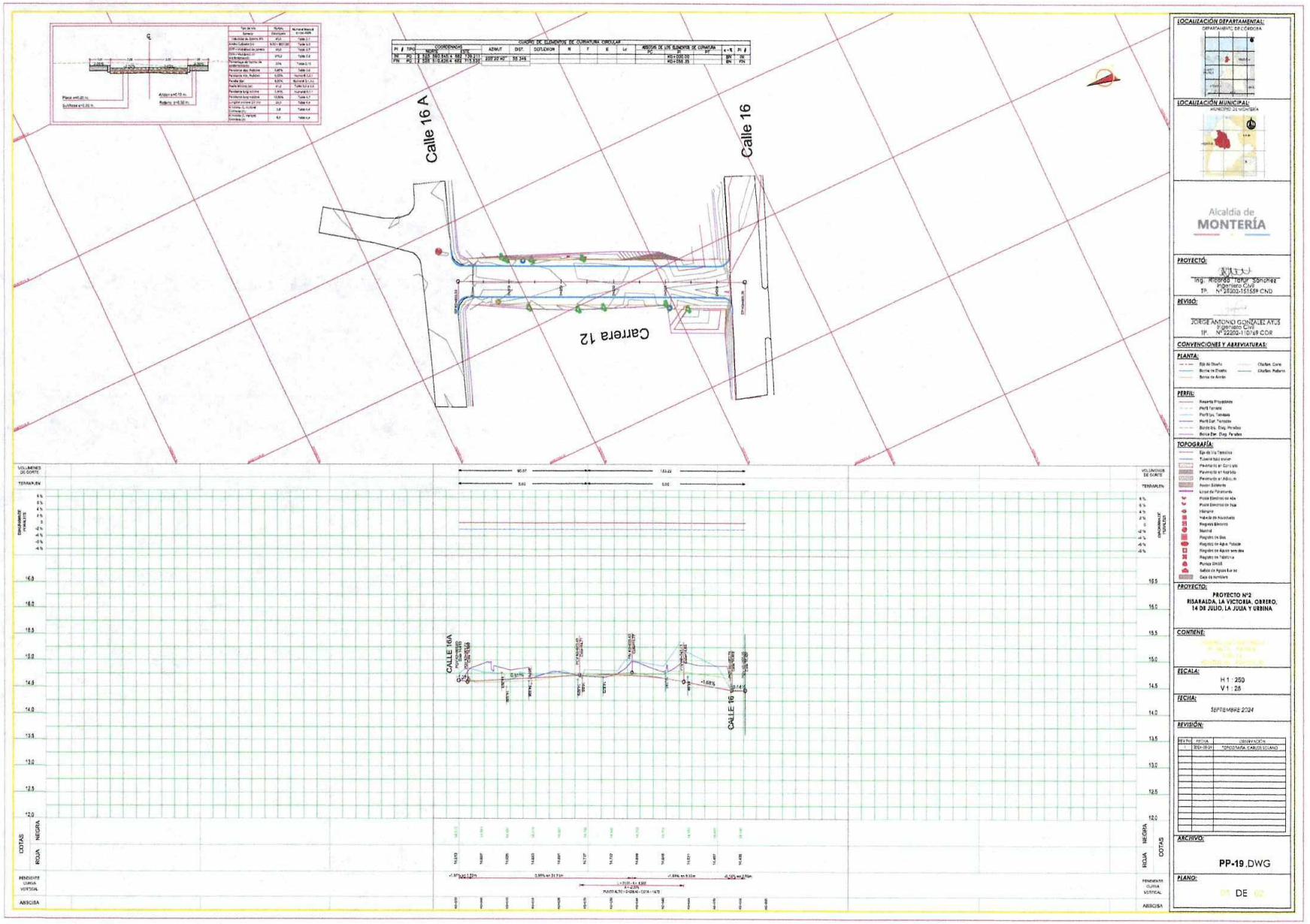
REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-24	TOPOGRAFIA CARLOS SOLANO

ARCHIVO:
PP-18.DWG

PLANO:
02 DE 05

1252



LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA

Alcaldía de MONTERÍA

PROYECTÓ:
Ing. Ricardo Tenor Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°23202-161559 CND

REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N°22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:
Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Anden
Cliellen Cerc
Cliellen Pedero

PERFIL:
Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sup. Terraplen
Perfil Sup. Terraplen
Borde Inf. Dren. Pluviales
Borde Sup. Dren. Pluviales

TOPOGRAFÍA:
Eje de Via Terciaria
Talweg o flujo natural
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquin
Anden Existente
Limite de Propiedad
Poste Electrico en Alta
Poste Electrico en Baja
Hidrante
Valvula de Acueducto
Registro Electrico
Medidor
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonia
Pozos ONGS
Valvula de Aguas Lluvias
Caja de Inmobiro

PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25

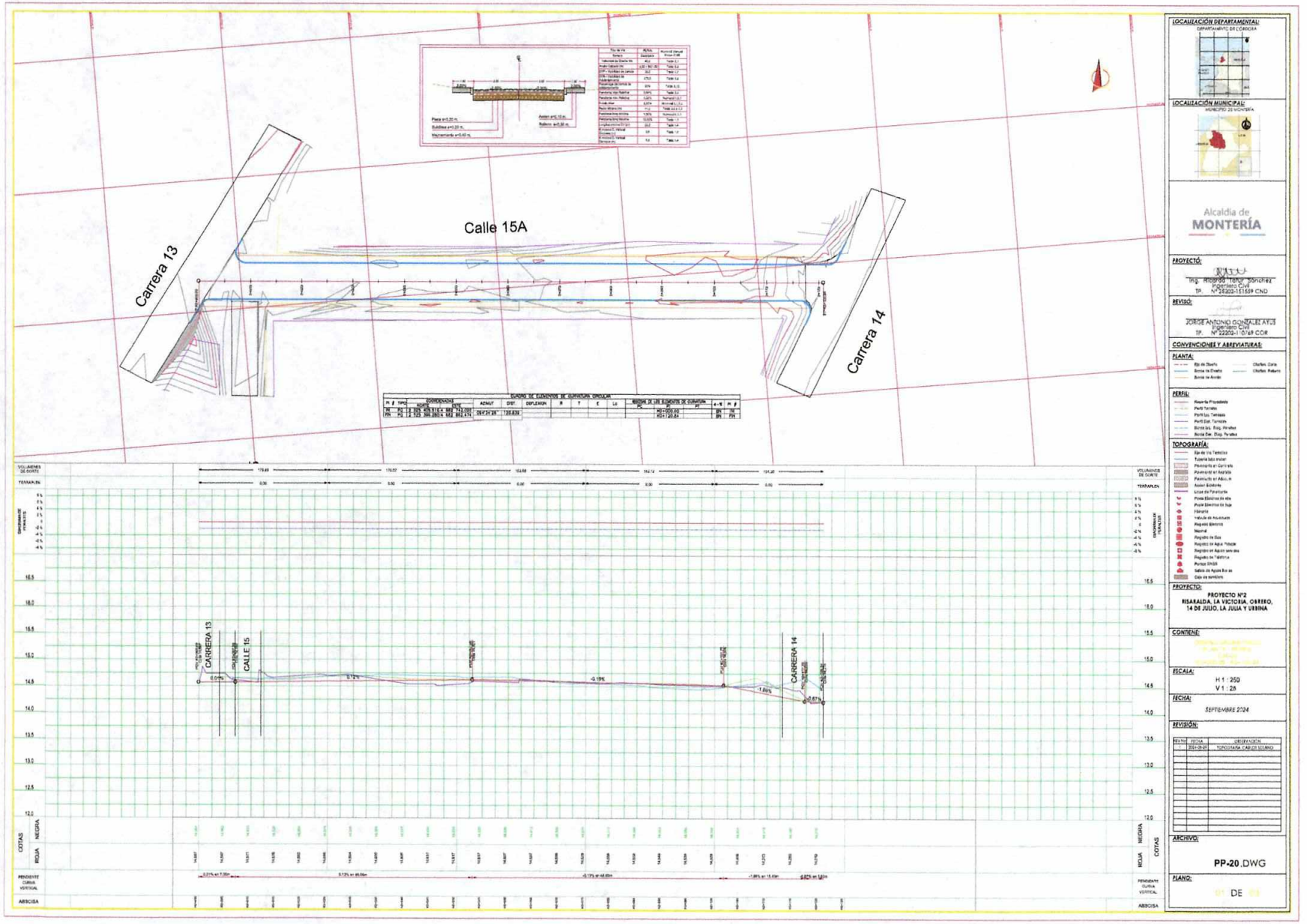
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REVISIÓ	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-20	TOPOGRAFIA CARLOS LOZANO

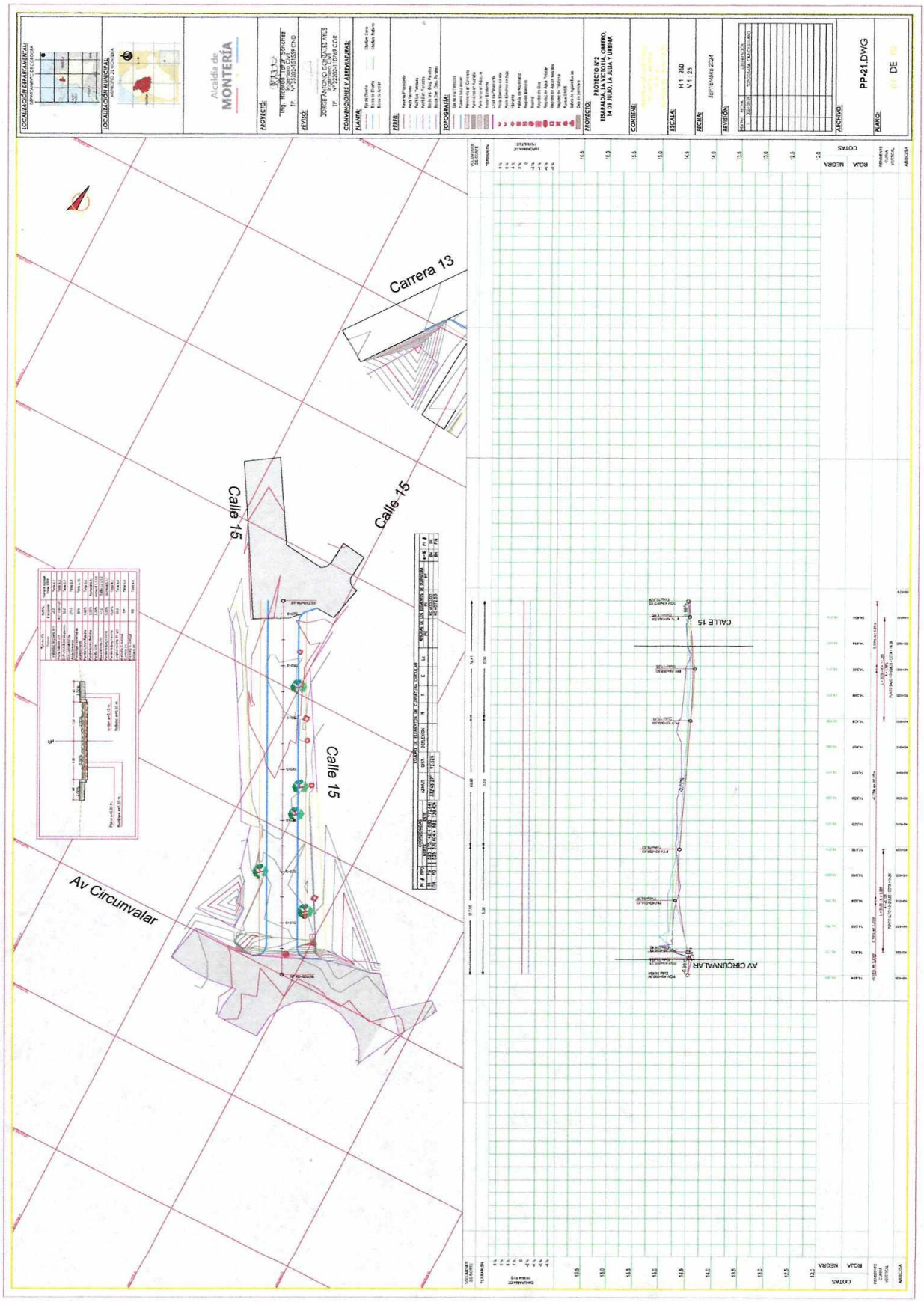
ARCHIVO:
PP-19.DWG

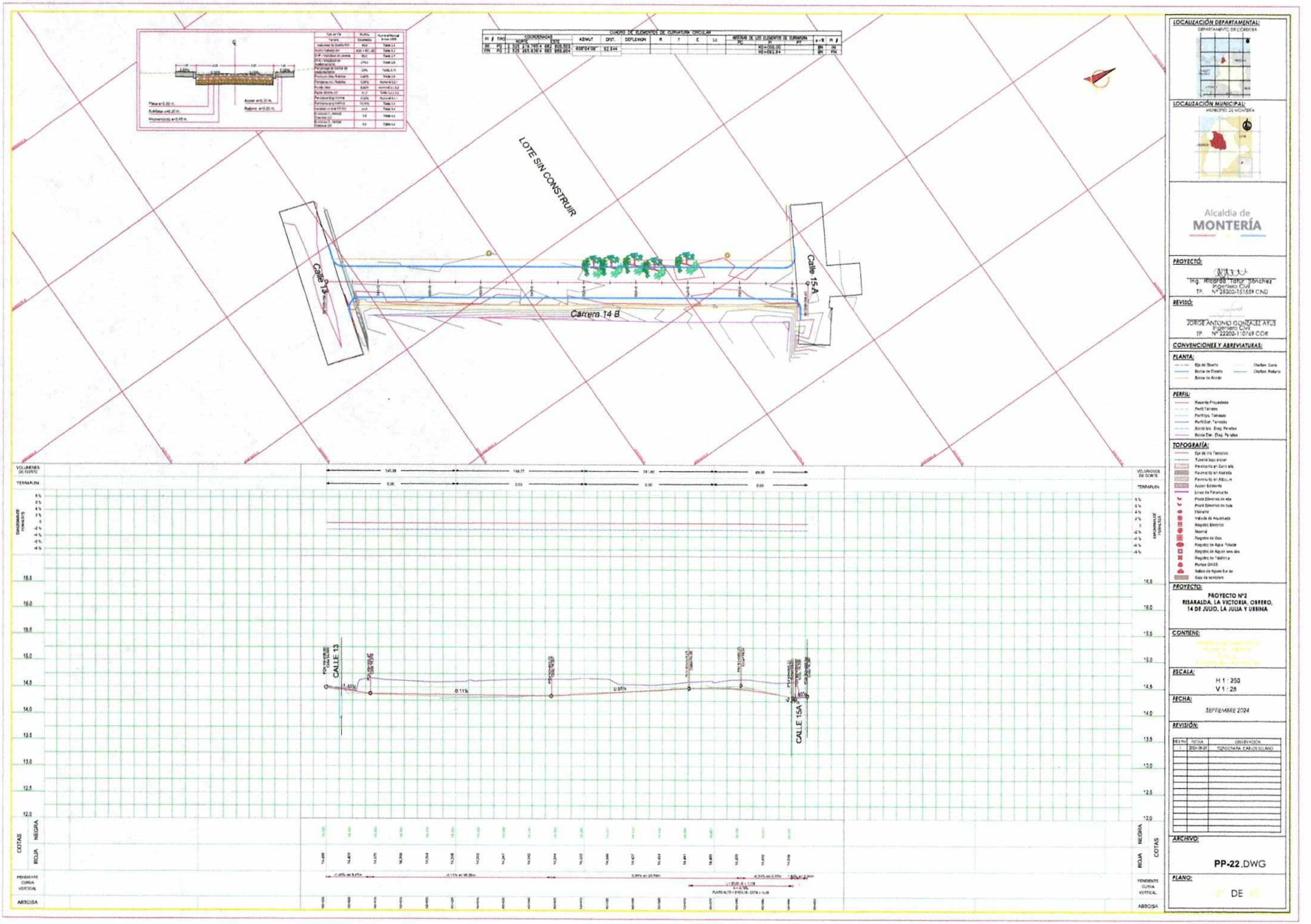
PLANO:
01 DE 02


Carrera 13
Calle 15A
Carrera 14
CARRERA 13
CALLE 15
CARRERA 14
LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA
Alcaldía de
MONTERÍA
PROYECTÓ:
Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°25203-151559 CND
REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUB
Ingeniero Civil
TP. N° 22203-110749 COR
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA
CONTIENE:
ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVO:
PP-20.DWG
PLANO:
01 DE 03

1254

1255


Alcaldía de MONTERÍA
PROYECTO:
REVISÓ:
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, CARIÑO,
14 DE JULIO, LA JOJUA Y URBINA
CONTIENE:
ESCALA:
H 1: 200
V 1: 20
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVOS:
PP-21.DWG
PLANO:
DE
Carrera 13
Calle 15
Calle 15
Calle 15
Av Circunvalar
CALLE 15
AV CIRCUNVALAR
COTAS
ROJA
NEGRA
ABSCISA



LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA

Alcaldía de MONTERÍA

PROYECTÓ:
Ing. [illegible]
Ingeniero Civil
T.P. N° 253202-151559 CND

REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ ATUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:
Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Anden
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:
Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sub. Tableado
Perfil Sub. Terreno
Borde Sub. Eneg. Peraltes
Borde Sub. Eneg. Peraltes

TOPOGRAFÍA:
Eje de Via Terciaria
Tuberia bajo tierra
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquin
Anden/ Sardinel
Linea de Paramento
Poste Electrico en Via
Poste Electrico en Isla
Telefonia
Valvula de Aguas Lluvias
Registro Electrico
Sardinel
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas Lluvias
Registro de Telefonia
Puntos GNSS
Valvula de Aguas Servidas
Caja de servicios

PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBERRO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:
[illegible]

ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:
SEPTIEMBRE 2024

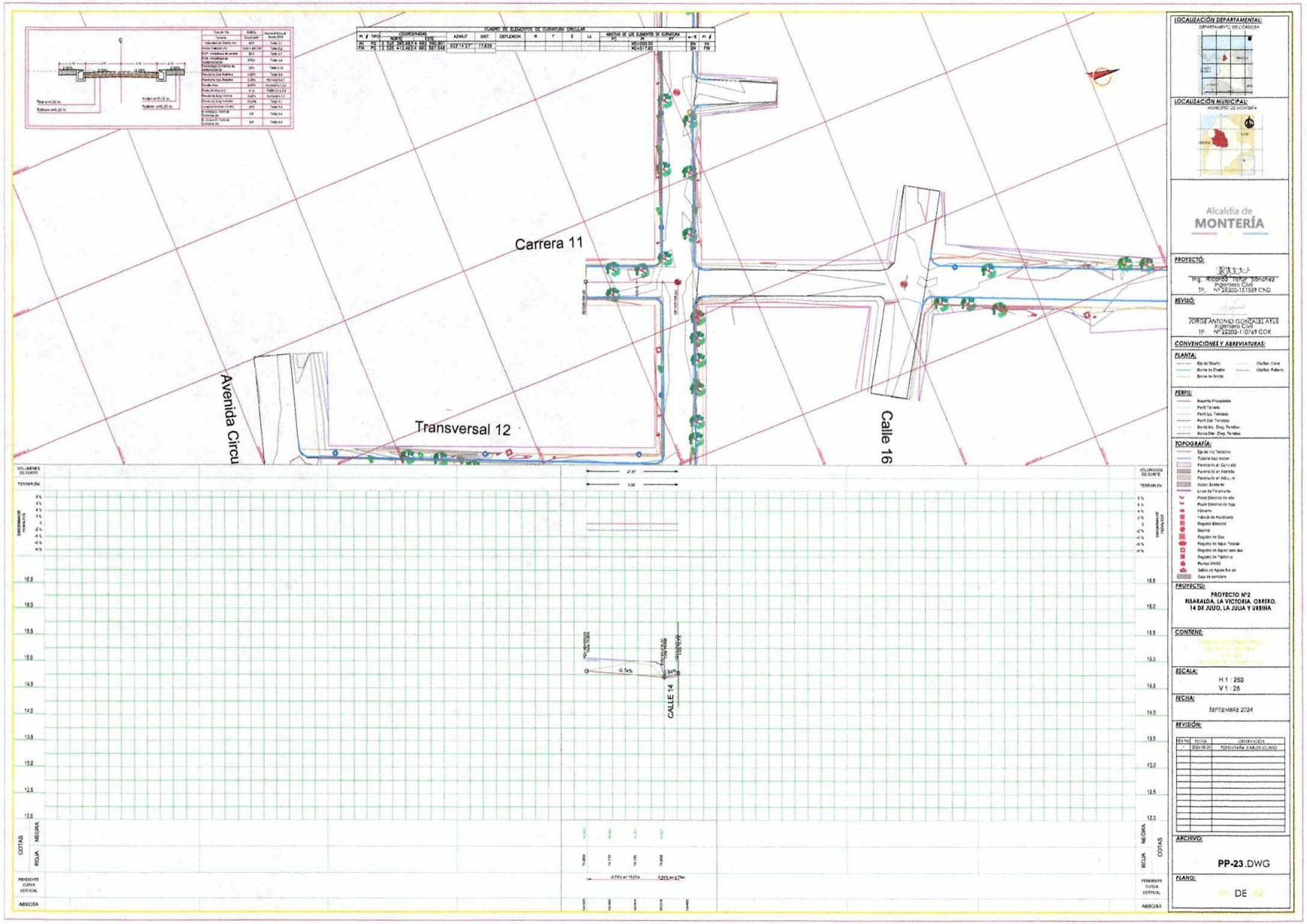
REVISIÓN:

REV. No	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-20	TOPOGRAFIA CARLOS SOLANO

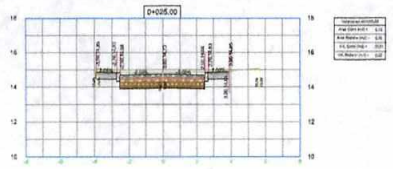
ARCHIVO:
PP-22.DWG

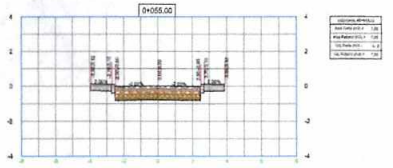
PLANO:
[illegible] DE [illegible]

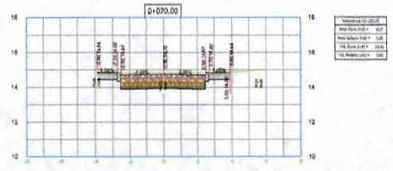
1256

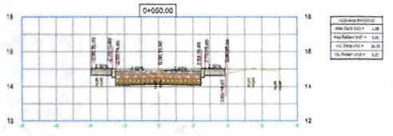

Carrera 11
Transversal 12
Calle 16
Avenida Circu
CALLE 14
LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
Alcaldía de MONTERÍA
PROYECTÓ:
Ing. Ricardo Tellez Sánchez
Profesional Civil
TP. N° 23202-151589 CND
REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Profesional Civil
TP. N° 22202-110769 COR
CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:
PLANTA:
PERFIL:
TOPOGRAFÍA:
PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA
CONTIENE:
ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25
FECHA:
SEPTIEMBRE 2024
REVISIÓN:
ARCHIVO:
PP-23.DWG
PLANO:
DE

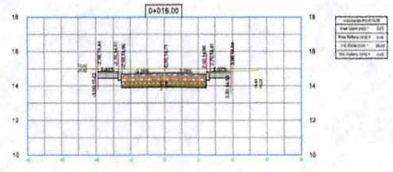
Anexo No. 2 Planos Secciones Transversales

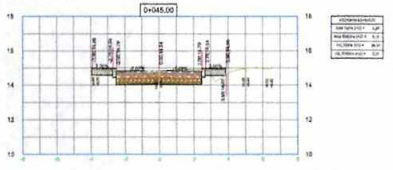


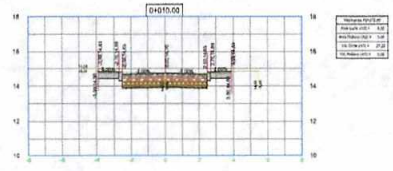


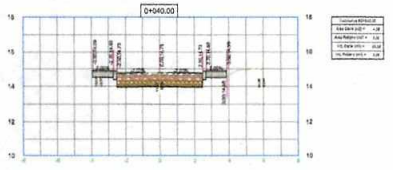


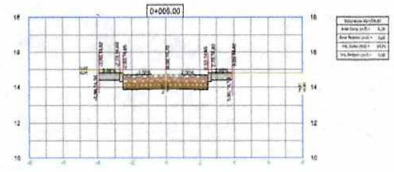


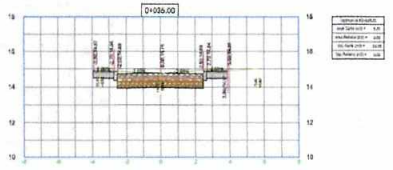


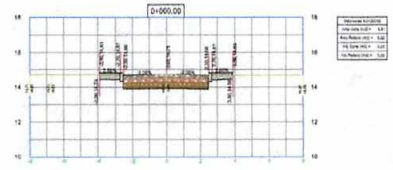


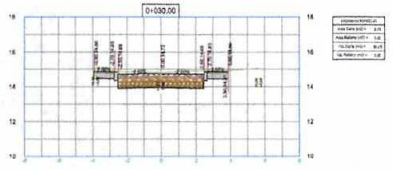


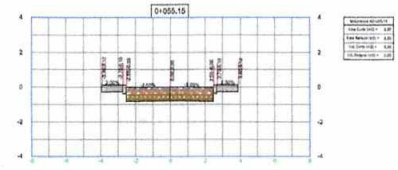












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tahor Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 25202-151569 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ ATUE
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110149 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Cloth. Cuneta
Cloth. Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sup. Terreno
Perfil Sup. Terreno
Borde Izq. Disp. Paralela
Borde Der. Disp. Paralela

TOPOGRAFÍA:

Eje de Vía Terciaria
Tubería tipo anden
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquín
Andén Existente
Línea de Parqueadero
Poste Eléctrico en Vía
Poste Eléctrico en Isla
Hidrante
Válvula de Alcantarillado
Registro Eléctrico
Teléfono
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefónica
Rampa DANE
Salida de Aguas Lluvias
Caja de Inspección

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ,
BALBOA Y LACHAIME

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-20	TOPOGRAFÍA CABLEOLEADO

ARCHIVO:

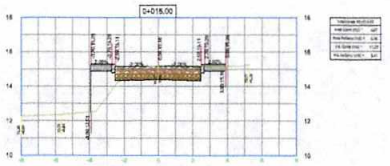
PP-10.DWG

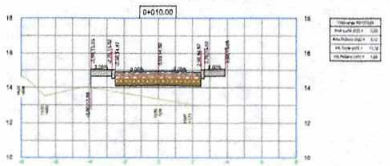
PLANO:

02 DE 03





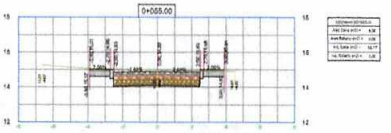


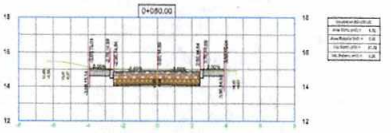


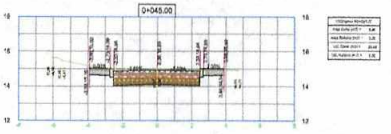


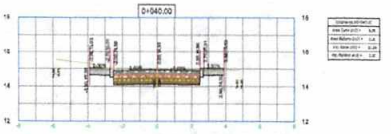


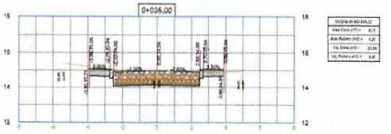


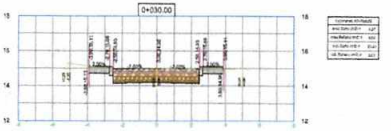


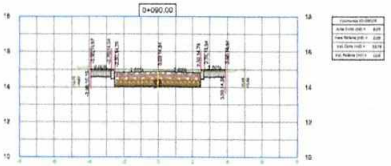


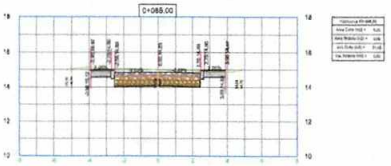




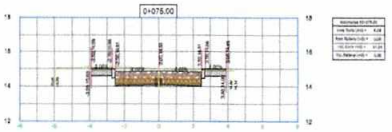


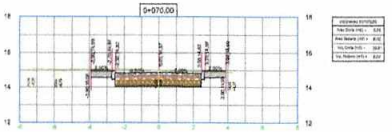


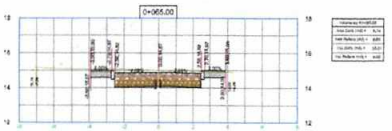












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:



Alcaldía de MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tony Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°23820-151539 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ ATUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22205-170749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Anden
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Eje Terreno
Perfil Ext. Terreno
Borde Izq. Disq. Pavimento
Borde Der. Disq. Pavimento

TOPOGRAFÍA:

Eje de Via Terreno
Cuneta tipo anden
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquin
Anden Existente
Borde de Pavimento
Postes Electricos de Alta
Postes Electricos de Baja
Palmera
Indicador de Hidrante
Registro Telefonico
Normal
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas Negras
Registro de Telefonica
Postes GPON
Salida de Aguas Lluvias
Casa de Contador

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ, BALBOA Y LACHARME

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-27	TOPOGRAFÍA CABLEOCEANO

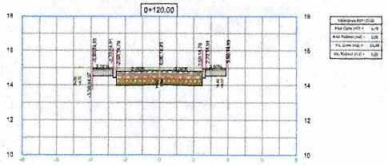
ARCHIVO:

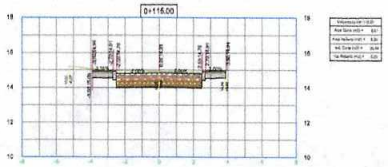
PP-11.DWG

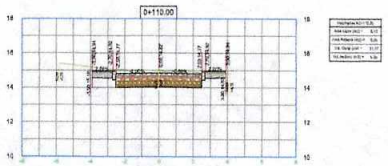
PLANO:

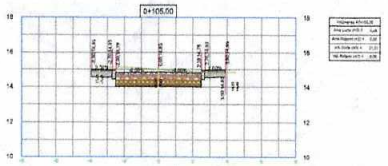
DE

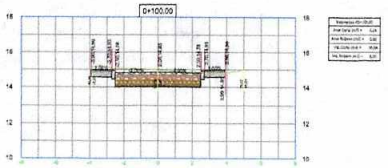
0260

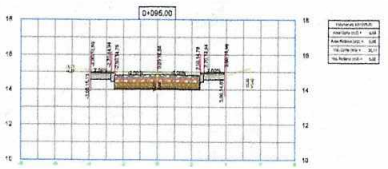


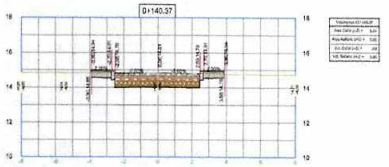


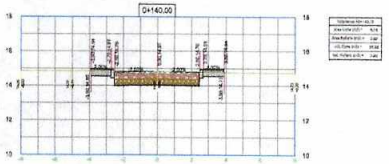


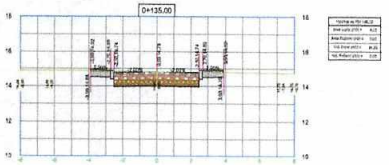


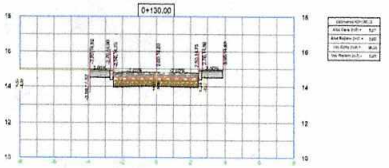














LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
T.P. N° 25202-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-1 0749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sup. Terreno
Perfil Inf. Terreno
Borde Izq. Disp. Pendtes
Borde Der. Disp. Terrales

TOPOGRAFÍA:

Eje de Via Terrestre
Tuberia bajo Anden
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asphalto
Pavimento en Adoquin
Andén Existente
Linea de Paramento
Poste Electrico de Alta
Poste Electrico de Baja
Telefonia
Valvula de Anucleado
Hidrante Existente
Nomina
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonia
Pozo de Visita
Salida de Aguas Lluvias
Caja de Semaforo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ, BALBOA Y LACHARME

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-27	TOPOGRAFÍA CABLEADO SOLANO

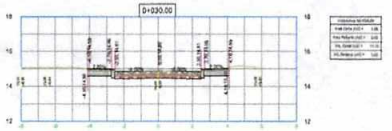
ARCHIVO:

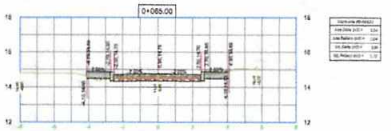
PP-11.DWG

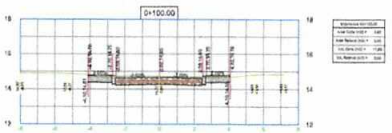
PLANO:

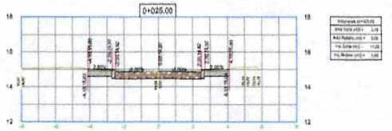
01 DE 03

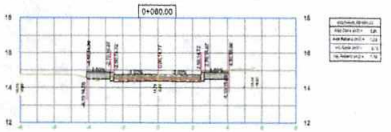
1961

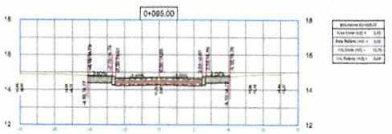


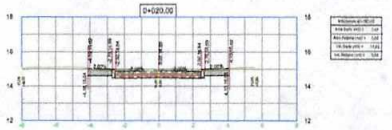


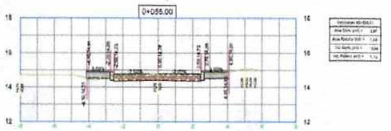


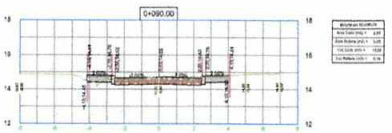


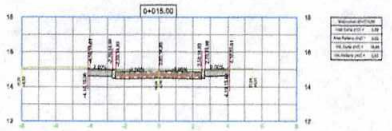


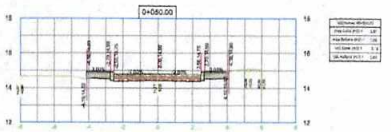


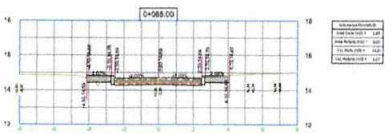


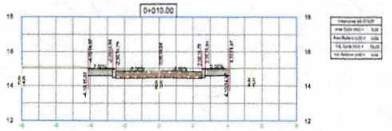


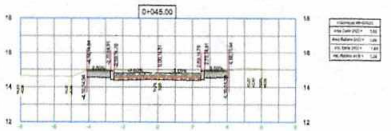


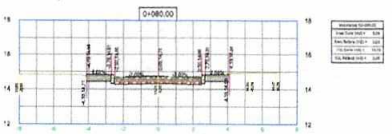


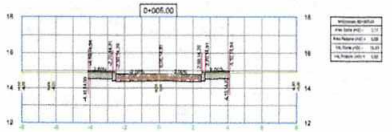


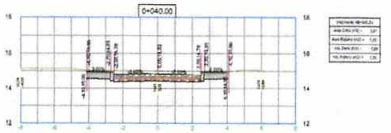


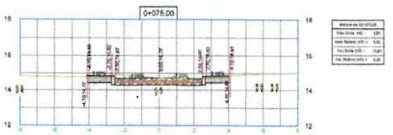


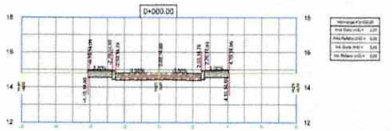


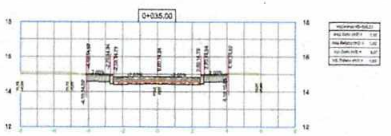


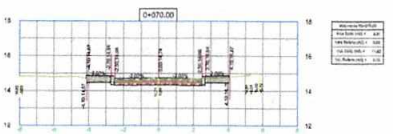












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°37202-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ ATUS
INGENIERO CIVIL
TP. N° 22202-110149 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Anden
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sub. Terraplén
Perfil Sub. Terraplén
Borde Izq. Disq. Perfiles
Borde Der. Disq. Perfiles

TOPOGRAFÍA:

Eje de Via Teleclico
Tuberia Baja presion
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquin
Anden Existente
Linea de Telefonia
Poste Electrico en Uso
Poste Electrico en Uso
Hidrante
Valvula de Acueducto
Registro Electrico
Bolardo
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonia
Rampa DANE
Sellos de Aguas Rus as
Caja de Inmobiliaria

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ,
BALBOA Y LACHARME

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-27	TOPOGRAFIA CABLES SOLANO

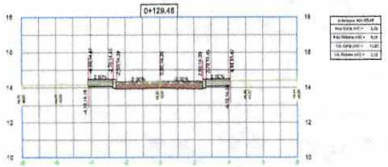
ARCHIVO:

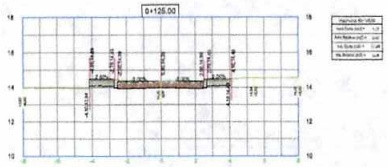
PP-12.DWG

PLANO:

02 DE 03

1262

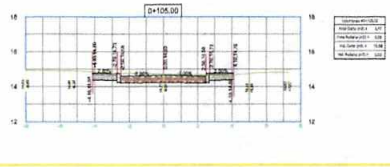












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 25820-151589 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ ATUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22200-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Lev. Terrenos
Perfil Eje Terreno
Borde Izq. Disp. Paralelo
Borde Der. Disp. Paralelo

TOPOGRAFÍA:

Eje de Lev. Topográfico
Tubería bajo andén
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquín
Andén Existente
Línea de Paramento
Poste Eléctrico en Alta
Poste Eléctrico en Baja
Hidrante
Válvula de Acueducto
Registro Eléctrico
Sardinel
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonía
Puntos GNSS
Sellos en Aguas Ser. en
Caja de Semáforo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ,
BALBOA Y LACHARME

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

Rev No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-27	TOPOGRAFÍA CABLES SOLANO

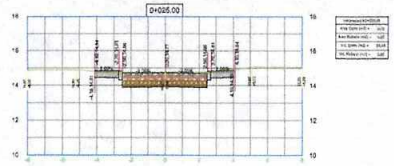
ARCHIVO:

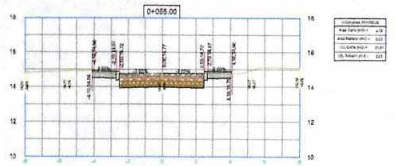
PP-12.DWG

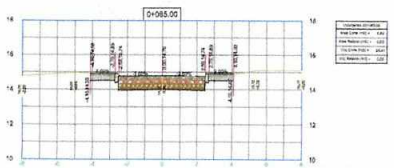
PLANO:

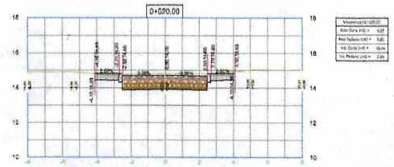
01 DE 01

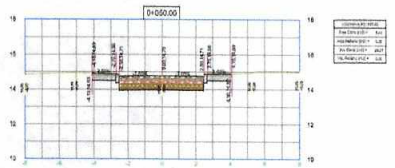
1263

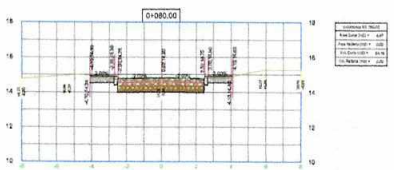


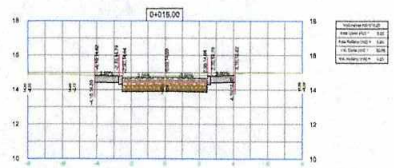


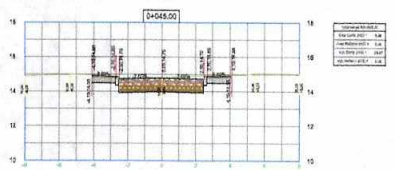


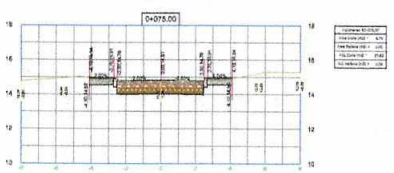


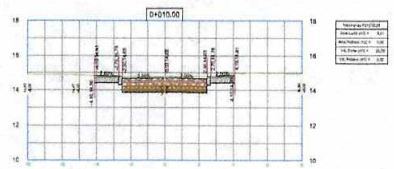


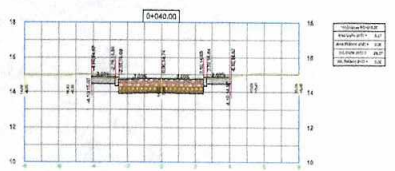


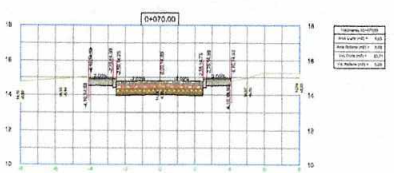


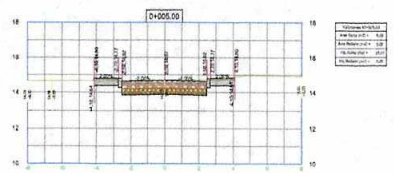


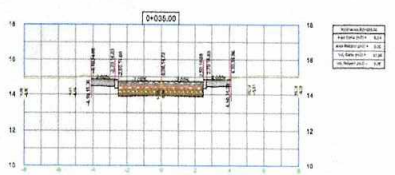




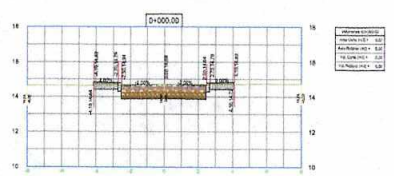


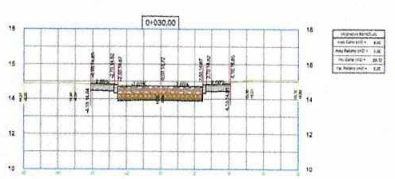


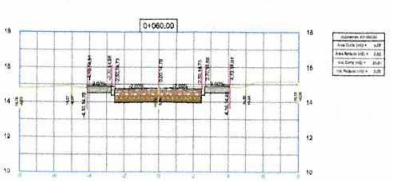












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:



Alcaldía de MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°23202-115159 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ ATUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110169 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

- Eje de Diseño
- Borde de Diseño
- Borde de Anclaje
- Cliotlen Corte
- Cliotlen Relleno

PERFIL:

- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Sup. Terraza
- Perfil Sup. Turnado
- Borde Izq. Excp. Pendtes
- Borde Der. Excp. Pendtes

TOPOGRAFÍA:

- Eje de Via Existente
- Tuberia tubo enterr
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfalto
- Pavimento en Adoquin
- Anden Existente
- Linea de Paramento
- Poste Electrico de alta
- Poste Electrico de baja
- Semaforo
- Valvula de Acueducto
- Hidrante Electrico
- Normal
- Pozo de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas servidas
- Registro de Telefonia
- Pozos CNSR
- Salida de Aguas Servidas
- Caja de contadores

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ, BALBOA Y LACHARME

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-24	TOPOGRAFIA CABLEOLEGANO

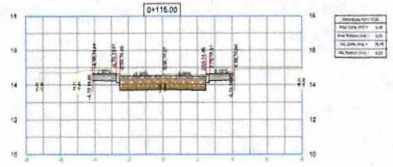
ARCHIVO:

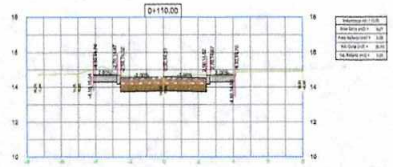
PP-13.DWG

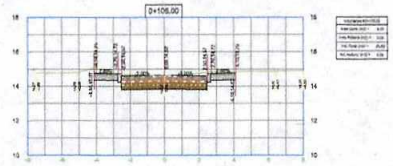
PLANO:

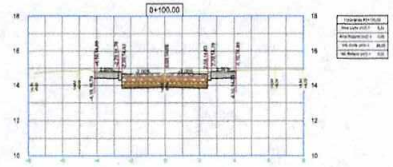
DE

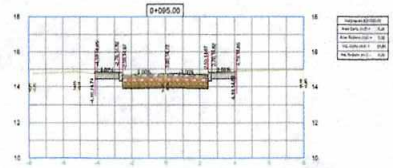
1264

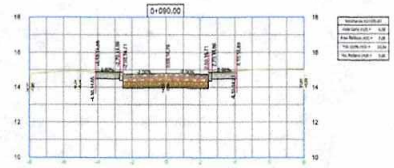
















LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 23203-151559 CND

REVISO:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYLS
Ingeniero Civil
TP. N° 22203-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Cliofan. Cliofe
Cliofan. Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sup. Terraplén
Perfil Dist. Terraplén
Borde Inf. Disp. Pendiente
Borde Exter. Disp. Pendiente

TOPOGRAFÍA:

Eje de Vía Topográfico
Tubería Sobre Andén
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquín
Andén - Sardinel
Línea de Paramento
Poste Eléctrico de Alta
Poste Eléctrico de Baja
Hidrante
Válvula de Acueducto
Registro Telefónico
Telefónico
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas Servidas
Registro de Fibra Óptica
Pozos GNSS
Salida de Aguas Lluvias
Caja de Semáforo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ, BALBOA Y LACHARME

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-24	TOPOGRAFÍA CABLEOSCURO

ARCHIVO:

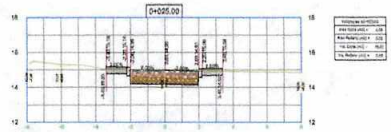
PP-13.DWG

PLANO:

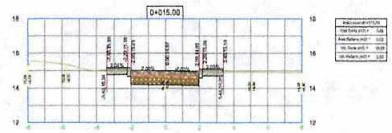
03 DE 30

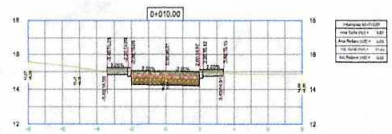
1265

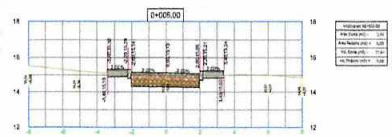


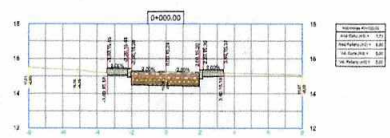


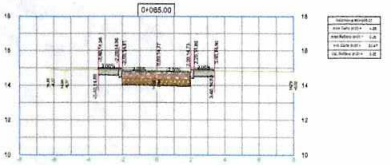


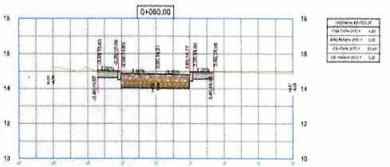










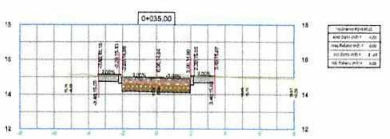


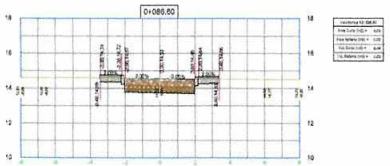


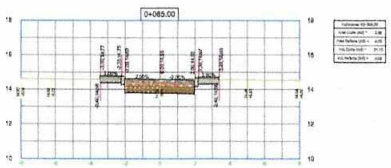




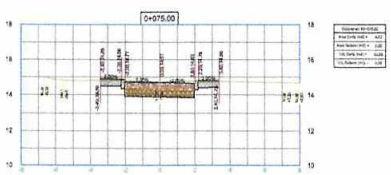














LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 25202-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ ATOS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110169 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

- Eje de Diseño
- Borde de Diseño
- Borde de Andén
- Chaflan Corte
- Chaflan Relleno

PERFIL:

- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Sub_Terraplen
- Perfil Del_Terraplen
- Borde Izq. Disp. Paralelo
- Borde Der. Disp. Paralelo

TOPOGRAFÍA:

- Eje de Via Tentativo
- Tuberia Agua Potable
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfaltico
- Pavimento en Adoquin
- Acceso Residencial
- Linea de Paramentos
- Poste Electrico de Alta
- Poste Electrico de Baja
- Hidrante
- Valvula de Reguladora
- Registro Electrico
- Normal
- Registro de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas Residuales
- Registro de Telefonia
- Arbol Grande
- Valvula de Aguas Residuales
- Caja de Bombeo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ, BALBOA Y LACHARME

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
	2024-09-25	TOPOGRAFÍA CAB.DO SCLAND

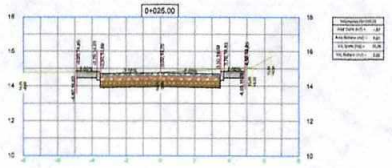
ARCHIVO:

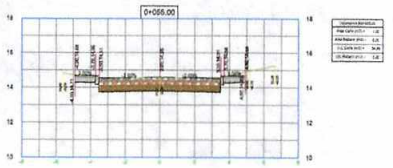
PP-14.DWG

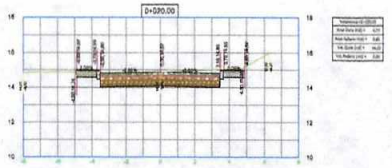
PLANO:

02 DE 02

1266







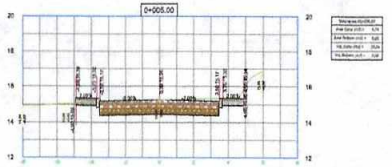










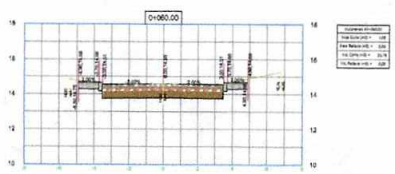












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°23302-151589 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-117049 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Berma
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sup. Terraplen
Perfil Sup. Terraplen
Perfil Eje Terraplen
Borde Izq. Diag. Peraltes
Borde Der. Diag. Peraltes

TOPOGRAFÍA:

Eje de la Tangente
Tuberia bajo ensue
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquin
Andén Existente
Linea de Paramento
Poste Electrico de alta
Poste Electrico de baja
Hidrante
Válvula de Movimiento
Registro Telefonico
Normal
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonia
Pertos GNSS
Talleo de Agua Bajo
Caja de Semaforo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
CHUCHURUBÍ, CHAMBACÚ, BALBOA Y LACHARME

CONTENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-27	*SUPERVISIÓN CARLOS SOLANO*

ARCHIVO:

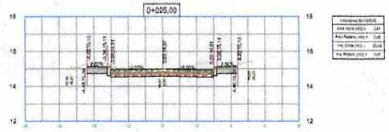
PP-15.DWG

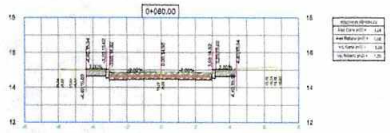
PLANO:

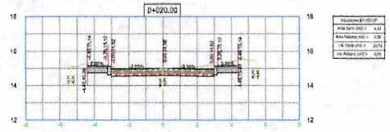
01 DE 01

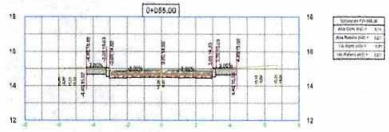






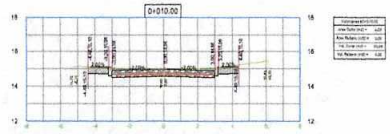


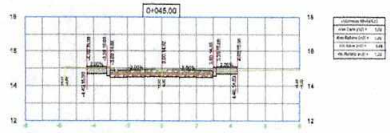


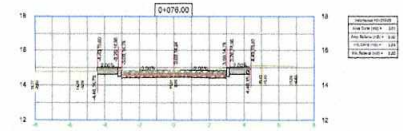




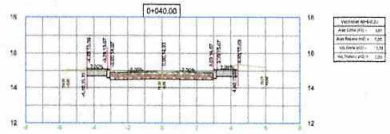


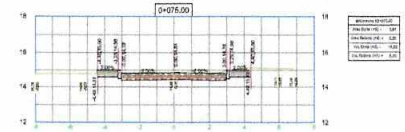






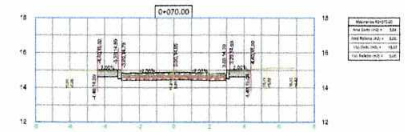












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 28202-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYOS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

- Eje de Diseño
- Borde de Diseño
- Borde de Anclaj
- Chaflan Corte
- Chaflan Relleno

PERFIL:

- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Sup. Terrazas
- Perfil Del. Terrazas
- Borde Inf. Elem. Pendtes
- Borde Del. Elem. Pendtes

TOPOGRAFÍA:

- Eje de Via Terciaria
- Tuberia bajo tierra
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfaltico
- Pavimento en Adoquin
- Anden Existente
- Linea de Paramento
- Poste Electrico de alta
- Poste Electrico de baja
- Hidrante
- Valvula de Movimiento
- Registro Electrico
- Sumidero
- Registro de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas servidas
- Registro de Telefonia
- Pozos Varios
- Valvula de Aguas Servidas
- Caja de contador

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, CERRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-30	*ORDENANZA CARLOS ECLANO

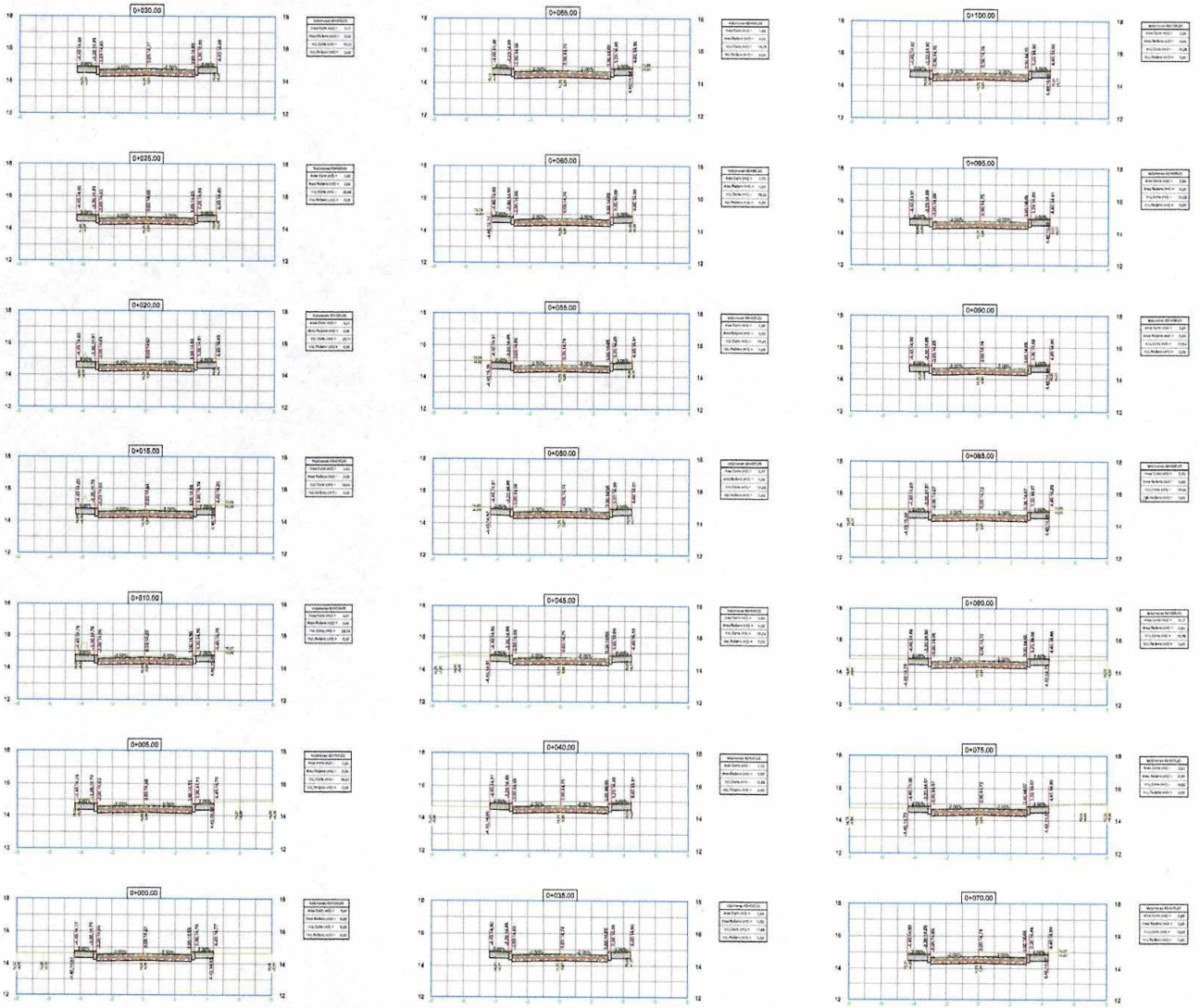
ARCHIVO:

PP-16.DWG

PLANO:

01 DE 01

1268



LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:
Ing. Andrés Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 25202-151559 CND

REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALES AYOS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:
- Eje de Diseño
- Borde de Diseño
- Borde de Andén
- Chaflán Corte
- Chaflán Relleno

PERFIL:
- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Izq. Terraplen
- Perfil Der. Terraplen
- Borde Izq. Dren. Pluvial
- Borde Der. Dren. Pluvial

TOPOGRAFÍA:
- Eje de Vía Terciaria
- Tubería baja presión
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfalto
- Pavimento en Adoquín
- Andén Existente
- Línea de Paramento
- Poste Energía de Luz
- Poste Energía de Luz
- Hidrante
- Válvula de Acueducto
- Registro Eléctrico
- Medidor
- Registro de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas servidas
- Registro de Telefonía
- Punto GNSS
- Sumidero de Aguas Lluvias
- Caja de semáforo

PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:
PLANTA PERFIL
PLANTA PERFIL

ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:
SEPTIEMBRE 2024

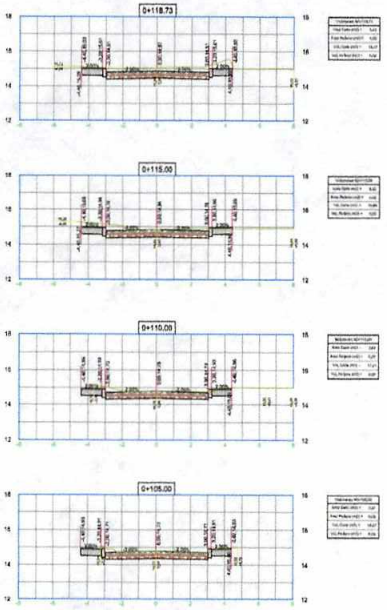
REVISIÓN:

REV No	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-20	TOPOGRAFÍA CARLOS SOLANO

ARCHIVO:
PP-17.DWG

PLANO:
DE

1269



LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:
Ing. Ricardo Yance Jaramillo
Ingeniero Civil
TP. N° 25202-151599 CND

REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-117169 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:
- Eje de Diseño
- Borde de Bitúmen
- Borde de Anclaje
- Obstáculo Zona
- Obstáculo Puntual

PERFIL:
- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Izq. Terraplen
- Perfil Der. Terraplen
- Borde Izq. Disp. Peraltes
- Borde Der. Disp. Peraltes

TOPOGRAFÍA:
- Eje de Vía Tentativo
- Tubería bajo presión
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfalto
- Pavimento en Adoquín
- Andén Sardinel
- Línea de Paramento
- Poste Electricidad alto
- Poste Electricidad bajo
- Hidrante
- Válvula de Acueducto
- Registro Eléctrico
- Medidor
- Registro de Gas
- Registro de Aguas Potable
- Registro de Aguas servidas
- Registro de Telefonía
- Pontos GNSS
- Sellos de Aguas Lluvias
- Caja de semáforo

PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBSERO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:
SEPTIEMBRE 2024

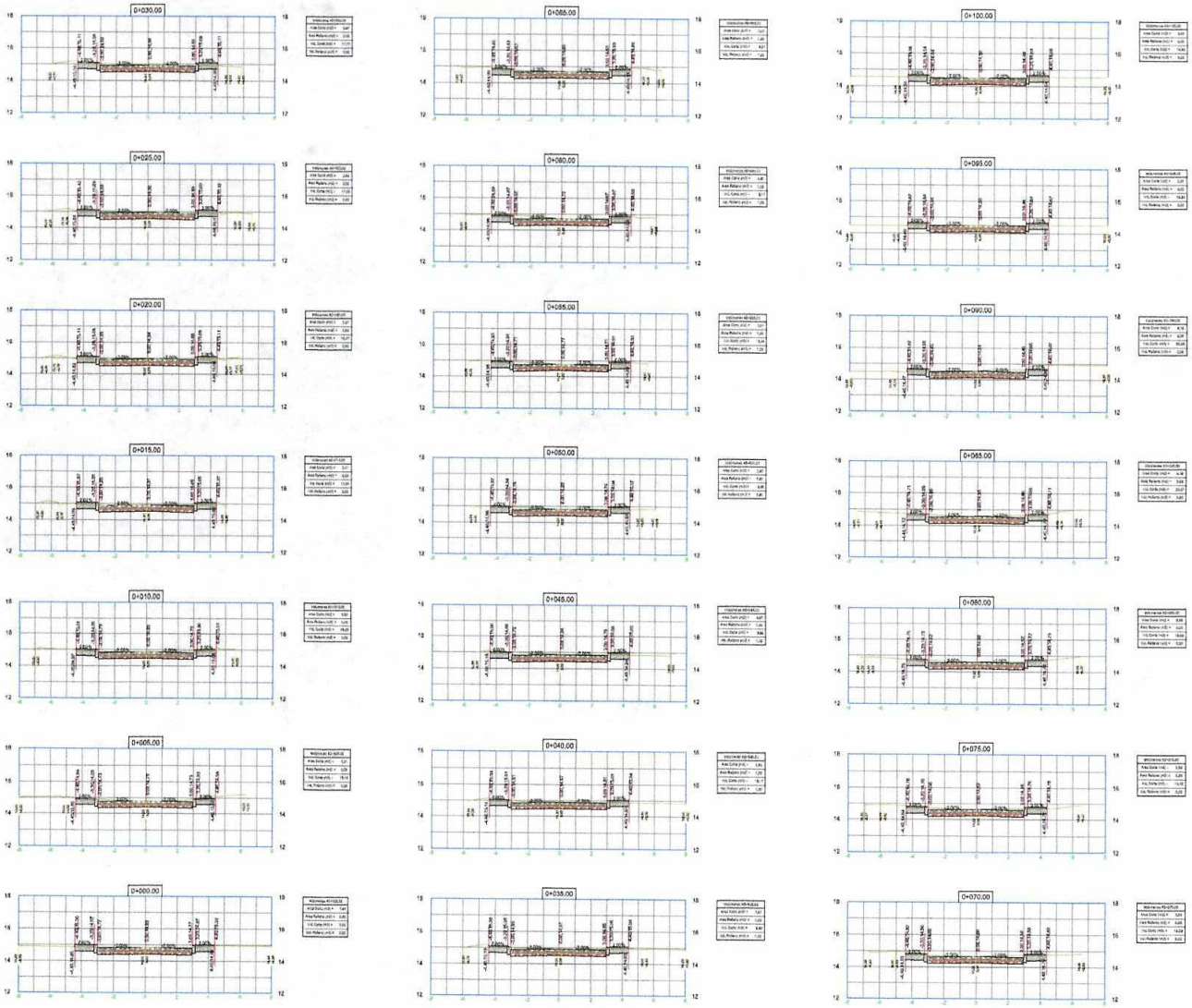
REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
	2024-09-27	TOPOGRAFIA CAMBIO SELANO

ARCHIVO:
PP-17.DWG

PLANO:
DE

1230



LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
MUNICIPIO DE MONTERÍA

Alcaldía de MONTERÍA

PROYECTÓ:
Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°258032-151509 CND

REVISÓ:
JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYOS
Ingeniero Civil
TP. N°22052-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:
- Eje de Diseño
- Borde de Diseño
- Borde de Anclaje
- Chaflan. Corte
- Chaflan. Relleno

PERFIL:
- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Sup. Terraplen
- Perfil Sup. Excavación
- Borde Sup. Disp. Peatonal
- Borde Ext. Disp. Peatonal

TOPOGRAFÍA:
- Eje de Vía Terciaria
- Tubería Baja presión
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfalto
- Pavimento en Adoq. o
- Andén Existente
- Línea de Paramento
- Poste Eléctrico de alta
- Poste Eléctrico de Baja
- Hidrante
- Válvula de Acueducto
- Registro Sanitario
- Natural
- Registro de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas residuales
- Registro de Telefonía
- Postes GAUS
- Válvula de Aguas Lluvias
- Caja de semáforo

PROYECTO:
PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:
H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:
SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
	2024-09-24	TOPOGRAFÍA CABLES SOLANO

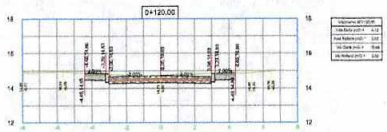
ARCHIVO:
PP-18.DWG

PLANO:
DE

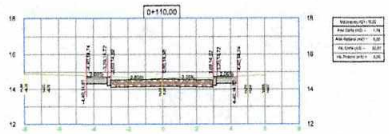


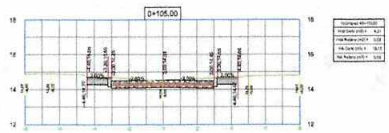


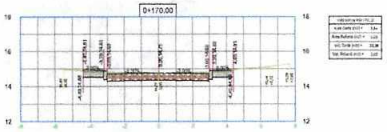


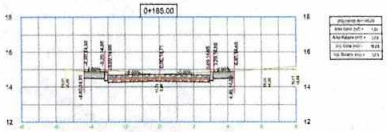




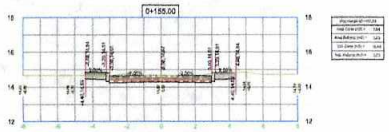




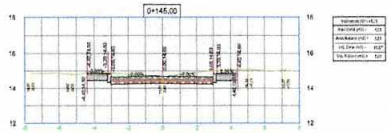


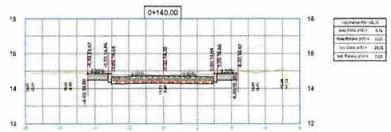


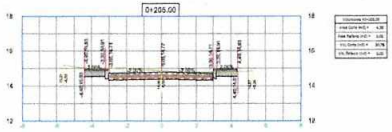


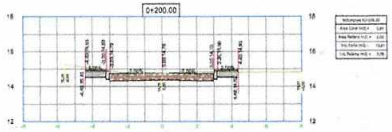


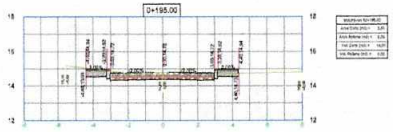


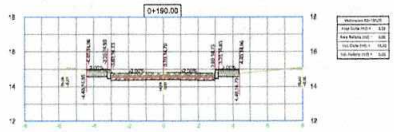


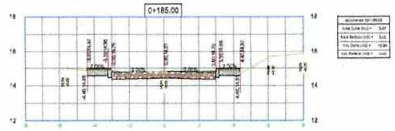


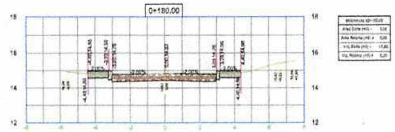


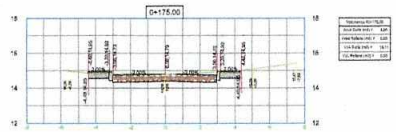












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°.25202-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

- Eje de Diseño
- Borde de Diseño
- Borde de Anden
- Cbarlen. Cuna
- Cbarlen. Rebaro

PERFIL:

- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Sup. Terreno
- Perfil Exist. Terreno
- Borde Izq. Disp. Peraltes
- Borde Der. Disp. Peraltes

TOPOGRAFÍA:

- Eje de Via Tentativo
- Tuberia bajo poder
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfalto
- Pavimento en Adoquines
- Anden Bordillo
- Linea de Paramentos
- Poste Electrico de Alta
- Poste Electrico de Baja
- Arboles
- Valvula de Acueducto
- Registro Telefonico
- Rejilla
- Registro de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas servidas
- Registro de Fabrica
- Pertos GNSS
- Valvula de Agua Sub ea
- Caja de semaforo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

Rev No	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-27	TERMINACIÓN CAMILO SOLANO

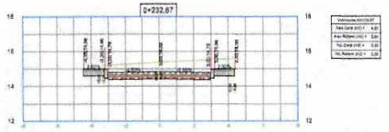
ARCHIVO:

PP-18.DWG

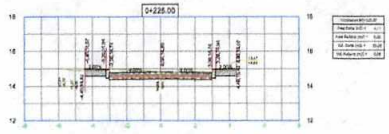
PLANO:

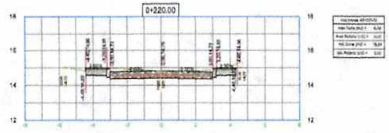
04 DE 00

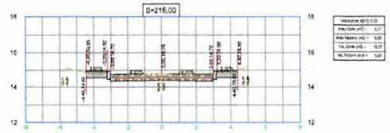
1292

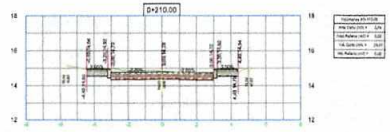












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 253022-151559 CND

REVISO:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYOS
Ingeniero Civil
TP. N° 22203-115749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sub. Terraplen
Perfil Sub. Terraplen
Borde Inf. Disp. Pavimo
Borde Sup. Disp. Pavimo

TOPOGRAFÍA:

Eje de Via Temporal
Tuberia bajo suelo
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquin
Acceso Residencial
Linea de Paramento
Poste Electrico en via
Poste Electrico en Sub
Hidrante
Valvula de Acueducto
Aforo Existente
Sanitario
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonia
Pantalla ENSS
Valvula de Aguas Servidas
Caja de semaforo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No	FECHA	OBSERVACIÓN
	2024-09-24	TOPOGRAFIA CABLES SOLANO

ARCHIVO:

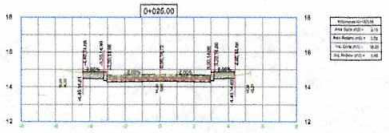
PP-18.DWG

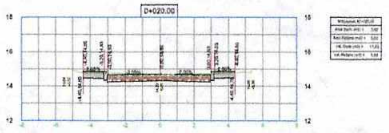
PLANO:

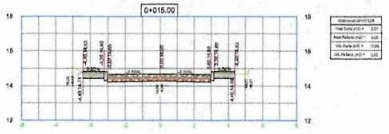
05 DE 08

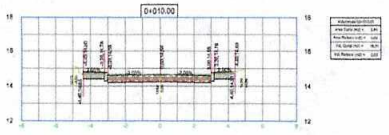
1243

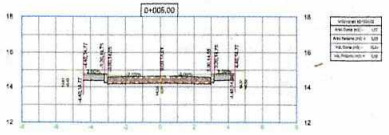


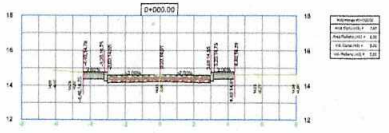


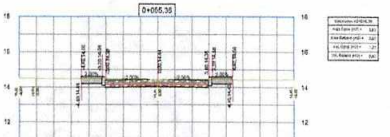






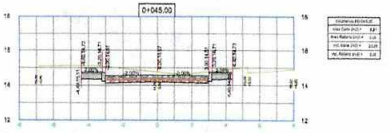


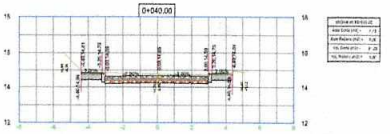


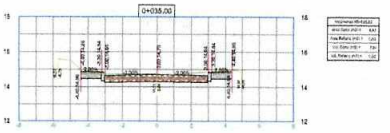












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°25202-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N°22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfiles Terreno
Perfil Eje Terreno
Borde Izq. Elaj. Pluviales
Borde Der. Elaj. Pluviales

TOPOGRAFÍA:

Eje de Via Terciaria
Tuberia baja presion
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquin
Acceso Solidario
Linea de Paramento
Poste Electrico de Vida
Poste Electrico de Hule
Hidrante
Valvula de Acueducto
Registro Electrico
Natural
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonia
Pozos UNDS
Salida de Aguas Lluvias
Caja de semaforo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBREFO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

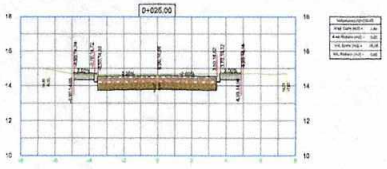
REV N°	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-30	TOPOGRAFÍA CARLOS SOLANO

ARCHIVO:

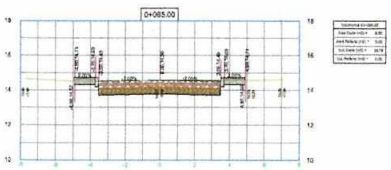
PP-19.DWG

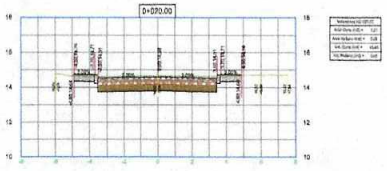
PLANO:

02 DE 02



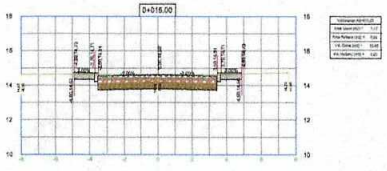


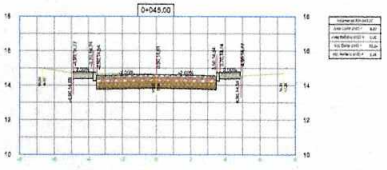




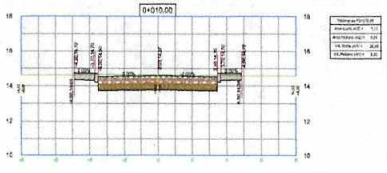


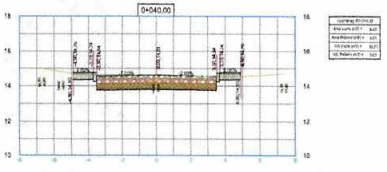


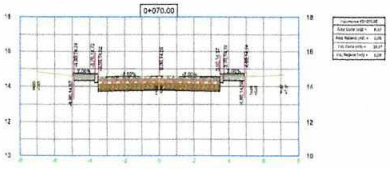


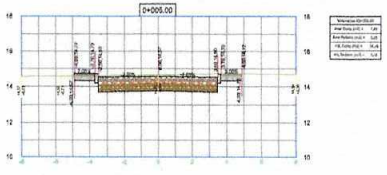




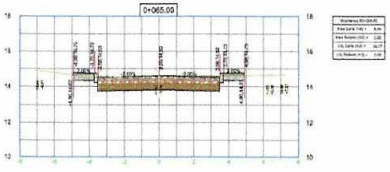


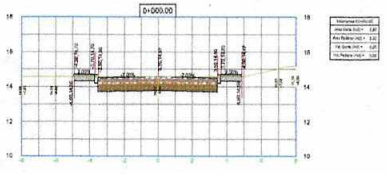


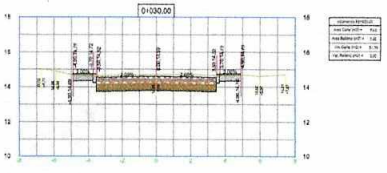


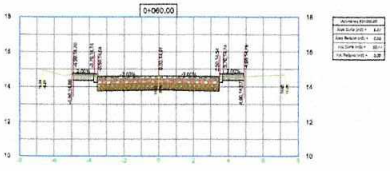












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA

Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°25202-151559 CND

REVISO:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYOS
Ingeniero Civil
TP. N°22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

- Eje de Diseño
- Borde de Pivote
- Borde de Anden
- Chaflan Corte
- Chaflan Relleno

PERFIL:

- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Izq. Terraceo
- Perfil Der. Terraceo
- Borde Izq. Disg. Pavimo
- Borde Der. Disg. Pavimo

TOPOGRAFÍA:

- Eje de Via Terciaria
- Tuberia Baja presion
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfalto
- Pavimento en Adoquin
- Anden Sardinel
- Limite de Propiedad
- Poste Electrico de Alta
- Poste Electrico de Baja
- Hidrante
- Valvula de Ventosa
- Registro Electrico
- Manhol
- Registro de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas Servidas
- Registro de Telefonia
- Pozos GNSS
- Caseta de Aguas Residuales
- Caja de semaforo

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-24	TOPOGRAFIA CABLES SICANO

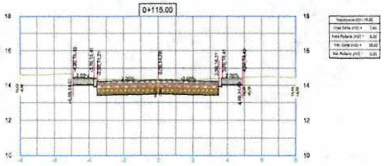
ARCHIVO:

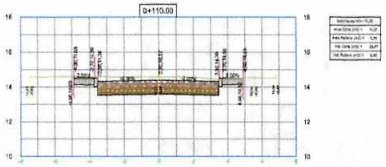
PP-20.DWG

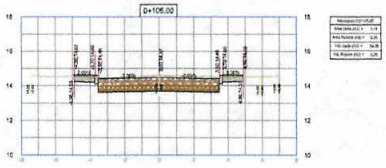
PLANO:

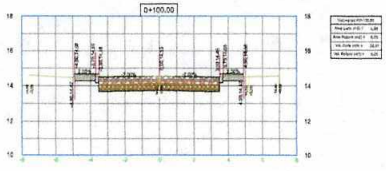
DE

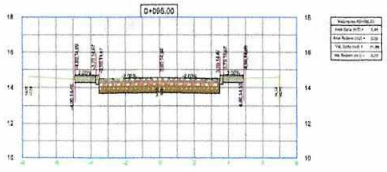
125

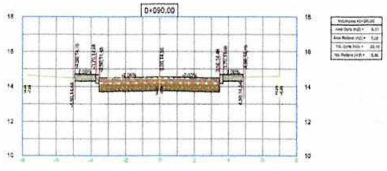


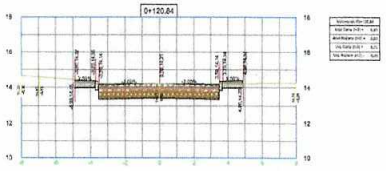


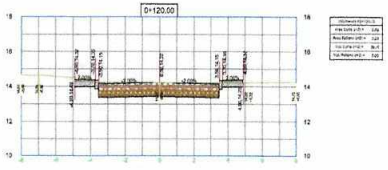












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 253021-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYOS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Chaflán Corte
Chaflán Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Eje Temporal
Perfil Eje Terminado
Borde Izq. Disp. Paradero
Borde Der. Disp. Paradero

TOPOGRAFÍA:

Eje de Vía Temporal
Tubería bajo enclave
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquín
Andén Sinterizado
Límite de Pavimento
Poste Eléctrico de alta
Poste Eléctrico de baja
Hidrante
Válvula de Acueducto
Registro Eléctrico
Nomenclatura
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefónica
Portico GAS
Sellos de Aguas Lluvias
Caja de servicios

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBTERO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	DESCRIPCIÓN
	2024-09-20	TOPOGRAFÍA CABIDO SOLANO

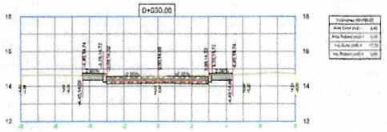
ARCHIVO:

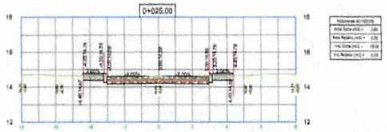
PP-20.DWG

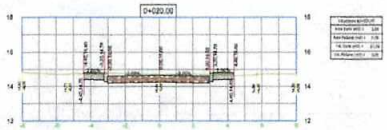
PLANO:

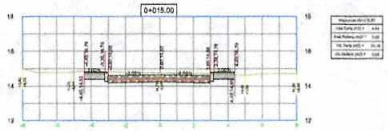
DE

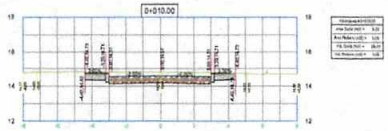
1246

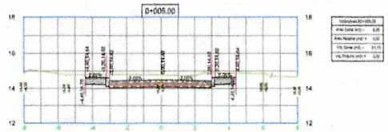


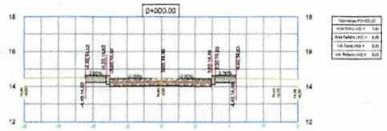


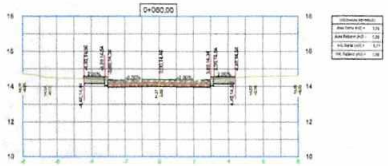


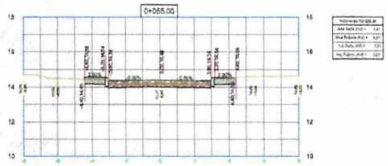


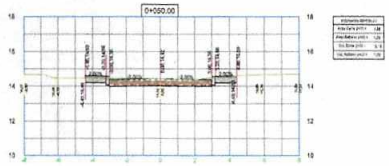


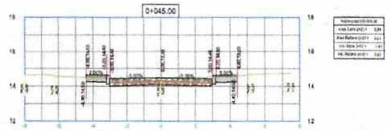


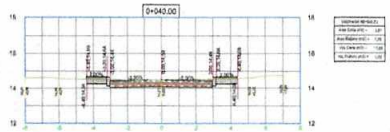


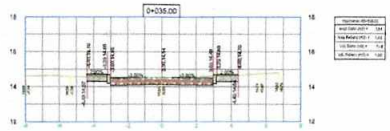


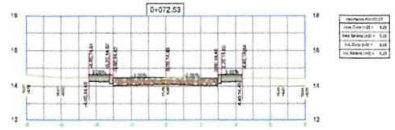


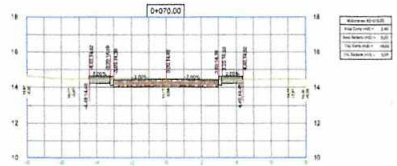


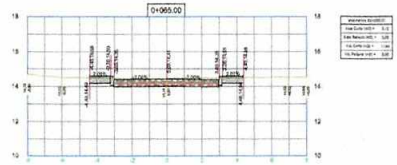












LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tahor Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 18320-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AVIS
Ingeniero Civil
TP. N° 22302-210149 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Cloriam Corte
Cloriam Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Izq. Terreno
Perfil Der. Terreno
Borde Izq. Disp. Paralela
Borde Der. Disp. Paralela

TOPOGRAFÍA:

Eje de Vía Peatonal
Tubería bajo sobre
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquín
Andén Existente
Línea de Paramento
Poste Eléctrico de Vía
Poste Eléctrico de Red
Hidrante
Válvula de Acueducto
Registro Eléctrico
Natural
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefónica
Pantalla GAUS
Caída de Agua En el
Cota de terreno

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV. No.	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-27	TOPOGRAFIA CARLOS SOLANO

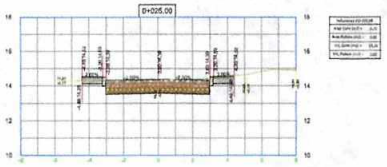
ARCHIVO:

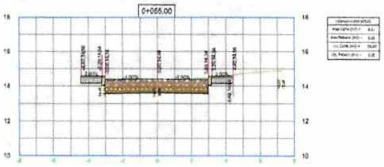
PP-21.DWG

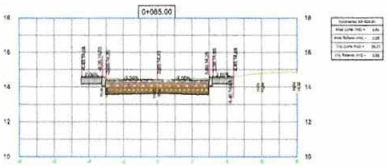
PLANO:

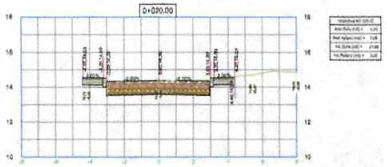
01 DE 01

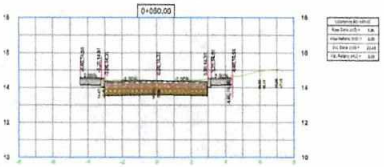
12.24

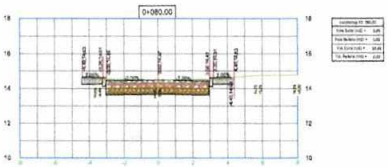


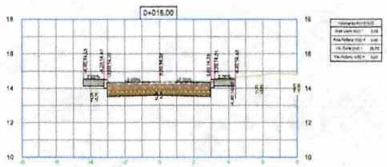




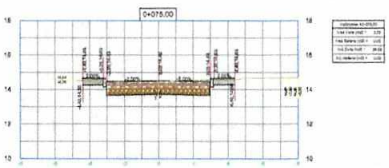




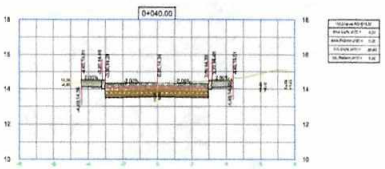


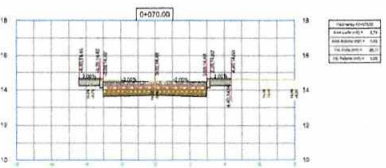


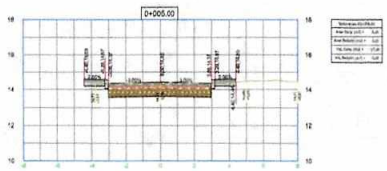






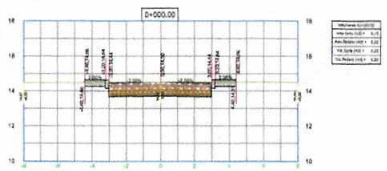


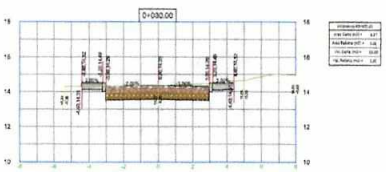














LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tapia Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N°25202-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYOS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110749 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

- Eje de Diseño
- Borde de Diseño
- Borde de Andén
- Chaflán Cinta
- Chaflán Pedero

PERFIL:

- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Sup. Terminado
- Perfil Inf. Terminado
- Borde Izq. Elog. Peraltes
- Borde Der. Elog. Peraltes

TOPOGRAFÍA:

- Eje de Vía Existente
- Cuneta tipo sencilla
- Pavimento en Concreto
- Pavimento en Asfalto
- Pavimento en Adoquín
- Andén Existente
- Línea de Paramento
- Poste Eléctrico de alta
- Poste Eléctrico de baja
- Telefono
- Valvula de Acueducto
- Registro Eléctrico
- Natural
- Registro de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas residuales
- Registro de Telefonica
- Pantalla ENEL
- Valvula de Aguas Residuales
- Caja de contador

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REVISIÓN	FECHA	OBSERVACIÓN
1	2024-09-20	TOPOGRAFÍA, CABILDO VOLANTE

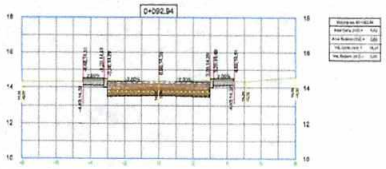
ARCHIVO:

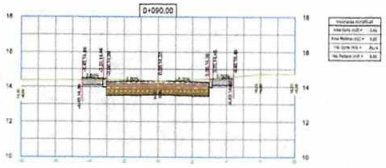
PP-22.DWG

PLANO:

02 DE 03

128





LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CORDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 23309-151559 CND

REVISÓ:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYOS
Ingeniero Civil
TP. N° 22309-115149 COR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

Eje de Diseño
Borde de Diseño
Borde de Andén
Chaflan Corte
Chaflan Relleno

PERFIL:

Rasante Proyectada
Perfil Terreno
Perfil Sub-Terraplen
Perfil Sub-Terraplen
Borde Izq. Disq. Pendiente
Borde Der. Disq. Pendiente

TOPOGRAFÍA:

Eje de Vía Terciaria
Tuberia Aguas Arriba
Pavimento en Concreto
Pavimento en Asfalto
Pavimento en Adoquines
Andén Existente
Linea de Paramento
Poste Electrico de alta
Poste Electrico de baja
Hidrante
Valvula de Acueducto
Registro Electrico
Telefonia
Registro de Gas
Registro de Agua Potable
Registro de Aguas servidas
Registro de Telefonia
Porteria CAUCE
Caseta de Aguas Lluvias
Caja de contador

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO,
14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTIENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
	2024-09-27	TOPOGRAFÍA CARLOS SOLANO

ARCHIVO:

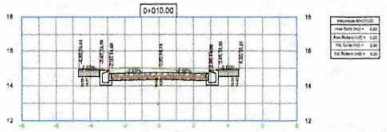
PP-22.DWG

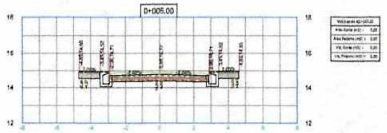
PLANO:

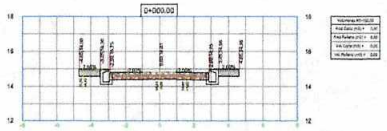
01 DE 20











LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:

MUNICIPIO DE MONTERÍA



Alcaldía de
MONTERÍA

PROYECTÓ:

Ing. Ricardo Tafur Sánchez
Ingeniero Civil
TP. N° 28202-151559 CND

REVISO:

JORGE ANTONIO GONZALEZ AYUS
Ingeniero Civil
TP. N° 22202-110749 CDR

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

PLANTA:

- Eje de Diseño
- Borde de Diseño
- Borde de Anclaje
- Cliafan. Cuneta
- Cliafan. Pollarro

PERFIL:

- Rasante Proyectada
- Perfil Terreno
- Perfil Izq. Terreno
- Perfil Der. Terreno
- Borde Izq. Esq. Pendiente
- Borde Der. Esq. Pendiente

TOPOGRAFÍA:

- Eje de Via Terrestre
- Tuberia bajo tierra
- Pendiente en Concreto
- Pavimento en Asfalto
- Pavimento en Adoquin
- Anden Existente
- Linea de Paramento
- Poste Electrico de Alta
- Poste Electrico de Baja
- Arborete
- Valvula de Acueducto
- Medidor Electrico
- Natural
- Registro de Gas
- Registro de Agua Potable
- Registro de Aguas servidas
- Registro de Telefonia
- Porton CASA
- Tanque de Agua Enterrado
- Cerca de cemento

PROYECTO:

PROYECTO N°2
RISARALDA, LA VICTORIA, OBRERO, 14 DE JULIO, LA JULIA Y URBINA

CONTENE:

ESCALA:

H 1 : 250
V 1 : 25

FECHA:

SEPTIEMBRE 2024

REVISIÓN:

REV No.	FECHA	OBSERVACIÓN
	2024-09-24	*TOPOGRAFÍA CARLOS SOLANO*

ARCHIVO:

PP-23.DWG

PLANO:

01 DE 02

1280

CONSORCIO MTR

INFORME Y DISEÑO DE PAVIMENTO

CONVIAL | IAS ACCREDITED STAREGISTER | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

NIT 901847594-7

PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 1, 4, 5 Y 9 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

ELABORADO POR:

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES

SEPTIEMBRE DE 2024

Tabla de contenido

Tabla de contenido 1

Introducción 1

1. Objetivos 2

1.1 Objetivo general 2

1.2 Objetivos específicos 2

2. Generalidades del proyecto 3

2.1 Localización del proyecto 3

2.2 Descripción del proyecto 4

3. Metodología 5

3.1 Trabajo de campo geotécnico 5

3.2 Caracterización vehicular 5

3.3 Diseño de estructura de pavimento 8

3.1.1 Método Portland Cement Association [PCA]para diseño de pavimentos de concreto 8

3.1.1.1 Análisis de fatiga 9

3.1.1.2 Análisis de Erosión 9

3.1.2 Variables de diseño método Portland Cement Association [PCA] 9

4.0 Resultados 10

4.1 Caracterización geotécnica 10

4.1.1 Descripción de la subrasante 10

4.1.2 Valor de capacidad relativa de soporte 10

4.1.3 Mejoramiento de la subrasante 11

4.2 Estudio de tránsito 14

4.3 Espesores de estructura de pavimento 16

4.3.1 Conformación de la subbase granular 16

4.3.2 Diseño Estructura de pavimento rígido 18

4.4 Geometría de losas de concreto hidráulico 20

4.5 Diseño de juntas 24

4.6 Sello de juntas 27

4.7 Drenajes 28

5.0 Conclusiones 29

6.0 Recomendaciones 31

7.0 limitaciones del estudio 36

8.0 Bibliografía 37

ANEXOS 38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tramos viales para diseñar 3
Tabla 2. Estimación del factor carril 7
Tabla 3. Estimación de K_3 para la proyección de tráfico 8
Tabla 4. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR 11
Tabla 5 Espesores de relleno existente y espesor remante 12
Tabla 6. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 1 (Holanda y Republica de Panamá) 14
Tabla 7. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 5 (Chuchurubí, Chambacú, Balboa, Lacharme) 14
Tabla 8. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 5 (Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 de Julio, La Julia y Urbina.) 15
Tabla 9. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 9 (Mocarí e INEM) 15
Tabla 10. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 4 (Pablo VI, Villa Margarita, Alfonso López, 2 de Septiembre, Los Araújos, Nueva Esperanza, Villa Melissa, Furatena y Los Robles I) 15
Tabla 11. Franjas granulométricas del material subbase granular 16
Tabla 12. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR 17
Tabla 13. Resultados de diseño de espesor de losa 19
Tabla 14. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 200 mm de espesor y 40 kgf/cm². 21
Tabla 15. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 190 mm de espesor y 40 kgf/cm². 21
Tabla 15. Característica de acero de juntas transversales. 26
Tabla 16. Característica de acero de juntas longitudinales 26
Tabla 17. Espesores de estructura de pavimento tramos viales comunas 6 y 4 29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sector 4
Figura 2. Categorización de camiones 6
Figura 3. Relación entre clasificación de suelo y los valores de CBR y módulo de reacción de la subrasante .... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados 22
Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa). 22
Figura 6. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados. 23
Figura 7. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección 23
Figura 8. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa 23
Figura 10. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales 24
Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales 25
Figura 11. Estructura de pavimento definitiva 26
Figura 12. Estructura de pavimento definitiva .... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ" 34

Introducción

En el presente informe se presentan los resultados del diseño de espesores de la estructura de pavimento rígido a través del método de Portland Cement Association [PCA] en los tramos viales urbanos correspondientes al grupo de prioridad 2 de las comunas 1, 4, 5 y 9 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba, para lo cual se requiere como insumo la caracterización de las propiedades geomecánicas del suelo de soporte y la descripción de la carga vehicular proyectada en el periodo de diseño.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

- Determinar los espesores de subbase granular y capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido en función de las características mecánicas del suelo natural de soporte y las cargas vehiculares en el periodo de diseño en los tramos viales urbanos correspondientes a las comunas 1,4,5 y 9, en el municipio de Montería, Córdoba, a través del método de diseño de la Portland Cement Association [PCA].

1.2 Objetivos específicos

- Determinar el espesor de subbase granular de la estructura de pavimento rígido en función del aporte que genera al conjunto Subbase – subrasante.
- Determinar el espesor de la capa de rodadura en concreto hidráulico en función de la respuesta mecánica del conjunto subbase – subrasante.
- Determinar la geometría de las losas de concreto hidráulico que conforman la capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido.

2. Generalidades del proyecto

2.1 Localización del proyecto

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del Municipio de Montería, en el Departamento de Córdoba. Este estudio presenta como objeto diseñar la estructura de pavimento rígido de los tramos viales urbanos correspondientes a las comunas 1, 4, 5 y 9. A continuación, se muestra una relación de las vías y una imagen del sector:

Tabla 1. Tramos viales para diseñar

Comuna	Barrios	Descripción
1	Holanda y Republica de Panamá	Calle 16A entre carrera 3W y carrera 7AW
		Carrera 7W entre calle 16A y calle 17
		Carrera 7AW entre calle 18 y calle 20
		Carrera 8W entre calle 20 y calle 19
		Calle 19A entre calle 20 y carrera 8AW
5	Chuchurubí, Chambacú, Balboa y Lacharme.	Carrera 9A entre calle 23 y calle 24
		Carrera 10 entre calle 22 y calle 22C
		Calle 17A entre carrera 8B y carrera 9
		Calle 18 entre carrera 8B y carrera 9
		Carrera 8C entre calle 14 y calle 15
		Calle 14 entre carrera 8C y carrera 8D
	Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 de Julio, La Julia y Urbina.	Carrera 11 entre calle 15 y calle 16B
		Carrera 12 entre calle 16 y calle 16A
		Calle 14 entre carrera 9 y carrera 12
		Carrera 12 entre avenida circunvalar y calle 14
		Carrera 11 entre avenida circunvalar y calle 14
		Calle15 entre avenida circunvalar y calle 15
		Calle 15A entre carrera 13 y carrera 14
		Carrera 14B entre calle 13 y calle 15A
9	Mocarí e INEM	Calle 1 entre carrera 2 y la vía Montería - Cereté
		Calle 94 entre calle 93 y carrera 2A
		Calle 95 entre carrera 4 y la vía Montería - Cereté
4	Pablo VI, Villa Margarita, Alfonso López, 2 de Septiembre, Los Araujos y Nueva Esperanza	Calle 4 entre carrera 8F y carrera 8G
		Carrera 8G entre calla 4 y carrera 9
		Calle 6A sur entre carrera 8F y carrera 8G

	Villa Melissa, Furatena y Los Robles I	Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 1
		Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 2

Figura 1. Localización del sector



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

2.2 Descripción del proyecto

El proyecto trata de la construcción de aproximadamente 5746 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.

3. Metodología

3.1 Trabajo de campo geotécnico

En primera instancia se realizaron treinta y tres (33) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, con el fin de tomar muestras alteradas e "inalteradas" para realizar los respectivos ensayos de laboratorio y evaluar las características geotécnicas de cada una de las capas que conforman el soporte (subrasante) existente. Estos apiques se realizaron a una profundidad de 1.50 m, indicando la profundidad del nivel de agua freático NAF. Los apiques de identificaron con la letra "A" seguido de un número, el cual indica el orden en que se desarrollaron.

La información se encuentra consignada en el documento "***ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 1, 4, 5 y 9 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA***" desarrollado por Ing. Esp. **Robinson Martínez Sandoval en septiembre de 2024.**

3.2 Caracterización vehicular

Una de las variables de mayor importancia en el diseño de estructuras de pavimento es el Transito, el cual, se categoriza en vehículos livianos (autos) y vehículos comerciales (buses y camiones), siendo los vehículos comerciales los que generan los deterioros de la vida útil del pavimento durante el periodo de diseño. Por lo anteriormente expuesto se hace necesario estimar la cantidad de vehículos comerciales que transitan actualmente en la zona del proyecto, así mismo, estimar el crecimiento de la circulación de vehículos una vez las vías intervenidas entren en funcionamiento y de esta manera proyectar la circulación durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento.

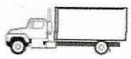
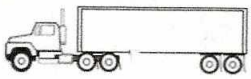
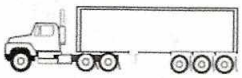
En este estudio es necesario tener en cuenta varios aspectos referidos a la clasificación de los vehículos, los factores de equivalencia de carga, distribución direccional y por carril y la proyección de las variables en la vida de diseño.

Para la caracterización de la carga vehicular, se desarrollaron conteos en diferentes puntos (estaciones de conteo) en adyacentes a las vías donde se proyecta la intervención, estos conteos se realizaron los días 5, 6 y 7 de septiembre. La supervisión de la actividad del conteo vehicular y el

procesamiento de la información estuvo a cargo del Ingeniero Civil Jorge González Ayus, especialista en ingeniería de vías terrestres.

Para la categorización de camiones se adopta la clasificación propuesta por el INVIAS, la cual se muestra a continuación:

Figura 2. Categorización de camiones

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Fuente: (INVIAS, 2008)

El tránsito promedio diario [TPD] se obtendrá con base en las estimaciones mencionadas anteriormente. Para la estimación del volumen ya sea de vehículos o ejes que circularan por los tramos viales a intervenir durante el periodo de diseño, bastará con determinar la composición vehicular en términos porcentuales y a partir de esta determinar la fracción de cada tipo de vehículo comercial.

En términos de número de ejes simples, tándem y trídem en el periodo de diseño se puede determinar así:

$$N_{ejes} = \frac{\#Ejes}{día} * \frac{K_2}{100} * K_3 * n * 365$$

Donde:

$\#Ejes$: número de ejes según determinada carga y configuración

K_2: factor carril

K_3: factor de proyección

n: periodo de diseño en años

365: número de días de un año

N_{ejes}: número acumulado de ejes según determinada carga y configuración.

Para la caracterización de la variable transito empleada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por Portland Cement Association - PCA (1984) se realiza la cuantificación a través de espectros de carga o del número de ejes pesados o comerciales de determinada carga y configuración. Dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor carril [k_2], el cual, depende del TPD y del número de carril en una dirección. A continuación, se muestra en la tabla 1, los valores k_2.

Tabla 2. Estimación del factor carril

TPD [vehículo/día]	Dos carriles en una dirección	Tres carriles en una dirección
	Factor carril, k2 [%]	
1000	100	-
2000	95	-
3000	91	78
4000	89	76
5000	87	74
6000	85	73
7000	84	72
8000	83	70
9000	82	69
10000	81	68
15000	78	65
20000	75	63
30000	72	59
40000	68	57
60000	-	54
80000	-	52

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

Así mismo, dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor proyección [k_3], el cual, depende del crecimiento anual del tránsito y del periodo de diseño. A continuación, se muestra en la tabla 2, los valores k_3.

El uso de este factor es fundamental para la caracterización de la variable de tránsito utilizada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por la PCA.

Tabla 3. Estimación de K_3 para la proyección de tráfico

Tasa de crecimiento anual de tránsito, i [%]	Periodo de diseño, n = 20 años	Periodo de diseño, n = 40 años
	k3	
1.00	1.1	1.2
1.50	1.2	1.3
2.00	1.2	1.5
2.50	1.3	1.6
3.00	1.3	1.8
3.50	1.4	2
4.00	1.5	2.2
4.50	1.6	2.4
5.00	1.6	2.7
5.50	1.7	2.9
6.00	1.8	3.2

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

3.3 Diseño de estructura de pavimento

Para la determinación de los espesores de losa de concreto hidráulico y sub base granular se procedió a través del uso de la metodología de diseño PCA. El espesor de losa y sub base granular será el que cumpla con los criterios de fatiga y erosión expuesto en el método de diseño [PCA]. A continuación, se enuncia los aspectos relevantes de cada metodología de diseño.

3.1.1 Método Portland Cement Association [PCA]para diseño de pavimentos de concreto

La metodología expuesta por la Portland Cement Association [PCA], la cual, considera el efecto de confinamiento lateral a través de bermas o la ausencia de este; así mismo, contempla como mecanismo de transferencia de carga entre losas dos alternativas: trabazón de agregados o pasadores. El método de la PCA para diseño de pavimentos rígidos considera dos criterios de diseño, los cuales se expondrán de manera corta a continuación:

3.1.1.1 Análisis de fatiga

Considera que la estructura de pavimento puede fallar por fatiga en el concreto hidráulico de las losas que conforman la capa de rodadura, producto de las repeticiones de la carga vehicular en el periodo de diseño. El daño acumulado por fatiga durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de fatiga que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.1.1.2 Análisis de Erosión

Considera que los pavimentos fallan por bombeo (lavado de finos), erosión en la fundación, o deterioro de las juntas. Las probables fallas enunciadas anteriormente están asociadas a la presencia de deflexiones. El daño acumulado por erosión durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles por erosión de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de erosión que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.1.2 Variables de diseño método Portland Cement Association [PCA]

Para el diseño de los espesores de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento rígido se debe considerar las siguientes variables:

- Módulo de reacción de la subrasante
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas
- Periodo de diseño
- Caracterización de cargas vehiculares.

4.0 Resultados

4.1 Caracterización geotécnica

4.1.1 Descripción de la subrasante

Para la caracterización de los tramos viales se realizaron treinta y tres (33) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, a una profundidad de 1.50 m, a los cuales se les tomó muestras inalteradas cada vez que se evidenció cambio en las características físicas (color, textura, contenido de humedad, etc). A las muestras extraídas se les desarrollaron los siguientes ensayos:

- Humedad natural
- Peso unitario
- Límite líquido
- Límite plástico
- Gradación
- Capacidad relativa de soporte
- Expansión libre

Las características principales encontradas en los tramos viales, en el municipio de Montería, Córdoba se encuentran en las tablas 17 – 20, 26 – 30, 36 – 40, 46 – 49, 55 – 59, 65 – 70, 76 – 79, del documento ***ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 1, 4, 5 Y 9 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA***." desarrollado por Ing. Esp. Robinson Martínez Sandoval en septiembre de 2024".

4.1.2 Valor de capacidad relativa de soporte

Para la medición de la capacidad relativa se tomó muestras inalteradas para la evaluación de la capacidad relativa de soporte [CBR] del suelo en condición natural. Para la obtención del valor de capacidad relativa de soporte del tramo vial se utilizó un promedio entre los valores de CBR de los apiques, para una condición sumergida, debido a las condiciones hidráulicas de la zona. En los tramos donde se encontró un espesor de material de lleno superior a 0.90m se tomó una muestra alterada representativa y se desarrolló el ensayo de CBR en laboratorio.

Tabla 4. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR

Tramos viales	CBR [%]
Calle 16A entre carrera 3W y carrera 7AW	5.8
Carrera 7W entre calle 16A y calle 17	10.7
Carrera 7AW entre calle 18 y calle 20	3.3
Carrera 8W entre calle 20 y calle 19	5.8
Calle 19A entre calle 20 y carrera 8AW	4.9
Carrera 9A entre calle 23 y calle 24	2.7
Carrera 10 entre calle 22 y calle 22C	4.4
Calle 17A entre carrera 8B y carrera 9	4
Calle 18 entre carrera 8B y carrera 9	3.6
Carrera 8C entre calle 14 y calle 15	5.8
Calle 14 entre carrera 8C y carrera 8D	5.8
Carrera 11 entre calle 15 y calle 16B	Lab (20%)
Carrera 12 entre calle 16 y calle 16A	Lab (20%)
Calle 14 entre carrera 9 y carrera 12	5.3
Carrera 12 entre avenida circunvalar y calle 14	5.3
Carrera 11 entre avenida circunvalar y calle 14	5.3
Calle15 entre avenida circunvalar y calle 15	Lab (30%)
Calle 15A entre carrera 13 y carrera 14	4.9
Carrera 14B entre calle 13 y calle 15A	5.8
Calle 1 entre carrera 2 y la vía Montería - Cereté	8.89
Calle 94 entre calle 93 y carrera 2A	4.89
Calle 95 entre carrera 4 y la vía Montería - Cereté	8
Calle 4 entre carrera 8F y carrera 8G	7.6
Carrera 8G entre calla 4 y carrera 9	7.6
Calle 6A sur entre carrera 8F y carrera 8G	8
Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 1	Lab (25%)
Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 2	7.3

4.1.3 Mejoramiento de la subrasante

Este aspecto es fundamental para la evaluación de la propiedad mecánica del soporte del conjunto de las capas que servirán de apoyo a la losa de concreto hidráulico, así mismo, se realizó un evaluación del espesor de la capa de rodadura existente, con el objeto de revisar el aporte de esta como material de mejoramiento una vez se desarrolle la actividad de corte para la construcción de la capa de sub base y espesor de losa., es decir, se deberá tener en cuenta el aporte estructural del material

remanente en términos de resistencia mecánica. A continuación, se muestra en la tabla 5 los espesores de relleno existente y el espesor remanente al realizar un corte de 400 mm.

Tabla 5 Espesores de relleno existente y espesor remante

Tramos viales	Espesor de relleno existente [mm]	Espesor relleno después de corte de 400 mm promedio [mm]
Calle 16A entre carrera 3W y carrera 7AW	500	100
Carrera 7W entre calle 16A y calle 17	400	0
Carrera 7AW entre calle 18 y calle 20	600	200
Carrera 8W entre calle 20 y calle 19	500	100
Calle 19A entre calle 20 y carrera 8AW	450	50
Carrera 9A entre calle 23 y calle 24	630	230
Carrera 10 entrte calle 22 y calle 22C	350	-50
Calle 17A entre carrera 8B y carrera 9	850	450
Calle 18 entre carrera 8B y carrera 9	450	50
Carrera 8C entre calle 14 y calle 15	600	200
Calle 14 entre carrera 8C y carrera 8D	600	200
Carrera 11 entre calle 15 y calle 16B	1200	800
Carrera 12 entre calle 16 y calle 16A	1200	800
Calle 14 entre carrera 9 y carrera 12	800	400
Carrera 12 entre avenida circunvalar y calle 14	800	400
Carrera 11 entre avenida circunvalar y calle 14	800	400
Calle15 entre avenida circunvalar y calle 15	900	500
Calle 15A entre carrera 13 y carrera 14	700	300
Carrera 14B entre calle 13 y calle 15A	500	100
Calle 1 entre carrera 2 y la vía Montería - Cereté	400	0
Calle 94 entre calle 93 y carrera 2A	450	50
Calle 95 entre carrera 4 y la vía Montería - Cereté	500	100
Calle 4 entre carrera 8F y carrera 8G	350	-50
Carrera 8G entre calla 4 y carrera 9	350	-50
Calle 6A sur entre carrera 8F y carrera 8G	600	200
Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 1	900	500
Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 2	700	300

Con el objeto de homogenizar el soporte de las estructuras de pavimento proyectadas en los diferentes tramos viales, se estima 64 MPa/m como valor mínimo de K del conjunto de la combinación de sub base y material de mejoramiento, es decir, se deberá garantizar este valor ya sea a través del aporte estructural del material remanente una vez que este tenga un espesor considerable y un valor de capacidad relativa de soporte suficiente o a través de la colocación, conformación y compactación de una capa nueva de material granular.

El espesor de mejoramiento de subrasante en material granular existente deberá ser mínimo 400 mm, siempre que el espesor de material remanente sea menor a 400mm, ya que no se puede adicionar el material de mejoramiento encima del material remanente por temas geométricos (niveles) respecto a las viviendas adyacentes, así mismo, el valor de CBR mínimo deberá ser de 10%. La cota inferior del mejoramiento de la subrasante estará gobernada por la cota de acabado de la estructura de pavimento, la cual está sujeta al diseño geométrico de la vía, nivel de viviendas o a los cambios de pendiente longitudinal, es decir, a partir de la cota de acabado se debe descontar el espesor de la capa de rodadura (losa en concreto hidráulico), el espesor de la capa de subbase y los 400 mm de espesor mínimo del mejoramiento; para así determinar la cota de inicio del mejoramiento. Posteriormente se deberá comparar con la cota natural o actual del terreno, para así determinar si existe la necesidad de reajustar la estructura existente.

Si durante el proceso de excavación o corte se evidencia suelos saturados altamente deformables, se recomienda realizar un reemplazo con el objeto de mitigar deformaciones en la capa de soporte, el cual, consiste en la colocación de piedra gruesa (rajón) de mejoramiento en un espesor no inferior a 0,500m (500mm).

El proceso de reemplazo consiste en la colocación y posterior apisonamiento de piedra rajón, esto se debe realizar hasta que se evidencie un soporte firme y que no presente deformaciones excesivas. Seguidamente realizar un sello en la parte superior de la capa de piedra rajón, el cual consiste en colocar una capa en material granular con un espesor de 0,10m (100mm), lo cual busca cerrar los intersticios presentes entre las partículas de piedra rajón. Una vez finalizado el proceso de sello, se recomienda el paso de una volqueta sencilla cargada, con la finalidad de verificar la ausencia de las altas deformaciones observadas inicialmente.

4.2 Estudio de tránsito

La información se tomó del informe de tránsito elaborado por el Ingeniero Civil Jorge González Ayus, especialista en ingeniería de vías terrestres, del cual, se tomará la distribución porcentual de vehículos comerciales medida a través de los conteos desarrollados, así mimo, se hará uso de la información de TPDs consignada en el informe citado anteriormente. Las repeticiones esperadas en el periodo de diseño se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 6. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 1 (Holanda y Republica de Panamá)

Cargas [ton]	Calle 16A entre carrera 3W y carrera 7AW	Carrera 7W entre calle 16A y calle 17	Carrera 7AW entre calle 18 y calle 20	Carrera 8W entre calle 20 y calle 19	Calle 19A entre calle 20 y carrera 8AW
	Repeticiones esperadas				
3.1	72862	36950	36262	36201	252183
6.0	102007	73900	65272	79642	180131
6.6	72862	36950	36262	36201	252183
11.0	72862	66510	50767	65162	64847
21.0	0	0	0	0	0
22.0	29145	7390	14505	14480	115284
24.0	0	0	0	0	0

Tabla 7. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 5 (Chuchurubí, Chambacú, Balboa, Lacharme)

Cargas [ton]	Carrera 9A entre calle 23 y calle 24	Carrera 10 entre calle 22 y calle 22C	Calle 17A entre carrera 8B y carrera 9	Calle 18 entre carrera 8B y carrera 9	Carrera 8C entre calle 14 y calle 15	Calle 14 entre carrera 8C y carrera 8D
	Repeticiones esperadas					
3.1	0	7558	36422	22170	36950	36950
6.0	0	7558	36422	44340	51730	51730
6.6	0	7558	36422	22170	36950	36950
11.0	0	7558	36422	44340	51730	51730
21.0	0	0	0	0	0	0
22.0	0	0	0	0	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0

Tabla 8. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 5 (Risaralda, La Victoria, Obrero, 14 de Julio, La Julia y Urbina.)

Cargas [ton]	Carrera 11 entre calle 15 y calle 16B	Carrera 12 entre calle 16 y calle 16A	Calle 14 entre carrera 9 y carrera 12	Carrera 12 entre avenida circunvalar y calle 14	Carrera 11 entre avenida circunvalar y calle 14	Calle15 entre avenida circunvalar y calle 15	Calle 15A entre carrera 13 y carrera 14	Carrera 14B entre calle 13 y calle 15A
	Repeticiones esperadas							
3.1	36239	43812	73060	73060	0	72599	0	158967
6.0	79726	36510	58448	58448	0	36299	0	93935
6.6	36239	43812	73060	73060	0	72599	0	158967
11.0	65231	36510	43836	43836	0	36299	0	50580
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.0	14496	0	14612	14612	0	0	0	43355
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 9. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 9 (Mocarí e INEM)

Cargas [ton]	Calle 1 entre carrera 2 y la vía Montería - Cereté	Calle 94 entre calle 93 y carrera 2A	Calle 95 entre carrera 4 y la vía Montería - Cereté
	Repeticiones esperadas		
3.1	30616	102359	103036
6.0	38269	58491	88316
6.6	30616	102359	103036
11.0	38269	51179	58877
21.0	0	0	0
22.0	0	7311	29439
24.0	0	0	0

Tabla 10. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 4 (Pablo VI, Villa Margarita, Alfonso López, 2 de Septiembre, Los Araújos, Nueva Esperanza, Villa Melissa, Furatena y Los Robles I)

Cargas [ton]	Calle 4 entre carrera 8F y carrera 8G	Carrera 8G entre calla 4 y carrera 9	Calle 6A sur entre carrera 8F y carrera 8G	Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 1	Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 2
	Repeticiones esperadas				
3.1	15044	51349	87294	252802	252802
6.0	0	14671	80020	202242	202242
6.6	15044	51349	87294	252802	252802
11.0	0	14671	58196	72229	72229

21.0	0	0	0	0	0
22.0	0	0	21824	130012	130012
24.0	0	0	0	0	0

La proyección de repeticiones se desarrolló para un crecimiento del 4.0% anual.

En el anexo 2 del presente informe se muestra detalladamente el procedimiento para la obtención de los valores registrados en las tablas 6, 7, 8, 9 y 10.

4.3 Espesores de estructura de pavimento

4.3.1 Conformación de la subbase granular

El objeto de la construcción de la subbase granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de capa de subbase granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa. Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS.

Tabla 11. Franjas granulométricas del material subbase granular

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

Fuente: *Norma INVIAS INVE – 320-22, 2022*

El proceso de compactación de la capa de subbase respectivamente deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm), en el caso, que el espesor sea mayor a esta dimensión. Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado en el laboratorio

El material utilizado como subbase granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones de Subbase (INV 311-22, INV 320 -22).

La estructura de pavimento a diseñar contempla el uso de subbase granular, a partir del espesor de esta se determina la respuesta del módulo de reacción del conjunto subbase – subrasante [kconjunto] el cual, es una variable de diseño de la estructura de pavimento. Este parámetro se obtuvo a partir del espesor de mejoramiento recomendado mínimo de 400 mm y de espesores de subbase de 200 mm.

Tabla 12. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR

Tramos viales	Espesor mejoramiento [mm]	Espesor subbase [mm]	Kconjunto [MPa/m]
Calle 16A entre carrera 3W y carrera 7AW	400	200	66
Carrera 7W entre calle 16A y calle 17	400	200	67
Carrera 7AW entre calle 18 y calle 20	400	200	65
Carrera 8W entre calle 20 y calle 19	400	200	66
Calle 19A entre calle 20 y carrera 8AW	400	200	66
Carrera 9A entre calle 23 y calle 24	400	200	64
Carrera 10 entre calle 22 y calle 22C	400	200	66
Calle 17A entre carrera 8B y carrera 9	0	200	66
Calle 18 entre carrera 8B y carrera 9	400	200	65
Carrera 8C entre calle 14 y calle 15	400	200	66
Calle 14 entre carrera 8C y carrera 8D	400	200	66
Carrera 11 entre calle 15 y calle 16B	0	200	87
Carrera 12 entre calle 16 y calle 16A	0	200	87
Calle 14 entre carrera 9 y carrera 12	0	200	66
Carrera 12 entre avenida circunvalar y calle 14	0	200	66
Carrera 11 entre avenida circunvalar y calle 14	0	200	66
Calle15 entre avenida circunvalar y calle 15	0	200	109
Calle 15A entre carrera 13 y carrera 14	400	200	66

Carrera 14B entre calle 13 y calle 15A	400	200	66
Calle 1 entre carrera 2 y la vía Montería - Cereté	400	200	67
Calle 94 entre calle 93 y carrera 2A	400	200	66
Calle 95 entre carrera 4 y la vía Montería - Cereté	400	200	67
Calle 4 entre carrera 8F y carrera 8G	400	200	67
Carrera 8G entre calla 4 y carrera 9	400	200	67
Calle 6A sur entre carrera 8F y carrera 8G	400	200	67
Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 1	0	200	98
Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 2	400	200	67

En el anexo 1 del presente informe se expresa detalladamente el procedimiento para la determinación del valor de K del conjunto.

4.3.2 Diseño Estructura de pavimento rígido

Una vez determinadas las propiedades geomecánicas del suelo, así como la variable transito; se procedió a diseñar la estructura de pavimento correspondiente a la zona de estudio, teniendo en cuenta los diferentes parámetros que intervienen tales como el confinamiento, el modo de transferencia de carga, módulo de rotura a la flexión de la mezcla de concreto hidráulico a utilizar. Para el diseño de toda la estructura de pavimento se utilizó la metodología de la Portland Cement Association (PCA).

A continuación, se muestran los valores y condiciones de las diferentes variables de diseño:

- Módulo de reacción del conjunto sub base - subrasante: mayor a 65 MPa/m según las combinaciones de mejoramiento – subbase consignadas en la tabla 12.
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico: para un numero de camiones diario entre 25 y 150 la tabla 3.1 del anexo 3 del manual de diseño de pavimentos de concreto del INVIAS recomienda 40 kgf/cm^2 .
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento: No bermas
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas: Dovelas
- Periodo de diseño: 20 años

- Factor de seguridad de carga: para un TPDs menor a 500 se considera nivel de tránsito NT1 para el cual, el método de diseño de PCA sugiere mayorar las cargas a través de un factor de 1.0
- Caracterización de cargas vehiculares: tabla 6, 7, 8, 9, 10 del presente informe.

A continuación, se muestran los resultados en cada una de las corridas de acuerdo con las condiciones enunciadas anteriormente:

Tabla 13. Resultados de diseño de espesor de losa

Tramos viales	Módulo de rotura, Mr [kgf/cm²]	Espesor de losa [mm]	Consumo de fatiga [%]	Consumo de erosión [%]
Calle 16A entre carrera 3W y carrera 7AW	40	200	88.728	4.019
Carrera 7W entre calle 16A y calle 17	40	200	77.779	2.414
Carrera 7AW entre calle 18 y calle 20	40	200	66.355	2.445
Carrera 8W entre calle 20 y calle 19	40	200	78.99	2.841
Calle 19A entre calle 20 y carrera 8AW	40	200	83.336	9.407
Carrera 9A entre calle 23 y calle 24	40	200	32.96	3.505
Carrera 10 entre calle 22 y calle 22C	40	190	30.176	0.363
Calle 17A entre carrera 8B y carrera 9	40	200	45.857	1.072
Calle 18 entre carrera 8B y carrera 9	40	200	56.68	1.302
Carrera 8C entre calle 14 y calle 15	40	200	62.353	1.514
Calle 14 entre carrera 8C y carrera 8D	40	200	62.353	1.514
Carrera 11 entre calle 15 y calle 16B	40	200	35.98	2.601
Carrera 12 entre calle 16 y calle 16A	40	190	62.106	1.661
Calle 14 entre carrera 9 y carrera 12	40	200	53.78	2.237
Carrera 12 entre avenida circunvalar y calle 14	40	200	53.789	2.237
Carrera 11 entre avenida circunvalar y calle 14	40	200	65.363	3.785
Calle15 entre avenida circunvalar y calle 15	40	190	31.86	1.59
Calle 15A entre carrera 13 y carrera 14	40	200	39.836	0.973
Carrera 14B entre calle 13 y calle 15A	40	200	62.311	4.301
Calle 1 entre carrera 2 y la vía Montería - Cereté	40	200	44.94	1.119
Calle 94 entre calle 93 y carrera 2A	40	200	63.053	1.985
Calle 95 entre carrera 4 y la vía Montería - Cereté	40	200	70.33	3.623
Calle 4 entre carrera 8F y carrera 8G	40	190	0	0
Carrera 8G entre calla 4 y carrera 9	40	190	55.53	0.729
Calle 6A sur entre carrera 8F y carrera 8G	40	200	69.311	3.112

Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 1	40	200	27.07	8.695
Doble calzada Villa Melisa entre carrera 12A y carrera 23A - Tramo 2	40	200	89.48	10.51

En el anexo 3 del presente informe se muestra el proceso de obtención de los valores de consumo de fatiga y erosión para diferentes tramos viales, según la combinación de espesor de losas y parámetros de resistencia del soporte.

4.4 Geometría de losas de concreto hidráulico

Para la modulación de las losas se adopta los criterios expuestos en las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS 2013, en el artículo 500 en el numeral **5.2.2.3 Refuerzo de losas**, se describe las siguientes situaciones en las cuales se debe colocar acero de refuerzo.

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho mayor a 1.40
- Losas de forma irregular (diferente a la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacente.

Si bien no está explicito un criterio de relación largo/ ancho se infiere un valor máximo de 1.40, debido a que para valores inferiores no se requiere de refuerzo en las losas.

Sin embargo, en el Manual de diseño de pavimento de concreto de bajos, medio y altos volúmenes de tránsito, está especificado en el capítulo 6 Consideraciones sobre pavimentos especiales **"En general se recomienda que el espesor de cualquier losa para pavimentos de concreto no tenga menos de 13 cm de espesor y que la longitud de las losas no sea mayor a 25 veces el espesor ni mayor a 1,3 veces el ancho de la misma".**

En el presente diseño se adopta el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación larga – ancho máximo de 1.30. Así mismo, se verifica que la longitud de las losas sea el menor valor ente 24 veces el espesor [h] de esta y cinco (5) veces el radio de rigidez relativa [l]. En el anexo 4 del presente informe, se evidencia la verificación de estos criterios.

Para losas de 200 mm de espesor elaboradas con un modulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2 el radio de rigidez relativa es de 720.72 mm. Por lo anterior utilizando el criterio de 24 veces el espesor de losa y cinco veces el radio de rigidez relativa se obtiene 4.80m y 3.60m respectivamente como dimensión máxima de losa. Seguidamente, ambos valores serán comparados con los determinados a partir de la relación largo de losa – ancho de carril, la cual, se varió desde 1.00 hasta 1.30. La información de la longitud máxima de losa en función del ancho de carril se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 200 mm de espesor y 40 kgf/cm^2.

	Ancho de calzada, [m]				
L/Ac	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
1.00	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
1.10	2.75	3.03	3.30	3.58	3.60
1.20	3.00	3.30	3.60	3.60	3.60
1.30	3.25	3.58	3.60	3.60	3.60

Para losas de 190 mm de espesor elaboradas con un módulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2 el radio de rigidez relativa es de 693.52 mm. Por lo anterior utilizando el criterio de 24 veces el espesor de losa y cinco veces el radio de rigidez relativa se obtiene 4.60m y 3.50m respectivamente como dimensión máxima de losa. Seguidamente, ambos valores serán comparados con los determinados a partir de la relación largo de losa – ancho de carril, la cual, se varió desde 1.00 hasta 1.30. La información de la longitud máxima de losa en función del ancho de carril se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 190 mm de espesor y 40 kgf/cm^2.

	Ancho de calzada, [m]				
L/Ac	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
1.00	2.50	2.75	3.00	3.25	3.5
1.10	2.75	3.00	3.30	3.5	3.5
1.20	3.00	3.30	3.5	3.5	3.5
1.30	3.25	3.5	3.5	3.5	3.5

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6cm de la parte superior e inferior de la losa. En el anexo 4 de este informe se muestra de manera detallada el proceso para determinar el radio de rigidez relativa para ser comparado en los criterios de selección de longitud máxima de losas.

En los pozos de inspección, se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez, con el fin que la Junta transversal coincida con dichas estructuras y así prevenir las fisuras que aparecerán por retracción del concreto. Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe:

Figura 3. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados

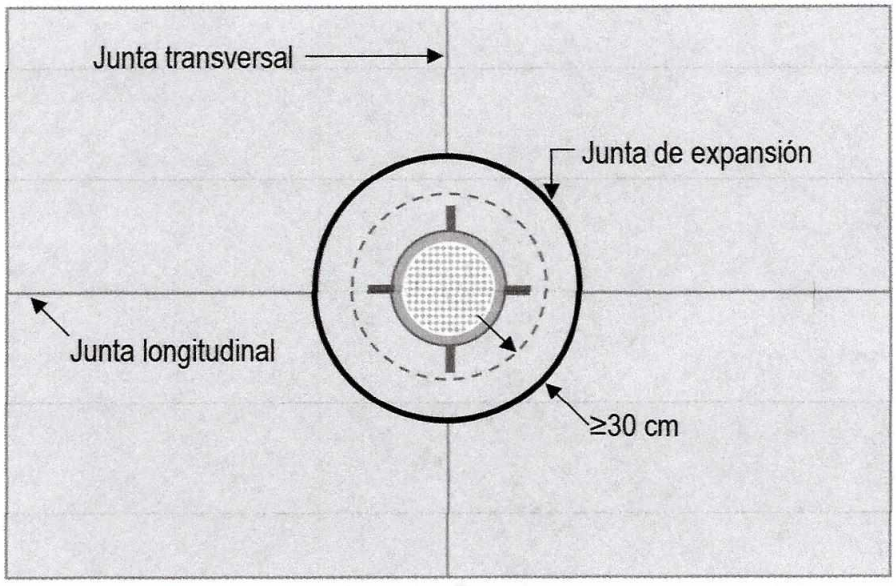
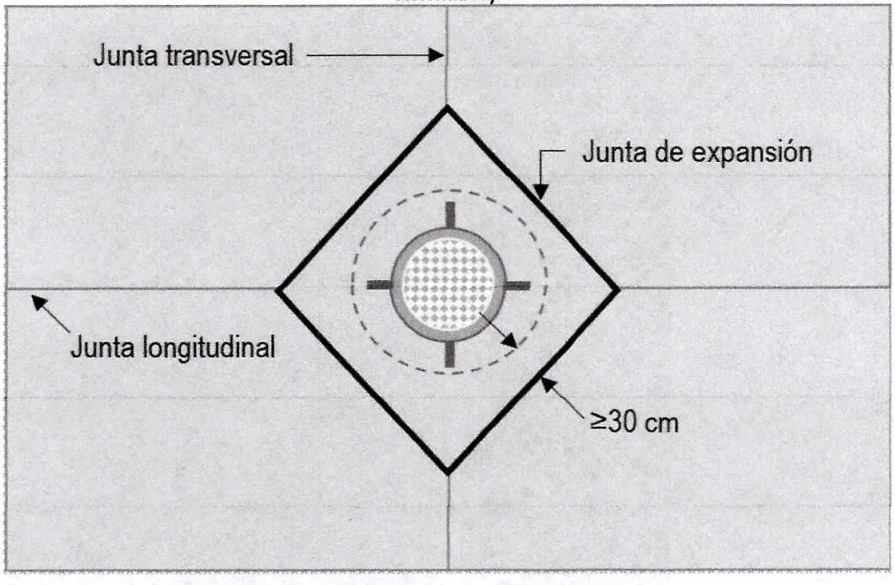
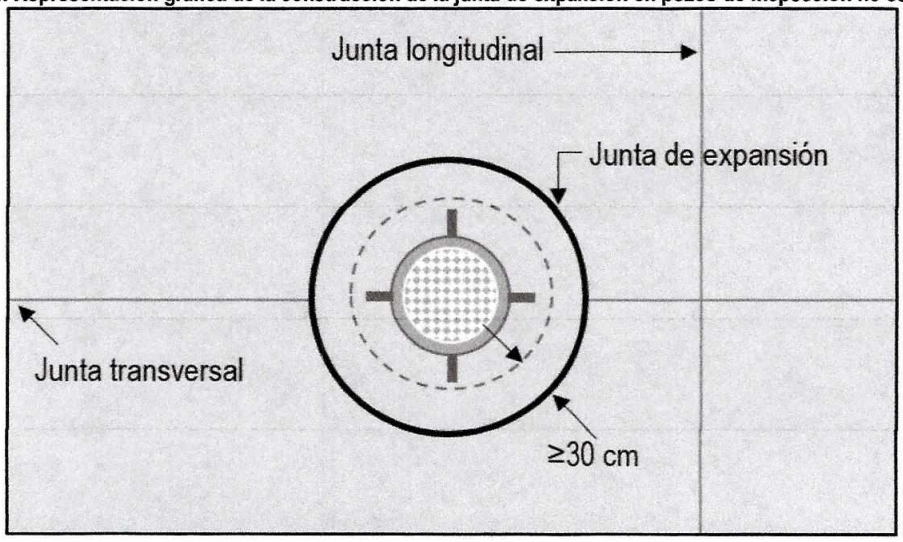


Figura 4.Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa).



Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo:

Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados.



Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la junta Longitudinal, se ajusta la modulación, con el fin que la junta transversal coincida con el pozo. Así mismo cuando se tienen varios pozos de inspección, se debe remodular con el objeto de que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla.

Figura 6. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección

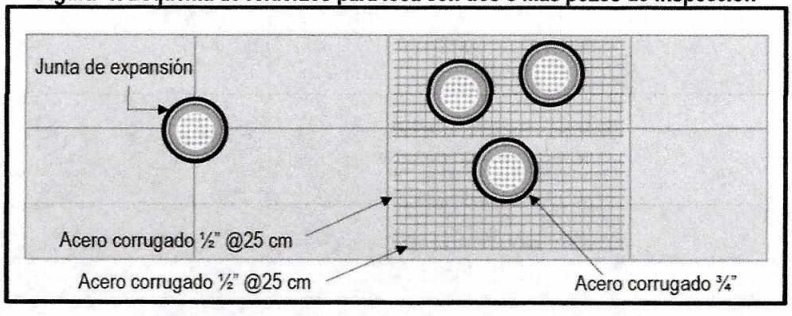
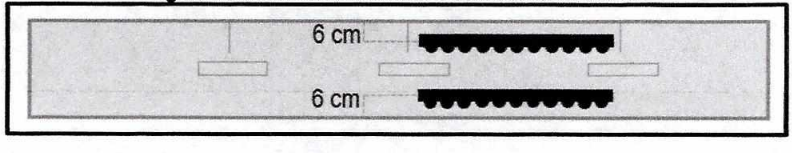


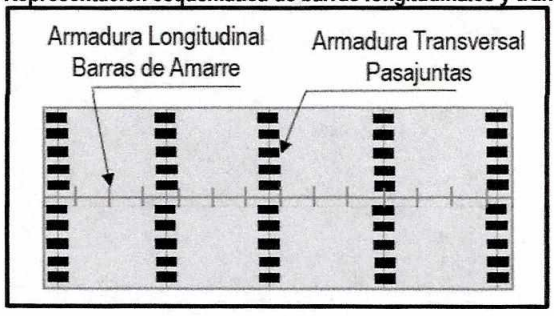
Figura 7. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa



4.5 Diseño de juntas

Las juntas longitudinales las cuales se utilizan con el propósito de evitar el corrimiento y o desplazamiento de las losas, deben ser de acero corrugado, y deben quedar ahogadas en la mitad de la losa.

Figura 8. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales



Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-13 y lo que sea aplicable del Artículo 640-07, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje se puede hacer según los criterios indicados.

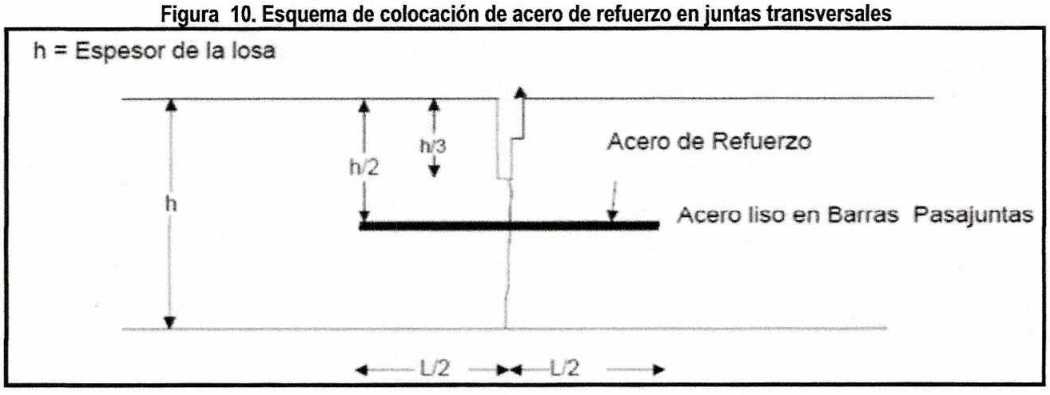
Figura 9.Acero de refuerzo de junta longitudinal

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40,000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,65	0,60	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60,000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: *Londoño & Álvarez, 2008*

Las barras pasajuntas (Usadas en Juntas Transversales, de Construcción y en algunos casos de Expansión) se utilizan como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero liso, engrasado en ambos extremos y deberán quedar ahogadas en las losas con las dimensiones y en la posición indicada en la figura. Con un límite de fluencia (fy) mínimo de 420 MPa (60000 psi), de acuerdo con el Artículo INV 500-13 y el Artículo INV 640-13

Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales



Fuente: *Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2013*

Figura 11.Acero de refuerzo de junta transversal

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: Londoño & Álvarez, 2008

Para el diseño propuesto el acero de las juntas transversales debe ser liso y con un límite de fluencia de 420 MPa con las siguientes características:

Tabla 16. Característica de acero de juntas transversales.

Espesor del pavimento [mm]	Diámetro del pasador [in]	Longitud [mm]	Separación entre centros [mm]
190 - 200	1	350	300

Por otra parte, el acero de las juntas longitudinales debe ser corrugado y con un límite de fluencia de 280 MPa con las siguientes características:

Tabla 17. Característica de acero de juntas longitudinales

Espesor de losa [mm]	Diámetro barra [in]	Separación [mm]	Longitud [mm]
190 - 200	½	1200	850

De manera esquemática se muestra en las figuras 12 y 13 la longitud máxima de losa y distribución final de la estructura de pavimento, en el caso particular de espesor de losa de 200 mm y anchos de vía de 5.0m y 6.0m respectivamente.

Figura 12. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 5.0m

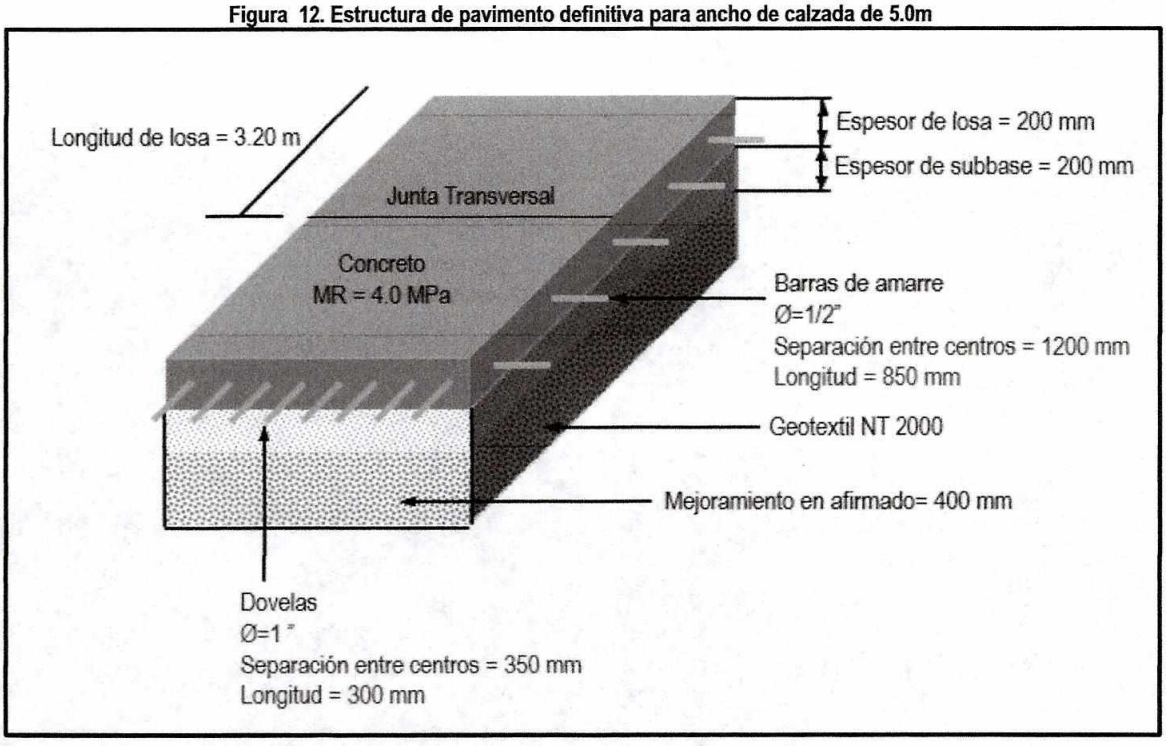
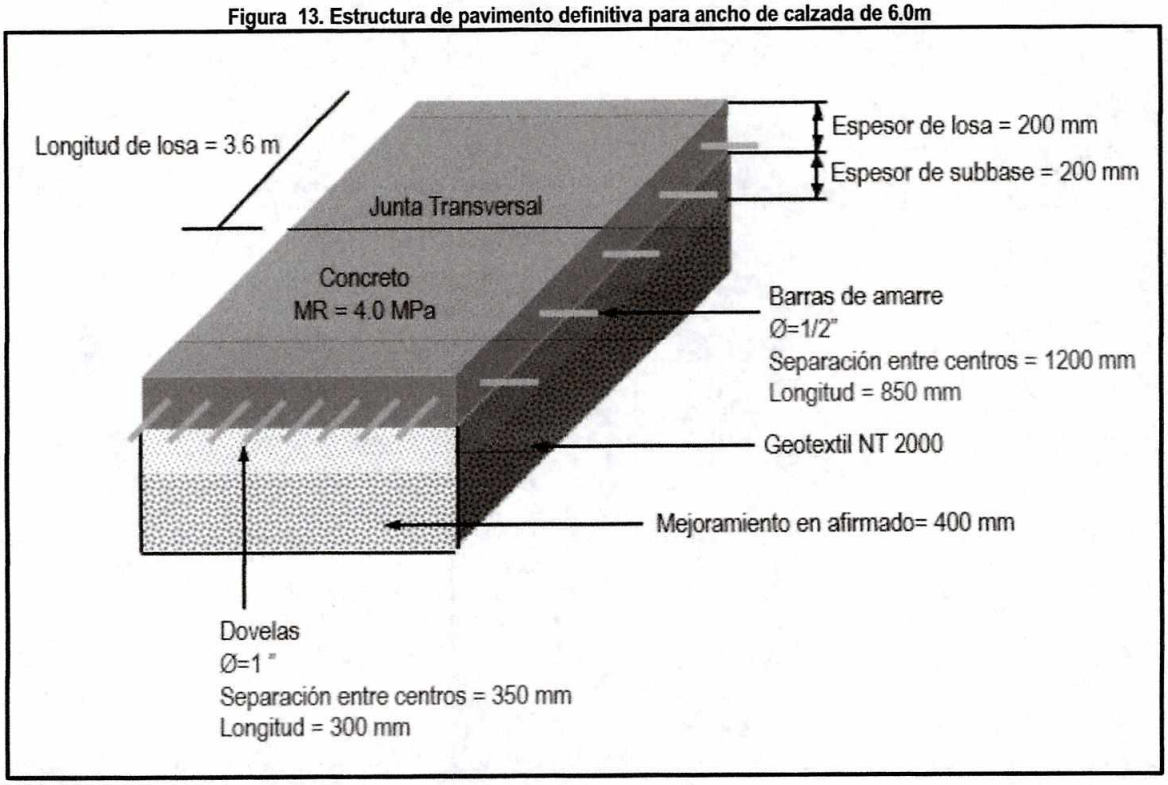


Figura 13. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 6.0m



4.6 Sello de juntas

El sistema de sellado de juntas para pavimentos de Concreto debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, los solventes, los rayos ultravioletas, la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

El espacio de la junta a sellar ha de estar seco y completamente limpio, lo que se puede lograr con lavado, barrido y luego soplado con compresor.

La junta transversal deber inducidas con platina y selladas con material bituminoso o de silicona. Deben cumplir con las siguientes características geométricas:

- Para juntas de 6mm de ancho, La profundidad del sello debe ser mínimo 6 mm y máximo 12 mm.
- La superficie del sello debe quedar 3 mm por debajo de la superficie de la losa.

5.0 Conclusiones

El diseño de los espesores de las nuevas estructuras de pavimento proyectadas se realizó a través del método de diseño propuesto por Portland Cement Association [PCA]. Las estructuras de pavimento diseñadas se analizaron para diferentes valores de módulo de reacción del conjunto sub base - subrasante, los cuales, resultaron de la combinación de un espesor de mejoramiento [400mm] y el valor mínimo de CBR del material de mejoramiento, el cual, se seleccionó un valor de 10%. Para el desarrollo de numérico de los resultados del módulo de reacción de la subrasante se utilizó la expresión de Ivanov. El espesor de la capa de apoyo subbase se analizó para un único valor de 200mm. La característica mecánica de la capa de rodadura se revisó un único valor de módulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2.

El desarrollo del análisis de sensibilidad de las diferentes variables enunciadas anteriormente articuladas con la variable transito arrojo la siguiente estructura de pavimento:

Tabla 18. Espesores de estructura de pavimento tramos viales comunas 1, 4, 5 y 9

Municipio	Tramo vial	Módulo de rotura flexión de la mezcla de concreto hidráulico [kgf/cm^2.]	Espesor de concreto [mm]	Espesor de sub-base granular [mm]	Espesor mejoramiento [mm]
Montería	**Comunas 1, 4, 5 y 9**	40	190	200	400
Montería	**Comunas 1, 4, 5 y 9**	40	200	200	400

La selección de esta combinación de variables se realizó con base a los criterios de fatiga y erosión que propone le método de diseño PCA, el cual, expresa que no debe superar el 100%. En la tabla 13 del presente informe se evidencia los valores del consumo de fatiga y erosión de los diferentes tramos viales.

Para el dimensionamiento en planta (largo y ancho de losa) de la estructura de pavimento seleccionada se adoptó el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación largo – ancho máximo de 1.30. Así mismo, se verifica que la longitud de las

4.7 Drenajes

En los sectores o tramos viales a pavimentar se recomienda un sistema de drenaje adecuado, pendientes transversales del 2.00% y longitudinales al menos de 0.50%, con el fin de evacuar las aguas de escorrentía producto de la precipitación pluvial, sin embargo, el valor de las pendientes está sujeto al diseño geométrico de la vía. El uso de sistemas de drenajes sub superficial no se considera dentro del alcance del presente informe, debido a que obedece al desarrollo de un análisis hidrológico e hidráulico.

losas sea el menor valor ente 24 veces el espesor [h] de esta y cinco (5) veces el radio de rigidez relativa [l]. En el anexo 4 del presente informe, se evidencia la verificación de estos criterios.

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6 cm de la parte superior e inferior de la losa. En el anexo 4 de este informe se muestra de manera detallada el proceso para evaluar el radio de rigidez relativa de las losas.

6.0 Recomendaciones

El proceso de compactación de esta capa deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,15m (150 mm). Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de subbase en el laboratorio. El objeto de la construcción de la subbase granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de la capa de subbase granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS.

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

El material utilizado como subbase granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de subbase granular INV 320-13 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones referenciadas para Afirmado y Subbase (INV 311-22, INV 320 -22).

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). *(Nota)*: - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Así mismo, si fuera necesario desarrollar la construcción de la capa de mejoramiento, este procedimiento consiste en conformar una capa de espesor de 400 mm en material granular. Para la conformación del mejoramiento se realizará un proceso de compactación, el cual deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm). Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de mejoramiento granular en el laboratorio. El material de mejoramiento debe tener un valor de CBR mínimo de10% y además debe cumplir con las especificaciones descritas en el artículo INV 300 -22 y INV 311 – 22 de la norma INVIAS.

Tabla 311 — 1. Requisitos de los agregados para afirmados

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles a quinientas (500) revoluciones (Granulometría A), máximo (%): - NT1 - NT2 - NT3	E-218	 50 30 30
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%).	E-125	35
Índice de Plasticidad (%).	E-125 y E-126	4 – 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2
Contracción lineal.	E-127/E-129	Tabla 311 — 3

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 15

Tabla 311 — 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
A-38	100	-	80 — 100	60 — 85	40 — 65	30 — 50	13 — 30	9 — 18
A-25	-	*100*	*90 — 100*	*65 — 90*	*45 — 70*	*35 — 55*	*15 — 35*	*10 — 20*
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

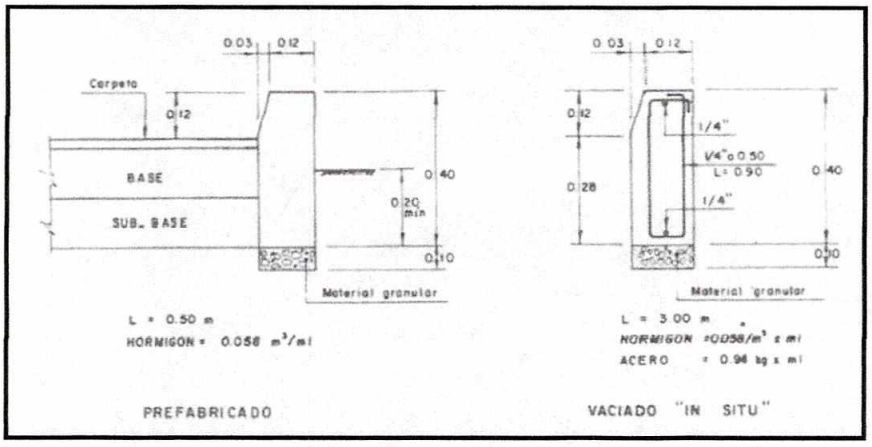
Tabla 311 — 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

Relación	Requisito
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.10}$	0,20 – 0,45
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.\ 40}$	≤ 2/3
[(% pasa tamiz de 1 pulgada) - (% pasa tamiz nro. 10)] × (% pasa tamiz nro. 4)	16 – 34
(% de contracción lineal) × (% pasa tamiz nro. 40)	100 – 240

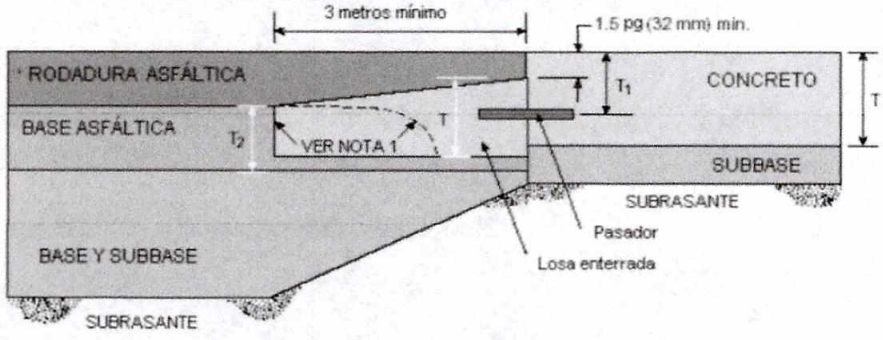
Las losas de la capa de rodadura deben ser elaboradas con una mezcla de concreto hidráulico, que presente como característica principal en estado endurecido, un valor módulo de rotura a la flexión de 40 kg/cm^2 a 28 días.

Si requieren bordillos estos pueden ser prefabricados (sin refuerzo) o fundidos in situ (con refuerzo), con un ancho de 0,15m (150mm) y altura 0,50m (500mm). En el caso que sea fundido "in situ" el bordillo, este deberá llevar dilataciones cada 0.80m (800mm) de tal modo que, de una apariencia de bordillo prefabricado. Los bordillos deben tener una pendiente longitudinal similar a la del eje de la vía (0,50%). La mezcla de concreto hidráulico debe tener como requerimiento de resistencia a la compresión 17.50 MPa.

Figura 1. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ"



En caso de que llegase a presentar una transición de pavimento flexible a pavimento rígido se recomienda desarrollar el proceso constructivo descrito en la siguiente imagen:



Fuente: *(Sánchez, 2016, diapositiva 91)*

Donde:

T: espesor de diseño del pavimento rígido

T_1: (T + 1.5") /2 o T_1: (T + 75mm) /2

T_2: T-4.5" pero no menor de 6" o T_2: T-115 mm, pero no menor de 150 mm

Nota 1. "Extender y compactar la capa de base asfáltica al menos 1 metro, como lo muestra la línea punteada. Cortar la base asfáltica compactada hasta la línea sólida vertical, para formar la losa enterrada. Usar esta cara vertical como formaleta para construir la losa enterrada"

7.0 limitaciones del estudio

Las recomendaciones realizadas en el presente informe se basan en las condiciones de campo observadas, los resultados de laboratorio y el análisis de ingeniería anteriormente descrito. Si durante la ejecución llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, esta situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES
TP. 22202-110769COR

8.0 Bibliografía

Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2013). *Especificaciones, diseño y construcción Pavimentos de Concreto Hidraulico.* Bogota: Asocreto.

CORONADO, C., VILLAFAÑE, R., & RIOS, L. (s.f.). *Resistencia de los Suelos a la licuación.* . Colombia.

Das, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de cimentaciones* (Cuarta ed.). México: International Thomson Editores.

DAS, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de cimentaciones.* México: International Thomson.

Earth, G. (2016).

ECOPETROL. (2002). *Interpretación de Radar Sinú- San Jacinto.*

INVIAS. (2007). *NORMA INV E 132-07.* Bogotá, Colombia .

INVIAS. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.* (ICPC, Ed.) INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO.

Londoño, C., & Álvarez, J. (2008). *Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto.* Medellin: ICPC.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *TITULO H*, H-49.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *TITULO A*.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *PREFACIO*, vi-v.

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2022). *PAVIMENTOS Materiales, construcción y diseño.* Bogotá: ECOE EDICIONES.

CONVIAL | IAS ACCREDITED STAREGISTER | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

NIT 901847594-7

PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 2, 6, 7 Y 12 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

ELABORADO POR:

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES

SEPTIEMBRE DE 2024

Tabla de contenido

Tabla de contenido 1
Introducción 1
1. Objetivos 2
1.1 Objetivo general 2
1.2 Objetivos específicos 2
2. Generalidades del proyecto 3
2.1 Localización del proyecto 3
2.2 Descripción del proyecto 4
3. Metodología 5
3.1 Trabajo de campo geotécnico 5
3.2 Caracterización vehicular 5
3.3 Diseño de estructura de pavimento 8
3.1.1 Método Portland Cement Association [PCA]para diseño de pavimentos de concreto 8
3.1.1.1 Análisis de fatiga 9
3.1.1.2 Análisis de Erosión 9
3.1.2 Variables de diseño método Portland Cement Association [PCA] 9
4.0 Resultados 10
4.1 Caracterización geotécnica 10
4.1.1 Descripción de la subrasante 10
4.1.2 Valor de capacidad relativa de soporte 10
4.1.3 Mejoramiento de la subrasante 11
4.2 Estudio de tránsito 13
4.3 Espesores de estructura de pavimento 14
4.3.1 Conformación de la subbase granular 14
4.3.2 Diseño Estructura de pavimento rígido 16
4.4 Geometría de losas de concreto hidráulico 17
4.5 Diseño de juntas 22
4.6 Sello de juntas 26
4.7 Drenajes 26
5.0 Conclusiones 27

6.0 Recomendaciones 29
7.0 limitaciones del estudio 34
8.0 Bibliografía 35
ANEXOS 36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tramos viales para diseñar 3
Tabla 2. Estimación del factor carril 7
Tabla 3. Estimación de K_3 para la proyección de tráfico 8
Tabla 4. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR 11
Tabla 5 Espesores de relleno existente y espesor remante 11
Tabla 6. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 2 (El Alivio, Villa Rocio, Edmundo López, Tacasuán, El Diamante, 6 de Marzo, Las Viñas, Casita Nueva y La Esmeralda) 13
Tabla 7. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 7 y 12 (Villa del Río y Villa Melissa) 14
Tabla 8. Franjas granulométricas del material subbase granular 15
Tabla 9. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR 15
Tabla 10. Resultados de diseño de espesor de losa 17
Tabla 11. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 190 mm de espesor y 40 kgf/cm². 18
Tabla 12. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 200 mm de espesor y 40 kgf/cm². 19
Tabla 13. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 200 mm de espesor y 40 kgf/cm². 19
Tabla 15. Característica de acero de juntas transversales. 24
Tabla 16. Característica de acero de juntas longitudinales 24
Tabla 17. Espesores de estructura de pavimento tramos viales comunas 1, 4, 5 y 9 27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sector 3
Figura 2. Categorización de camiones 6
Figura 3. Relación entre clasificación de suelo y los valores de CBR y módulo de reacción de la subrasante .... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados 20
Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa). 20
Figura 6. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados. 21
Figura 7. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección 21
Figura 8. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa 21
Figura 10. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales 22
Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales 23
Figura 11. Estructura de pavimento definitiva 24
Figura 12. Estructura de pavimento definitiva .... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ" 32

Introducción

En el presente informe se presentan los resultados del diseño de espesores de la estructura de pavimento rígido a través del método de Portland Cement Association [PCA] en los tramos viales urbanos correspondientes al grupo de prioridad 3 de las comunas 2, 6, 7 y 12 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba, para lo cual se requiere como insumo la caracterización de las propiedades geomecánicas del suelo de soporte y la descripción de la carga vehicular proyectada en el periodo de diseño.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

- Determinar los espesores de subbase granular y capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido en función de las características mecánicas del suelo natural de soporte y las cargas vehiculares en el periodo de diseño en los tramos viales urbanos correspondientes a las comunas 2, 6, 7 y 12, en el municipio de Montería, Córdoba, a través del método de diseño de la Portland Cement Association [PCA].

1.2 Objetivos específicos

- Determinar el espesor de subbase granular de la estructura de pavimento rígido en función del aporte que genera al conjunto Subbase – subrasante.
- Determinar el espesor de la capa de rodadura en concreto hidráulico en función de la respuesta mecánica del conjunto subbase – subrasante.
- Determinar la geometría de las losas de concreto hidráulico que conforman la capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido.

2. Generalidades del proyecto

2.1 Localización del proyecto

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del Municipio de Montería, en el Departamento de Córdoba. Este estudio presenta como objeto diseñar la estructura de pavimento rígido de los tramos viales urbanos correspondientes a las comunas 2, 6, 7 y 12. A continuación, se muestra una relación de las vías y una imagen del sector:

Tabla 1. Tramos viales para diseñar

Comuna	Barrios	Descripción
2	El Alivio, Villa Rocio y Edmundo López	Calle 10A entre calle 22 y carrera 16B
		Calle 25 entre calle 9C y calle 22
	Tacasuán, El Diamante, 6 de Marzo y Edmundo López	Calle 11D entre carrera 16 y carrera 17A
		Carrera 16A entre diagonal 13 y calle 10A
		Calle 10A entre carrera 16A y carrera 16B
		Carrera 16B entre calle 10A y calle 9B
		Calle 9B entre transversal 14 y carrera 16B
7 y 12	Villa del Río	Calle 48B entre carrera 11 y calle 48
		Carrera 8 entre calle 48 y calle 49
	Villa Melissa	Calle 53 entre carrera 40 y carrera 45
2	Las Viñas, Casita Nueva y La Esmeralda	Calle 29A entre carrera 4W y carrera 9W
		Carrera 8EW entre calle 26 y calle 30A

Figura 1. Localización del sector



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

2.2 Descripción del proyecto

El proyecto trata de la construcción de aproximadamente 4165 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.

3. Metodología

3.1 Trabajo de campo geotécnico

En primera instancia se realizaron quince (15) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, con el fin de tomar muestras alteradas e "inalteradas" para realizar los respectivos ensayos de laboratorio y evaluar las características geotécnicas de cada una de las capas que conforman el soporte (subrasante) existente. Estos apiques se realizaron a una profundidad de 1.50 m, indicando la profundidad del nivel de agua freático NAF. Los apiques de identificaron con la letra "A" seguido de un número, el cual indica el orden en que se desarrollaron.

La información se encuentra consignada en el documento "***ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 2, 6, 7 y 12 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA***" desarrollado por Ing. Esp. **Robinson Martínez Sandoval en septiembre de 2024.**

3.2 Caracterización vehicular

Una de las variables de mayor importancia en el diseño de estructuras de pavimento es el Transito, el cual, se categoriza en vehículos livianos (autos) y vehículos comerciales (buses y camiones), siendo los vehículos comerciales los que generan los deterioros de la vida útil del pavimento durante el periodo de diseño. Por lo anteriormente expuesto se hace necesario estimar la cantidad de vehículos comerciales que transitan actualmente en la zona del proyecto, así mismo, estimar el crecimiento de la circulación de vehículos una vez las vías intervenidas entren en funcionamiento y de esta manera proyectar la circulación durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento.

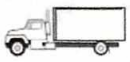
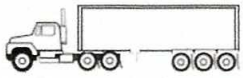
En este estudio es necesario tener en cuenta varios aspectos referidos a la clasificación de los vehículos, los factores de equivalencia de carga, distribución direccional y por carril y la proyección de las variables en la vida de diseño.

Para la caracterización de la carga vehicular, se desarrollaron conteos en diferentes puntos (estaciones de conteo) en adyacentes a las vías donde se proyecta la intervención, estos conteos se realizaron los días 12, 13 y 14 de septiembre. La supervisión de la actividad del conteo vehicular y el

procesamiento de la información estuvo a cargo del Ingeniero Civil Jorge González Ayus, especialista en ingeniería de vías terrestres.

Para la categorización de camiones se adopta la clasificación propuesta por el INVIAS, la cual se muestra a continuación:

Figura 2. Categorización de camiones

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Fuente: (INVIAS, 2008)

El tránsito promedio diario [TPD] se obtendrá con base en las estimaciones mencionadas anteriormente. Para la estimación del volumen ya sea de vehículos o ejes que circularan por los tramos viales a intervenir durante el periodo de diseño, bastará con determinar la composición vehicular en términos porcentuales y a partir de esta determinar la fracción de cada tipo de vehículo comercial.

En términos de número de ejes simples, tándem y trídem en el periodo de diseño se puede determinar así:

$$N_{ejes} = \frac{\#Ejes}{día} * \frac{K_2}{100} * K_3 * n * 365$$

Donde:

$\#Ejes$: número de ejes según determinada carga y configuración

K_2: factor carril

K_3: factor de proyección

n: periodo de diseño en años

365: número de días de un año

N_{ejes}: número acumulado de ejes según determinada carga y configuración.

Para la caracterización de la variable transito empleada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por Portland Cement Association - PCA (1984) se realiza la cuantificación a través de espectros de carga o del número de ejes pesados o comerciales de determinada carga y configuración. Dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor carril [k_2], el cual, depende del TPD y del número de carril en una dirección. A continuación, se muestra en la tabla 1, los valores k_2.

Tabla 2. Estimación del factor carril

TPD [vehículo/día]	Dos carriles en una dirección	Tres carriles en una dirección
	Factor carril, k2 [%]	
1000	100	-
2000	95	-
3000	91	78
4000	89	76
5000	87	74
6000	85	73
7000	84	72
8000	83	70
9000	82	69
10000	81	68
15000	78	65
20000	75	63
30000	72	59
40000	68	57
60000	-	54
80000	-	52

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

Así mismo, dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor proyección [k_3], el cual, depende del crecimiento anual del tránsito y del periodo de diseño. A continuación, se muestra en la tabla 2, los valores k_3.

El uso de este factor es fundamental para la caracterización de la variable de tránsito utilizada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por la PCA.

Tabla 3. Estimación de K_3 para la proyección de tráfico

Tasa de crecimiento anual de tránsito, i [%]	Periodo de diseño, n = 20 años	Periodo de diseño, n = 40 años
	k3	
1.00	1.1	1.2
1.50	1.2	1.3
2.00	1.2	1.5
2.50	1.3	1.6
3.00	1.3	1.8
3.50	1.4	2
4.00	1.5	2.2
4.50	1.6	2.4
5.00	1.6	2.7
5.50	1.7	2.9
6.00	1.8	3.2

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

3.3 Diseño de estructura de pavimento

Para la determinación de los espesores de losa de concreto hidráulico y sub base granular se procedió a través del uso de la metodología de diseño PCA. El espesor de losa y sub base granular será el que cumpla con los criterios de fatiga y erosión expuesto en el método de diseño [PCA]. A continuación, se enuncia los aspectos relevantes de cada metodología de diseño.

3.1.1 Método Portland Cement Association [PCA]para diseño de pavimentos de concreto

La metodología expuesta por la Portland Cement Association [PCA], la cual, considera el efecto de confinamiento lateral a través de bermas o la ausencia de este; así mismo, contempla como mecanismo de transferencia de carga entre losas dos alternativas: trabazón de agregados o pasadores. El método de la PCA para diseño de pavimentos rígidos considera dos criterios de diseño, los cuales se expondrán de manera corta a continuación:

3.1.1.1 Análisis de fatiga

Considera que la estructura de pavimento puede fallar por fatiga en el concreto hidráulico de las losas que conforman la capa de rodadura, producto de las repeticiones de la carga vehicular en el periodo de diseño. El daño acumulado por fatiga durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de fatiga que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.1.1.2 Análisis de Erosión

Considera que los pavimentos fallan por bombeo (lavado de finos), erosión en la fundación, o deterioro de las juntas. Las probables fallas enunciadas anteriormente están asociadas a la presencia de deflexiones. El daño acumulado por erosión durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles por erosión de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de erosión que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.1.2 Variables de diseño método Portland Cement Association [PCA]

Para el diseño de los espesores de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento rígido se debe considerar las siguientes variables:

- Módulo de reacción de la subrasante
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas
- Periodo de diseño
- Caracterización de cargas vehiculares.

4.0 Resultados

4.1 Caracterización geotécnica

4.1.1 Descripción de la subrasante

Para la caracterización de los tramos viales se realizaron quince (15) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, a una profundidad de 1.50 m, a los cuales se les tomó muestras inalteradas cada vez que se evidenció cambio en las características físicas (color, textura, contenido de humedad, etc). A las muestras extraídas se les desarrollaron los siguientes ensayos:

- Humedad natural
- Peso unitario
- Límite líquido
- Límite plástico
- Gradación
- Capacidad relativa de soporte
- Expansión libre

Las características principales encontradas en los tramos viales, en el municipio de Montería, Córdoba se encuentran en las tablas 15 – 16, 22 – 25, 29 – 32, 36 – 40, del documento ***ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 2, 7 y 12 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA***." desarrollado por Ing. Esp. Robinson Martínez Sandoval en septiembre de 2024".

4.1.2 Valor de capacidad relativa de soporte

Para la medición de la capacidad relativa se tomó muestras inalteradas para la evaluación de la capacidad relativa de soporte [CBR] del suelo en condición natural. Para la obtención del valor de capacidad relativa de soporte del tramo vial se utilizó un promedio entre los valores de CBR de los apiques, para una condición sumergida, debido a las condiciones hidráulicas de la zona. En los tramos donde se encontró un espesor de material de lleno superior a 0.90m se tomó una muestra alterada representativa y se desarrolló el ensayo de CBR en laboratorio.

Tabla 4. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR

Tramos viales	CBR [%]
Calle 10A entre calle 22 y carrera 16B	Lab (25%)
Calle 25 entre calle 9C y calle 22	Lab (28%)
Calle 11D entre carrera 16 y carrera 17A	Lab (24%)
Carrera 16A entre diagonal 13 y calle 10A	Lab (24%)
Calle 10A entre carrera 16A y carrera 16B	Lab (25%)
Carrera 16B entre calle 10A y calle 9B	Lab (21%)
Calle 9B entre transversal 14 y carrera 16B	Lab (21%)
Calle 48B entre carrera 11 y calle 48	6.67
Carrera 8 entre calle 48 y calle 49	6.67
Calle 53 entre carrera 40 y carrera 45	5.22
Calle 29A entre carrera 4W y carrera 9W	8.00
Carrera 8EW entre calle 26 y calle 30A	Lab (21%)

4.1.3 Mejoramiento de la subrasante

Este aspecto es fundamental para la evaluación de la propiedad mecánica del soporte del conjunto de las capas que servirán de apoyo a la losa de concreto hidráulico, así mismo, se realizó un evaluación del espesor de la capa de rodadura existente, con el objeto de revisar el aporte de esta como material de mejoramiento una vez se desarrolle la actividad de corte para la construcción de la capa de sub base y espesor de losa., es decir, se deberá tener en cuenta el aporte estructural del material remanente en términos de resistencia mecánica. A continuación, se muestra en la tabla 5 los espesores de relleno existente y el espesor remanente al realizar un corte de 400 mm.

Tabla 5 Espesores de relleno existente y espesor remante

Tramos viales	Espesor de relleno existente [mm]	Espesor relleno después de corte de 400 mm promedio [mm]
Calle 10A entre calle 22 y carrera 16B	1100	700
Calle 25 entre calle 9C y calle 22	900	500
Calle 11D entre carrera 16 y carrera 17A	1100	700
Carrera 16A entre diagonal 13 y calle 10A	1100	700
Calle 10A entre carrera 16A y carrera 16B	1000	600
Carrera 16B entre calle 10A y calle 9B	800	400
Calle 9B entre transversal 14 y carrera 16B	800	400
Calle 48B entre carrera 11 y calle 48	700	300

Carrera 8 entre calle 48 y calle 49	700	300
Calle 53 entre carrera 40 y carrera 45	500	100
Calle 29A entre carrera 4W y carrera 9W	370	-30
Carrera 8EW entre calle 26 y calle 30A	850	450

Con el objeto de homogenizar el soporte de las estructuras de pavimento proyectadas en los diferentes tramos viales, se estima 65 MPa/m como valor mínimo de K del conjunto de la combinación de sub base y material de mejoramiento, es decir, se deberá garantizar este valor ya sea a través del aporte estructural del material remanente una vez que este tenga un espesor considerable y un valor de capacidad relativa de soporte suficiente o a través de la colocación, conformación y compactación de una capa nueva de material granular.

El espesor de mejoramiento de subrasante en material granular existente deberá ser mínimo 400 mm, siempre que el espesor de material remanente sea menor a 400mm, ya que no se puede adicionar el material de mejoramiento encima del material remanente por temas geométricos (niveles) respecto a las viviendas adyacentes, así mismo, el valor de CBR mínimo deberá ser de 10%. La cota inferior del mejoramiento de la subrasante estará gobernada por la cota de acabado de la estructura de pavimento, la cual está sujeta al diseño geométrico de la vía, nivel de viviendas o a los cambios de pendiente longitudinal, es decir, a partir de la cota de acabado se debe descontar el espesor de la capa de rodadura (losa en concreto hidráulico), el espesor de la capa de subbase y los 400 mm de espesor mínimo del mejoramiento; para así determinar la cota de inicio del mejoramiento. Posteriormente se deberá comparar con la cota natural o actual del terreno, para así determinar si existe la necesidad de reajustar la estructura existente.

Si durante el proceso de excavación o corte se evidencia suelos saturados altamente deformables, se recomienda realizar un reemplazo con el objeto de mitigar deformaciones en la capa de soporte, el cual, consiste en la colocación de piedra gruesa (rajón) de mejoramiento en un espesor no inferior a 0,500m (500mm).

El proceso de reemplazo consiste en la colocación y posterior apisonamiento de piedra rajón, esto se debe realizar hasta que se evidencie un soporte firme y que no presente deformaciones excesivas. Seguidamente realizar un sello en la parte superior de la capa de piedra rajón, el cual consiste en colocar una capa en material granular con un espesor de 0,10m (100mm), lo cual busca cerrar los intersticios presentes entre las partículas de piedra rajón. Una vez finalizado el proceso de sello, se recomienda el paso de una volqueta sencilla cargada, con la finalidad de verificar la ausencia de las altas deformaciones observadas inicialmente.

4.2 Estudio de tránsito

La información se tomó del informe de tránsito elaborado por el Ingeniero Civil Jorge González Ayus, especialista en ingeniería de vías terrestres, del cual, se tomará la distribución porcentual de vehículos comerciales medida a través de los conteos desarrollados, así mimo, se hará uso de la información de TPDs consignada en el informe citado anteriormente. Las repeticiones esperadas en el periodo de diseño se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 6. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 2 (El Alivio, Villa Rocio, Edmundo López, Tacasuán, El Diamante, 6 de Marzo, Las Viñas, Casita Nueva y La Esmeralda)

Cargas [ton]	Calle 10A entre calle 22 y carrera 16B	Calle 25 entre calle 9C y calle 22	Calle 11D entre carrera 16 y carrera 17A	Carrera 16A entre diagonal 13 y calle 10A	Calle 10A entre carrera 16A y carrera 16B	Carrera 16B entre calle 10A y calle 9B	Calle 9B entre transversal 14 y carrera 16B	Calle 29A entre carrera 4W y carrera 9W	Carrera 8EW entre calle 26 y calle 30A
	Repeticiones esperadas								
3.1	116066	87793	72999	137387	123263	123263	123263	57983	29039
6.0	65287	43896	29199	65078	43505	43505	43505	50735	43559
6.6	116066	87793	72999	137387	123263	123263	123263	57983	29039
11.0	50779	43896	29199	50616	43505	43505	43505	50735	36299
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.0	14508	0	0	14462	0	0	0	0	7260
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comuna 7 y 12 (Villa del Río y Villa Melissa)

Cargas [ton]	Calle 48B entre carrera 11 y calle 48	Carrera 8 entre calle 48 y calle 49	Calle 53 entre carrera 40 y carrera 45
	Repeticiones esperadas		
3.1	0	0	469791
6.0	0	0	166234
6.6	0	0	469791
11.0	0	0	72276
21.0	0	0	0
22.0	0	0	93958
24.0	0	0	0

La proyección de repeticiones se desarrolló para un crecimiento del 4.0% anual.

En el anexo 2 del presente informe se muestra detalladamente el procedimiento para la obtención de los valores registrados en las tablas 6 y 7

4.3 Espesores de estructura de pavimento

4.3.1 Conformación de la subbase granular

El objeto de la construcción de la subbase granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de capa de subbase granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS.

Tabla 8. Franjas granulométricas del material subbase granular

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

Fuente: *Norma INVIAS INVE – 320-22, 2022*

El proceso de compactación de la capa de subbase respectivamente deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm), en el caso, que el espesor sea mayor a esta dimensión. Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado en el laboratorio

El material utilizado como subbase granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones de Subbase (INV 311-22, INV 320 -22).

La estructura de pavimento a diseñar contempla el uso de subbase granular, a partir del espesor de esta se determina la respuesta del módulo de reacción del conjunto subbase – subrasante [kconjunto] el cual, es una variable de diseño de la estructura de pavimento. Este parámetro se obtuvo a partir del espesor de mejoramiento recomendado mínimo de 400 mm y de espesores de subbase de 200 mm.

Tabla 9. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR

Tramos viales	Espesor mejoramiento [mm]	Espesor subbase [mm]	Kconjunto [MPa/m]
Calle 10A entre calle 22 y carrera 16B	0	200	98

Calle 25 entre calle 9C y calle 22	0	200	105
Calle 11D entre carrera 16 y carrera 17A	0	200	96
Carrera 16A entre diagonal 13 y calle 10A	0	200	96
Calle 10A entre carrera 16A y carrera 16B	0	200	98
Carrera 16B entre calle 10A y calle 9B	0	200	89
Calle 9B entre transversal 14 y carrera 16B	0	200	89
Calle 48B entre carrera 11 y calle 48	400	200	67
Carrera 8 entre calle 48 y calle 49	400	200	67
Calle 53 entre carrera 40 y carrera 45	400	200	66
Calle 29A entre carrera 4W y carrera 9W	400	200	67
Carrera 8EW entre calle 26 y calle 30A	0	200	89

En el anexo 1 del presente informe se expresa detalladamente el procedimiento para la determinación del valor de K del conjunto.

4.3.2 Diseño Estructura de pavimento rígido

Una vez determinadas las propiedades geomecánicas del suelo, así como la variable transito; se procedió a diseñar la estructura de pavimento correspondiente a la zona de estudio, teniendo en cuenta los diferentes parámetros que intervienen tales como el confinamiento, el modo de transferencia de carga, módulo de rotura a la flexión de la mezcla de concreto hidráulico a utilizar. Para el diseño de toda la estructura de pavimento se utilizó la metodología de la Portland Cement Association (PCA).

A continuación, se muestran los valores y condiciones de las diferentes variables de diseño:

- Módulo de reacción del conjunto sub base - subrasante: mayor a 65 MPa/m según las combinaciones de mejoramiento – subbase consignadas en la tabla 9.
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico: para un numero de camiones diario entre 25 y 150 la tabla 3.1 del anexo 3 del manual de diseño de pavimentos de concreto del INVIAS recomienda 40 kgf/cm^2 .
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento: No bermas
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas: Dovelas
- Periodo de diseño: 20 años

- Factor de seguridad de carga: para un TPDs menor a 500 se considera nivel de tránsito NT1 para el cual, el método de diseño de PCA sugiere mayorar las cargas a través de un factor de 1.0
- Caracterización de cargas vehiculares: tabla 6 y 7 del presente informe.

A continuación, se muestran los resultados en cada una de las corridas de acuerdo con las condiciones enunciadas anteriormente:

Tabla 10. Resultados de diseño de espesor de losa

Tramos viales	Módulo de rotura, Mr [kgf/cm^2]	Espesor de losa [mm]	Consumo de fatiga [%]	Consumo de erosión [%]
Calle 10A entre calle 22 y carrera 16B	40	190	60.975	3.421
Calle 25 entre calle 9C y calle 22	40	190	43.43	1.941
Calle 11D entre carrera 16 y carrera 17A	40	190	37.389	1.324
Carrera 16A entre diagonal 13 y calle 10A	40	190	65.012	3.448
Calle 10A entre carrera 16A y carrera 16B	40	190	52.105	1.972
Carrera 16B entre calle 10A y calle 9B	40	190	68.757	2.103
Calle 9B entre transversal 14 y carrera 16B	40	190	68.757	2.103
Calle 48B entre carrera 11 y calle 48	40	190	0	0
Carrera 8 entre calle 48 y calle 49	40	190	0	0
Calle 53 entre carrera 40 y carrera 45	40	210	29.19	5.448
Calle 29A entre carrera 4W y carrera 9W	40	200	59.872	1.487
Carrera 8EW entre calle 26 y calle 30A	40	190	57.56	2.23

En el anexo 3 del presente informe se muestra el proceso de obtención de los valores de consumo de fatiga y erosión para diferentes tramos viales, según la combinación de espesor de losas y parámetros de resistencia del soporte.

4.4 Geometría de losas de concreto hidráulico

Para la modulación de las losas se adopta los criterios expuestos en las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS 2013, en el artículo 500 en el numeral **5.2.2.3 Refuerzo de losas**, se describe las siguientes situaciones en las cuales se debe colocar acero de refuerzo.

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho mayor a 1.40
- Losas de forma irregular (diferente a la rectangular o cuadrada).

- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacente.

Si bien no está explicito un criterio de relación largo/ ancho se infiere un valor máximo de 1.40, debido a que para valores inferiores no se requiere de refuerzo en las losas.

Sin embargo, en el Manual de diseño de pavimento de concreto de bajos, medio y altos volúmenes de tránsito, está especificado en el capítulo 6 Consideraciones sobre pavimentos especiales **"En general se recomienda que el espesor de cualquier losa para pavimentos de concreto no tenga menos de 13 cm de espesor y que la longitud de las losas no sea mayor a 25 veces el espesor ni mayor a 1,3 veces el ancho de la misma".**

En el presente diseño se adopta el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación larga – ancho máximo de 1.30. Así mismo, se verifica que la longitud de las losas sea el menor valor ente 24 veces el espesor [h] de esta y cinco (5) veces el radio de rigidez relativa [l]. En el anexo 4 del presente informe, se evidencia la verificación de estos criterios.

Para losas de 190 mm de espesor elaboradas con un modulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2 el radio de rigidez relativa es de 693.52 mm. Por lo anterior utilizando el criterio de 24 veces el espesor de losa y cinco veces el radio de rigidez relativa se obtiene 4.60m y 3.50m respectivamente como dimensión máxima de losa. Seguidamente, ambos valores se compararon con los determinados a partir de la relación largo de losa – ancho de carril, la cual, se varió desde 1.00 hasta 1.30. La información de la longitud máxima de losa en función del ancho de carril se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 190 mm de espesor y 40 kgf/cm^2.

	Ancho de calzada, [m]				
L/Ac	**5.00**	**5.50**	**6.00**	**6.50**	**7.00**
1.00	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5
1.10	2.8	3.0	3.3	3.5	3.5
1.20	3.0	3.3	3.5	3.5	3.5
1.30	3.3	3.5	3.5	3.5	3.5

Para losas de 200 mm de espesor elaboradas con un módulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2 el radio de rigidez relativa es de 720.72 mm. Por lo anterior utilizando el criterio de 24 veces el espesor de losa y cinco veces el radio de rigidez relativa se obtiene 4.80m y 3.60m respectivamente como dimensión máxima de losa. Seguidamente, ambos valores se compararon con los determinados a partir de la relación largo de losa – ancho de carril, la cual, se varió desde 1.00 hasta 1.30. La información de la longitud máxima de losa en función del ancho de carril se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 200 mm de espesor y 40 kgf/cm^2.

	Ancho de calzada, [m]				
L/Ac	**5.00**	**5.50**	**6.00**	**6.50**	**7.00**
1.00	2.50	2.75	3.00	3.25	3.5
1.10	2.75	3.03	3.30	3.6	3.6
1.20	3.00	3.30	3.6	3.6	3.6
1.30	3.25	3.6	3.6	3.6	3.6

Para losas de 210 mm de espesor elaboradas con un módulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2 el radio de rigidez relativa es de 720.72 mm. Por lo anterior utilizando el criterio de 24 veces el espesor de losa y cinco veces el radio de rigidez relativa se obtiene 5.00m y 3.70m respectivamente como dimensión máxima de losa. Seguidamente, ambos valores se compararon con los determinados a partir de la relación largo de losa – ancho de carril, la cual, se varió desde 1.00 hasta 1.30. La información de la longitud máxima de losa en función del ancho de carril se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 200 mm de espesor y 40 kgf/cm^2.

	Ancho de calzada, [m]				
L/Ac	**5.00**	**5.50**	**6.00**	**6.50**	**7.00**
1.00	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
1.10	2.75	3.0	3.30	3.6	3.7
1.20	3.00	3.30	3.60	3.7	3.7
1.30	3.25	3.6	3.7	3.7	3.7

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6cm de la parte superior e inferior de la losa. En el anexo 4 de este informe se muestra de manera detallada el proceso para determinar el radio de rigidez relativa para ser comparado en los criterios de selección de longitud máxima de losas.

En los pozos de inspección, se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez, con el fin que la Junta transversal coincida con dichas estructuras y así prevenir las fisuras que aparecerán por retracción del concreto. Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe:

Figura 3. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados

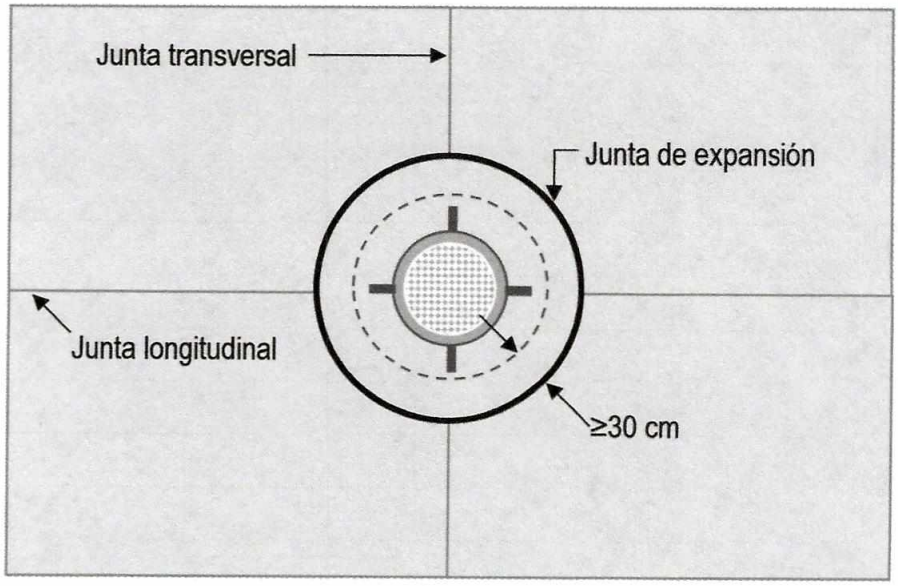
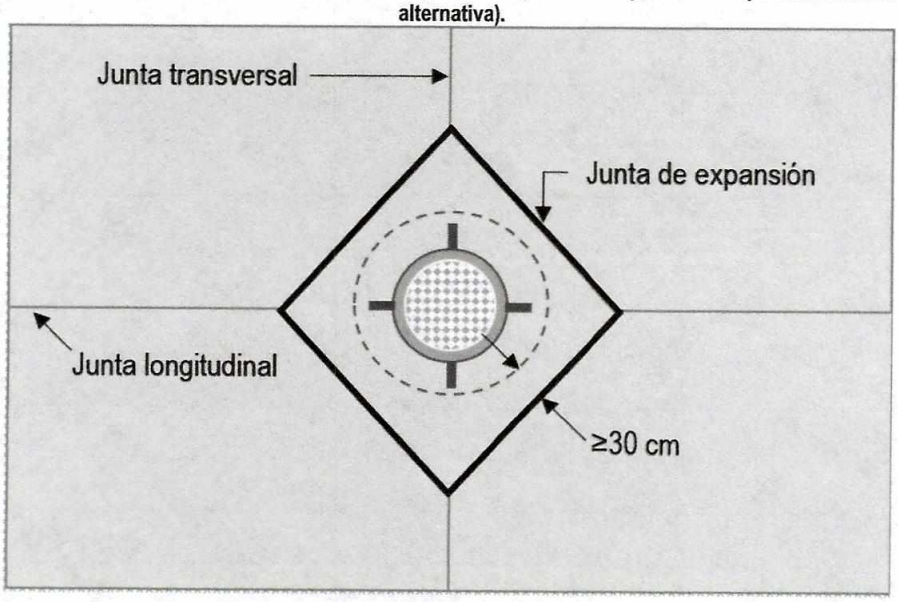
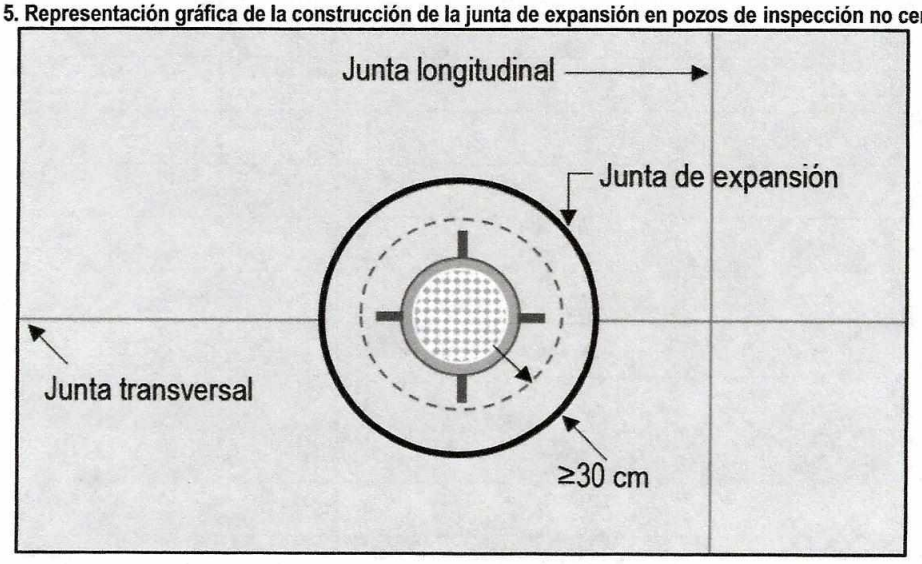


Figura 4.Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa).



Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo:

Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados.



Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la junta Longitudinal, se ajusta la modulación, con el fin que la junta transversal coincida con el pozo. Así mismo cuando se tienen varios pozos de inspección, se debe remodular con el objeto de que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla.

Figura 6. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección

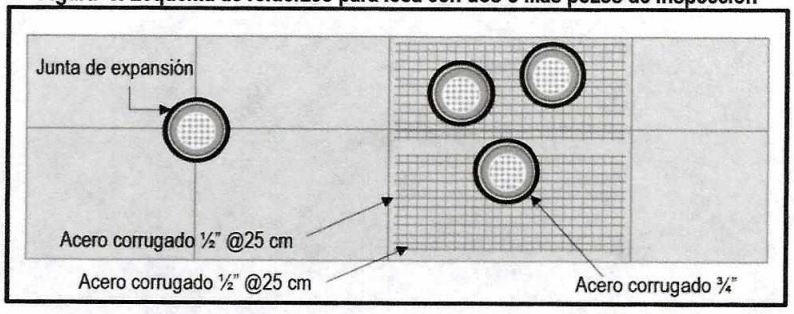
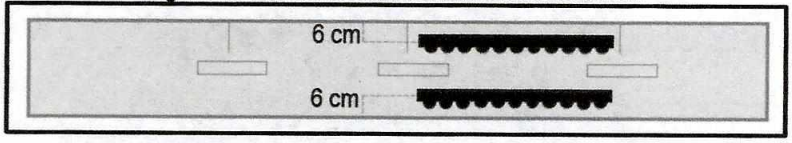


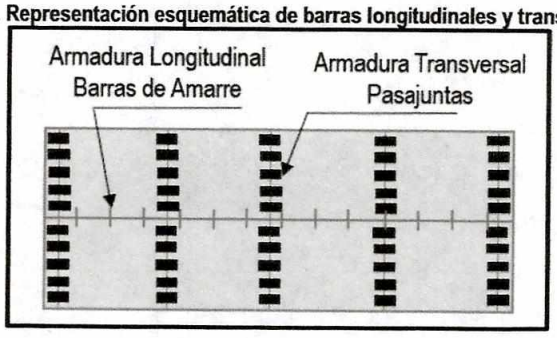
Figura 7. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa



4.5 Diseño de juntas

Las juntas longitudinales las cuales se utilizan con el propósito de evitar el corrimiento y o desplazamiento de las losas, deben ser de acero corrugado, y deben quedar ahogadas en la mitad de la losa.

Figura 8. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales



Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-13 y lo que sea aplicable del Artículo 640-07, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje se puede hacer según los criterios indicados.

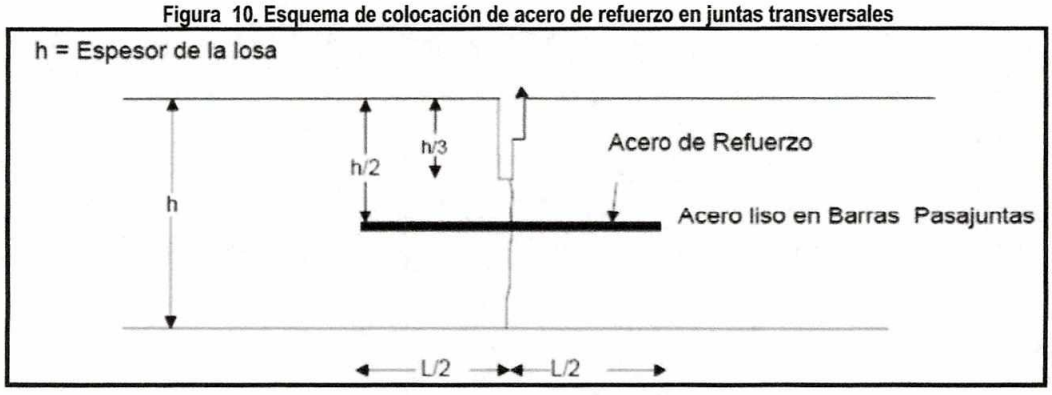
Figura 9.Acero de refuerzo de junta longitudinal

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: *Londoño & Álvarez, 2008*

Las barras pasajuntas (Usadas en Juntas Transversales, de Construcción y en algunos casos de Expansión) se utilizan como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero liso, engrasado en ambos extremos y deberán quedar ahogadas en las losas con las dimensiones y en la posición indicada en la figura. Con un límite de fluencia (fy) mínimo de 420 MPa (60000 psi), de acuerdo con el Artículo INV 500-13 y el Artículo INV 640-13

Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales



Fuente: *Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2013*

Figura 11.Acero de refuerzo de junta transversal

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: Londoño & Álvarez, 2008

Para el diseño propuesto el acero de las juntas transversales debe ser liso y con un límite de fluencia de 420 MPa con las siguientes características:

Tabla 14. Característica de acero de juntas transversales.

Espesor del pavimento [mm]	Diámetro del pasador [in]	Longitud [mm]	Separación entre centros [mm]
190 - 200	1	350	300
210	$1\frac{1}{8}$	400	300

Por otra parte, el acero de las juntas longitudinales debe ser corrugado y con un límite de fluencia de 280 MPa con las siguientes características:

Tabla 15. Característica de acero de juntas longitudinales

Espesor de losa [mm]	Diámetro barra [in]	Separación [mm]	Longitud [mm]
190 – 200 - 210	½	1200	850

De manera esquemática se muestra en las figuras 12, 13 y 14 la longitud máxima de losa y distribución final de la estructura de pavimento, en el caso particular de espesor de losa de 200 mm y ancho de vía de 6.0m.

Figura 12. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 6.0m y espesor de 190 mm

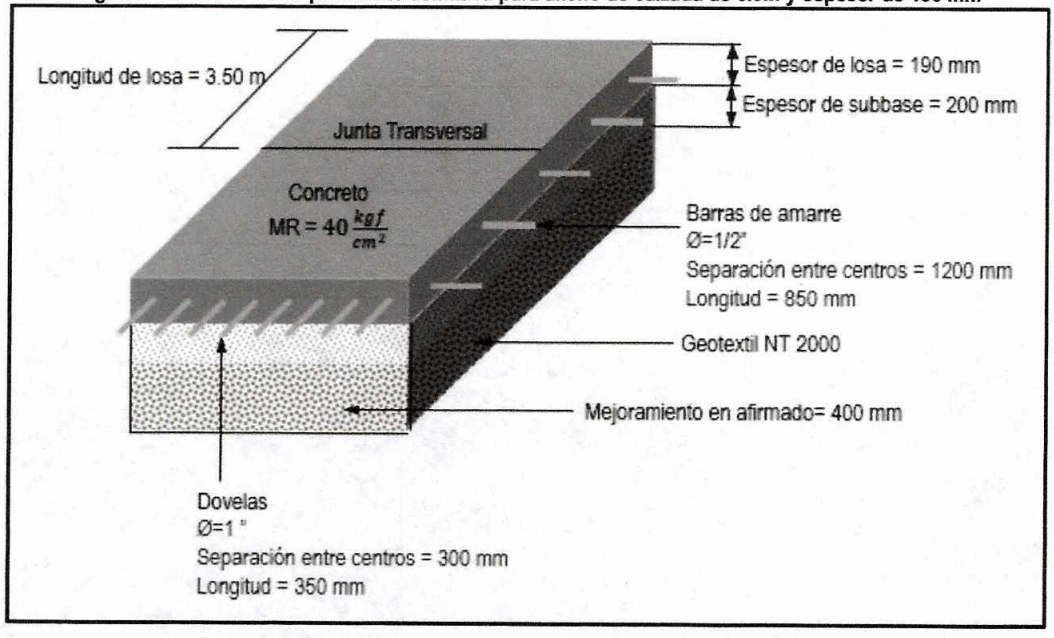


Figura 13. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 6.0m y espesor de 200 mm

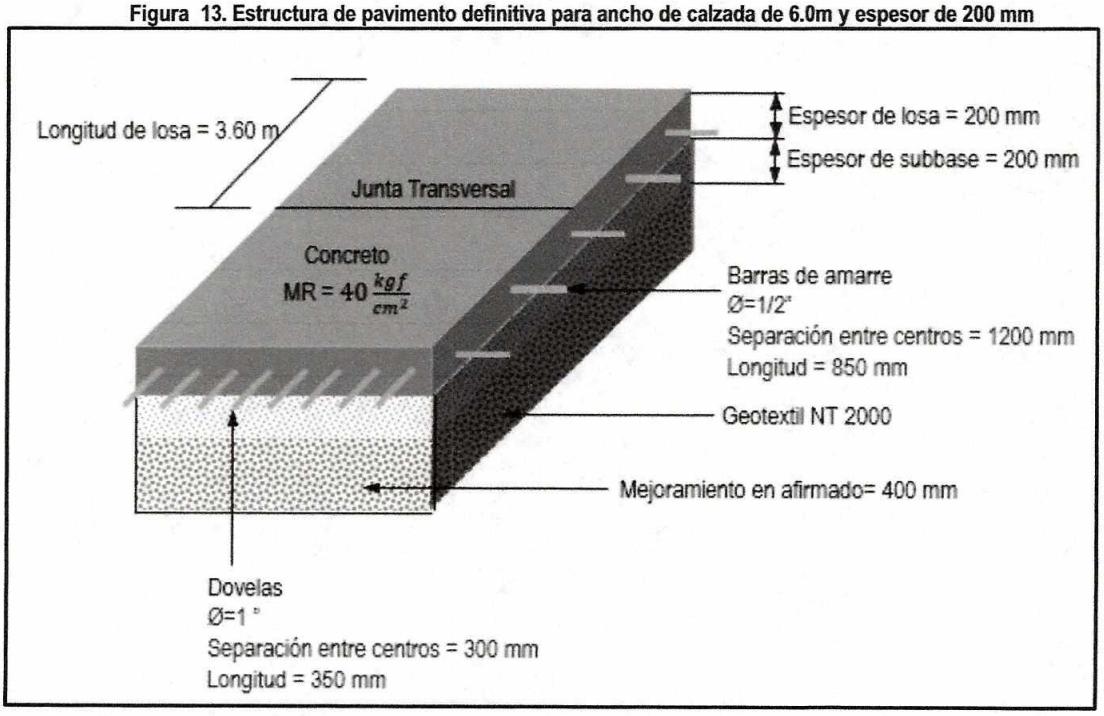
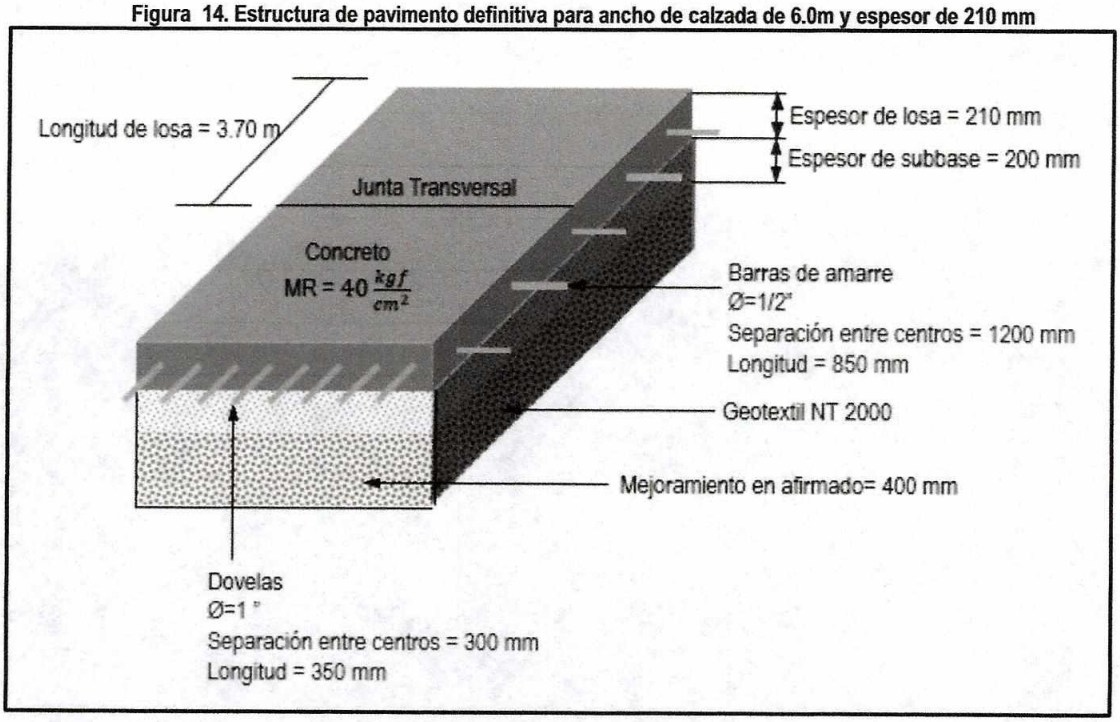


Figura 14. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 6.0m y espesor de 210 mm



4.6 Sello de juntas

El sistema de sellado de juntas para pavimentos de Concreto debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, los solventes, los rayos ultravioletas, la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

El espacio de la junta a sellar ha de estar seco y completamente limpio, lo que se puede lograr con lavado, barrido y luego soplado con compresor.

La junta transversal deber inducidas con platina y selladas con material bituminoso o de silicona. Deben cumplir con las siguientes características geométricas:

- Para juntas de 6mm de ancho, La profundidad del sello debe ser mínimo 6 mm y máximo 12 mm.
- La superficie del sello debe quedar 3 mm por debajo de la superficie de la losa.

4.7 Drenajes

En los sectores o tramos viales a pavimentar se recomienda un sistema de drenaje adecuado, pendientes transversales del 2.00% y longitudinales al menos de 0.50%, con el fin de evacuar las aguas de escorrentía producto de la precipitación pluvial, sin embargo, el valor de las pendientes está sujeto al diseño geométrico de la vía. El uso de sistemas de drenajes sub superficial no se considera dentro del alcance del presente informe, debido a que obedece al desarrollo de un análisis hidrológico e hidráulico.

5.0 Conclusiones

El diseño de los espesores de las nuevas estructuras de pavimento proyectadas se realizó a través del método de diseño propuesto por Portland Cement Association [PCA]. Las estructuras de pavimento diseñadas se analizaron para diferentes valores de módulo de reacción del conjunto sub base - subrasante, los cuales, resultaron de la combinación de un espesor de mejoramiento [400mm] y el valor mínimo de CBR del material de mejoramiento, el cual, se seleccionó un valor de 10%. Para el desarrollo de numérico de los resultados del módulo de reacción de la subrasante se utilizó la expresión de Ivanov. El espesor de la capa de apoyo subbase se analizó para un único valor de 200mm. La característica mecánica de la capa de rodadura se revisó un único valor de módulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2.

El desarrollo del análisis de sensibilidad de las diferentes variables enunciadas anteriormente articuladas con la variable transito arrojo la siguiente estructura de pavimento:

Tabla 16. Espesores de estructura de pavimento tramos viales comunas 1, 4, 5 y 9

Municipio	Tramo vial	Módulo de rotura flexión de la mezcla de concreto hidráulico [kgf/cm^2.]	Espesor de concreto [mm]	Espesor de sub-base granular [mm]	Espesor mejoramiento [mm]
Montería	**Comunas 2 y 7**	40	190	200	400
Montería	**Comuna 2**	40	200	200	400
Montería	**Comuna 12**	40	210	200	400

La selección de esta combinación de variables se realizó con base a los criterios de fatiga y erosión que propone le método de diseño PCA, el cual, expresa que no debe superar el 100%. En la tabla 10 del presente informe se evidencia los valores del consumo de fatiga y erosión de los diferentes tramos viales.

Para el dimensionamiento en planta (largo y ancho de losa) de la estructura de pavimento seleccionada se adoptó el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación largo – ancho máximo de 1.30. Así mismo, se verifica que la longitud de las

losas sea el menor valor ente 24 veces el espesor [h] de esta y cinco (5) veces el radio de rigidez relativa [l]. En el anexo 4 del presente informe, se evidencia la verificación de estos criterios.

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6 cm de la parte superior e inferior de la losa. En el anexo 4 de este informe se muestra de manera detallada el proceso para evaluar el radio de rigidez relativa de las losas.

6.0 Recomendaciones

El proceso de compactación de esta capa deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,15m (150 mm). Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de subbase en el laboratorio. El objeto de la construcción de la subbase granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de la capa de subbase granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS.

Tabla 320 – 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 – 95	60 – 90	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 – 95	55 – 85	45 – 75	30 –60	20 – 45	8 – 30	2 –15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

El material utilizado como subbase granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de subbase granular INV 320-13 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones referenciadas para Afirmado y Subbase (INV 311-22, INV 320 -22).

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	 50	 50	 50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Así mismo, si fuera necesario desarrollar la construcción de la capa de mejoramiento, este procedimiento consiste en conformar una capa de espesor de 400 mm en material granular. Para la conformación del mejoramiento se realizará un proceso de compactación, el cual deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm). Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de mejoramiento granular en el laboratorio. El material de mejoramiento debe tener un valor de CBR mínimo de10% y además debe cumplir con las especificaciones descritas en el artículo INV 300 -22 y INV 311 – 22 de la norma INVIAS.

.

Tabla 311 — 1. Requisitos de los agregados para afirmados

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles a quinientas (500) revoluciones (Granulometría A), máximo (%): - NT1 - NT2 - NT3	E-218	 50 30 30
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%).	E-125	35
Índice de Plasticidad (%).	E-125 y E-126	4 – 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2
Contracción lineal.	E-127/E-129	Tabla 311 — 3

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 15

Tabla 311 — 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
A-38	100	-	80 — 100	60 — 85	40 — 65	30 — 50	13 — 30	9 — 18
A-25	-	100	90 — 100	65 — 90	45 — 70	35 — 55	15 — 35	10 — 20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

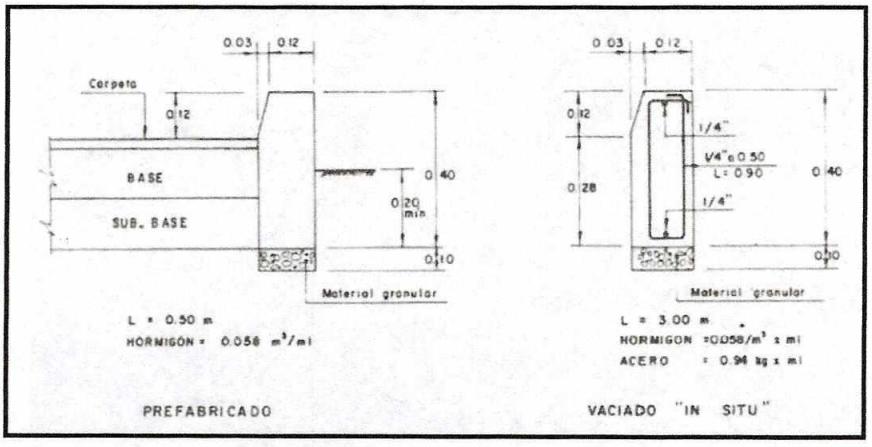
Tabla 311 — 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

Relación	Requisito
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.10}$	0,20 – 0,45
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.\ 40}$	≤ 2/3
{(% pasa tamiz de 1 pulgada) - (% pasa tamiz nro. 10)} × (% pasa tamiz nro. 4}	16 – 34
(% de contracción lineal) × (% pasa tamiz nro. 40)	100 – 240

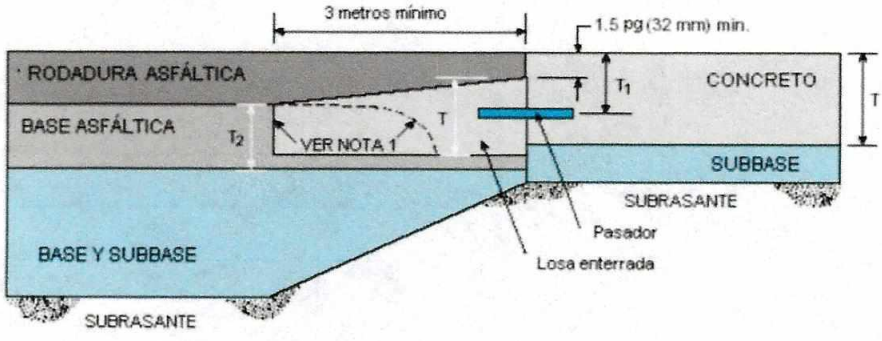
Las losas de la capa de rodadura deben ser elaboradas con una mezcla de concreto hidráulico, que presente como característica principal en estado endurecido, un valor módulo de rotura a la flexión de 40 kg/cm^2 a 28 días.

Si requieren bordillos estos pueden ser prefabricados (sin refuerzo) o fundidos in situ (con refuerzo), con un ancho de 0,15m (150mm) y altura 0,50m (500mm). En el caso que sea fundido "in situ" el bordillo, este deberá llevar dilataciones cada 0.80m (800mm) de tal modo que, de una apariencia de bordillo prefabricado. Los bordillos deben tener una pendiente longitudinal similar a la del eje de la vía (0,50%). La mezcla de concreto hidráulico debe tener como requerimiento de resistencia a la compresión 17.50 MPa.

Figura 1. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ"



En caso de que llegase a presentar una transición de pavimento flexible a pavimento rígido se recomienda desarrollar el proceso constructivo descrito en la siguiente imagen:



Fuente: *(Sánchez, 2016, diapositiva 91)*

Donde:

T: espesor de diseño del pavimento rígido

T_1: (T + 1.5") /2 o T_1: (T + 75mm) /2

T_2: T-4.5" pero no menor de 6" o T_2: T-115 mm, pero no menor de 150 mm

Nota 1. "Extender y compactar la capa de base asfáltica al menos 1 metro, como lo muestra la línea punteada. Cortar la base asfáltica compactada hasta la línea sólida vertical, para formar la losa enterrada. Usar esta cara vertical como formaleta para construir la losa enterrada"

7.0 limitaciones del estudio

Las recomendaciones realizadas en el presente informe se basan en las condiciones de campo observadas, los resultados de laboratorio y el análisis de ingeniería anteriormente descrito. Si durante la ejecución llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, esta situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES
TP. 22202-110769COR

8.0 Bibliografía

Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2013). *Especificaciones, diseño y construcción Pavimentos de Concreto Hidraulico.* Bogota: Asocreto.

CORONADO, C., VILLAFAÑE, R., & RIOS, L. (s.f.). *Resistencia de los Suelos a la licuación. .* Colombia.

Das, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de cimentaciones* (Cuarta ed.). México: International Thomson Editores.

DAS, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de cimentaciones.* México: International Thomson.

Earth, G. (2016).

ECOPETROL. (2002). *Interpretación de Radar Sinú- San Jacinto.*

INVIAS. (2007). *NORMA INV E 132-07.* Bogotá, Colombia .

INVIAS. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.* (ICPC, Ed.) INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO.

Londoño, C., & Álvarez, J. (2008). *Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto.* Medellin: ICPC.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *TITULO H*, H-49.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *TITULO A.*

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *PREFACIO*, vi-v.

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2022). *PAVIMENTOS Materiales, construcción y diseño.* Bogotá: ECOE EDICIONES.

CONVIAL | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

NIT 901847594-7

PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 1, 9 y 12 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

ELABORADO POR:

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES

OCTUBRE DE 2024

Introducción

En el presente informe se presentan los resultados del diseño de espesores de la estructura de pavimento rígido a través del método de Portland Cement Association [PCA] en los tramos viales urbanos correspondientes al grupo de prioridad 6 de las comunas 1, 9 y 12 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba, para lo cual se requiere como insumo la caracterización de las propiedades geomecánicas del suelo de soporte y la descripción de la carga vehicular proyectada en el periodo de diseño.

Tabla de contenido

Tabla de contenido 1
Introducción 1
1. Objetivos 2
1.1 Objetivo general 2
1.2 Objetivos específicos 2
2. Generalidades del proyecto 3
2.1 Localización del proyecto 3
2.2 Descripción del proyecto 3
3. Metodología 5
3.1 Trabajo de campo geotécnico 5
3.2 Caracterización vehicular 5
3.3 Diseño de estructura de pavimento 8
3.1.1 Método Portland Cement Association [PCA]para diseño de pavimentos de concreto 8
3.1.1.1 Análisis de fatiga 9
3.1.1.2 Análisis de Erosión 9
3.1.2 Variables de diseño método Portland Cement Association [PCA] 9
4.0 Resultados 10
4.1 Caracterización geotécnica 10
4.1.1 Descripción de la subrasante 10
4.1.2 Valor de capacidad relativa de soporte 10
4.1.3 Mejoramiento de la subrasante 11
4.2 Estudio de tránsito 13
4.3 Espesores de estructura de pavimento 14
4.3.1 Conformación de la subbase granular 14
4.3.2 Diseño Estructura de pavimento rígido 16
4.4 Geometría de losas de concreto hidráulico 17
4.5 Diseño de juntas 21
4.6 Sello de juntas 25
4.7 Drenajes 26
5.0 Conclusiones 27

6.0 Recomendaciones 29

7.0 limitaciones del estudio 34

8.0 Bibliografía 35

ANEXOS 36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tramos viales para diseñar 3
Tabla 2. Estimación del factor carril 7
Tabla 3. Estimación de K_3 para la proyección de tráfico 8
Tabla 4. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR 11
Tabla 5 Espesores de relleno existente y espesor remante 11
Tabla 6. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de las comunas 1, 9 y 12 13
Tabla 7. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comunas 1, 9 y 12 13
Tabla 8. Franjas granulométricas del material subbase granular 14
Tabla 9. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR 15
Tabla 10. Resultados de diseño de espesor de losa 17
Tabla 11. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 190 mm de espesor y 40 kgf/cm^2. 18
Tabla 12. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 200 mm de espesor y 40 kgf/cm^2. 18
Tabla 13. Característica de acero de juntas transversales. 23
Tabla 16. Característica de acero de juntas longitudinales 23
Tabla 17. Espesores de estructura de pavimento tramos viales comunas 1, 9 y 12 27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sector 4
Figura 2. Categorización de camiones 6
Figura 3. Relación entre clasificación de suelo y los valores de CBR y módulo de reacción de la subrasante ..... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados 19
Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa). 19
Figura 6. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados. 20
Figura 7. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección 21
Figura 8. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa 21
Figura 10. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales 21
Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales 22
Figura 11. Estructura de pavimento definitiva 23
Figura 12. Estructura de pavimento definitiva ..... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ" 32

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

- Determinar los espesores de subbase granular y capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido en función de las características mecánicas del suelo natural de soporte y las cargas vehiculares en el periodo de diseño en los tramos viales urbanos correspondientes a las comunas 1, 9 y 12, en el municipio de Montería, Córdoba, a través del método de diseño de la Portland Cement Association [PCA].

1.2 Objetivos específicos

- Determinar el espesor de subbase granular de la estructura de pavimento rígido en función del aporte que genera al conjunto Subbase – subrasante.
- Determinar el espesor de la capa de rodadura en concreto hidráulico en función de la respuesta mecánica del conjunto subbase – subrasante.
- Determinar la geometría de las losas de concreto hidráulico que conforman la capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido.

2. Generalidades del proyecto

2.1 Localización del proyecto

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del Municipio de Montería, en el Departamento de Córdoba. Este estudio presenta como objeto diseñar la estructura de pavimento rígido de los tramos viales urbanos correspondientes a las comunas 1, 9 y 12. A continuación, se muestra una relación de las vías y una imagen del sector:

Tabla 1. Tramos viales para diseñar

Comuna	Barrios	Tramos viales
1	Caracolí y El Níspero	Calle 14 entre carrera 3W y carrera 13W
		Carrera 12W entre calla14 y calle 15
		Carrera 12AW entre calle 14 y calle 15
		Calle 14A entre carrera 13W y carrera 20W
		Carrera 14W entre calle 14A y calle 15
9	Camilo Torres y 20 de Julio	Carrera 13 entre calle 96A y calla 101
		Carrera 12 entre calla 96A y calle 99
		Carrera 6 entre calle 97 y calle 101
		Carrera 5 entre calle 97 y calle 101
12	Villa Cielo	Calle 44 entre carrera 53 y carrera 58D
		Calle 45 entre carrera 53 y carrera 58D
		Calle 58 entre calle 44 y calle 45

2.2 Descripción del proyecto

El proyecto trata de la construcción de aproximadamente 4395 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

Figura 1. Localización del sector



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

3. Metodología

3.1 Trabajo de campo geotécnico

En primera instancia se realizaron diecinueve (19) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, con el fin de tomar muestras alteradas e "inalteradas" para realizar los respectivos ensayos de laboratorio y evaluar las características geotécnicas de cada una de las capas que conforman el soporte (subrasante) existente. Estos apiques se realizaron a una profundidad de 1.50 m, indicando la profundidad del nivel de agua freático NAF. Los apiques de identificaron con la letra "A" seguido de un número, el cual indica el orden en que se desarrollaron.

La información se encuentra consignada en el documento "***ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNAS 1, 9 y 12 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA***" desarrollado por Ing. Esp. **Robinson Martínez Sandoval en octubre de 2024.**

3.2 Caracterización vehicular

Una de las variables de mayor importancia en el diseño de estructuras de pavimento es el Transito, el cual, se categoriza en vehículos livianos (autos) y vehículos comerciales (buses y camiones), siendo los vehículos comerciales los que generan los deterioros de la vida útil del pavimento durante el periodo de diseño. Por lo anteriormente expuesto se hace necesario estimar la cantidad de vehículos comerciales que transitan actualmente en la zona del proyecto, así mismo, estimar el crecimiento de la circulación de vehículos una vez las vías intervenidas entren en funcionamiento y de esta manera proyectar la circulación durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento.

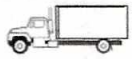
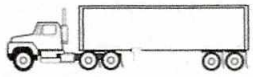
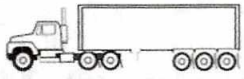
En este estudio es necesario tener en cuenta varios aspectos referidos a la clasificación de los vehículos, los factores de equivalencia de carga, distribución direccional y por carril y la proyección de las variables en la vida de diseño.

Para la caracterización de la carga vehicular, se desarrollaron conteos en diferentes puntos (estaciones de conteo) en adyacentes a las vías donde se proyecta la intervención, estos conteos se realizaron los días 03, 04 y 05 de octubre. La supervisión de la actividad del conteo vehicular y el

procesamiento de la información estuvo a cargo del Ingeniero Civil Jorge González Ayus, especialista en ingeniería de vías terrestres.

Para la categorización de camiones se adopta la clasificación propuesta por el INVIAS, la cual se muestra a continuación:

Figura 2. Categorización de camiones

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Fuente: (INVIAS, 2008)

El tránsito promedio diario [TPD] se obtendrá con base en las estimaciones mencionadas anteriormente. Para la estimación del volumen ya sea de vehículos o ejes que circularan por los tramos viales a intervenir durante el periodo de diseño, bastará con determinar la composición vehicular en términos porcentuales y a partir de esta determinar la fracción de cada tipo de vehículo comercial.

En términos de número de ejes simples, tándem y trídem en el periodo de diseño se puede determinar así:

$$N_{ejes} = \frac{\#Ejes}{día} * \frac{K_2}{100} * K_3 * n * 365$$

Donde:

$\#Ejes$: número de ejes según determinada carga y configuración

K_2: factor carril

K_3: factor de proyección

n: periodo de diseño en años

365: número de días de un año

N_{ejes}: número acumulado de ejes según determinada carga y configuración.

Para la caracterización de la variable transito empleada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por Portland Cement Association - PCA (1984) se realiza la cuantificación a través de espectros de carga o del número de ejes pesados o comerciales de determinada carga y configuración. Dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor carril [k_2], el cual, depende del TPD y del número de carril en una dirección. A continuación, se muestra en la tabla 1, los valores k_2.

Tabla 2. Estimación del factor carril

TPD [vehículo/día]	Dos carriles en una dirección	Tres carriles en una dirección
	Factor carril, k2 [%]	
1000	100	-
2000	95	-
3000	91	78
4000	89	76
5000	87	74
6000	85	73
7000	84	72
8000	83	70
9000	82	69
10000	81	68
15000	78	65
20000	75	63
30000	72	59
40000	68	57
60000	-	54
80000	-	52

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

Así mismo, dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor proyección [k_3], el cual, depende del crecimiento anual del tránsito y del periodo de diseño. A continuación, se muestra en la tabla 2, los valores k_3.

El uso de este factor es fundamental para la caracterización de la variable de tránsito utilizada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por la PCA.

Tabla 3. Estimación de K_3 para la proyección de tráfico

Tasa de crecimiento anual de tránsito, i [%]	Periodo de diseño, n = 20 años	Periodo de diseño, n = 40 años
	k3	
1.00	1.1	1.2
1.50	1.2	1.3
2.00	1.2	1.5
2.50	1.3	1.6
3.00	1.3	1.8
3.50	1.4	2
4.00	1.5	2.2
4.50	1.6	2.4
5.00	1.6	2.7
5.50	1.7	2.9
6.00	1.8	3.2

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

3.3 Diseño de estructura de pavimento

Para la determinación de los espesores de losa de concreto hidráulico y sub base granular se procedió a través del uso de la metodología de diseño PCA. El espesor de losa y sub base granular será el que cumpla con los criterios de fatiga y erosión expuesto en el método de diseño [PCA]. A continuación, se enuncia los aspectos relevantes de cada metodología de diseño.

3.1.1 Método Portland Cement Association [PCA]para diseño de pavimentos de concreto

La metodología expuesta por la Portland Cement Association [PCA], la cual, considera el efecto de confinamiento lateral a través de bermas o la ausencia de este; así mismo, contempla como mecanismo de transferencia de carga entre losas dos alternativas: trabazón de agregados o pasadores. El método de la PCA para diseño de pavimentos rígidos considera dos criterios de diseño, los cuales se expondrán de manera corta a continuación:

3.1.1.1 Análisis de fatiga

Considera que la estructura de pavimento puede fallar por fatiga en el concreto hidráulico de las losas que conforman la capa de rodadura, producto de las repeticiones de la carga vehicular en el periodo de diseño. El daño acumulado por fatiga durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de fatiga que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.1.1.2 Análisis de Erosión

Considera que los pavimentos fallan por bombeo (lavado de finos), erosión en la fundación, o deterioro de las juntas. Las probables fallas enunciadas anteriormente están asociadas a la presencia de deflexiones. El daño acumulado por erosión durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles por erosión de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de erosión que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.1.2 Variables de diseño método Portland Cement Association [PCA]

Para el diseño de los espesores de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento rígido se debe considerar las siguientes variables:

- Módulo de reacción de la subrasante
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas
- Periodo de diseño
- Caracterización de cargas vehiculares.

4.0 Resultados

4.1 Caracterización geotécnica

4.1.1 Descripción de la subrasante

Para la caracterización de los tramos viales se realizaron diecinueve (19) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, a una profundidad de 1.50 m, a los cuales se les tomó muestras inalteradas cada vez que se evidenció cambio en las características físicas (color, textura, contenido de humedad, etc). A las muestras extraídas se les desarrollaron los siguientes ensayos:

- Humedad natural
- Peso unitario
- Límite líquido
- Límite plástico
- Gradación
- Capacidad relativa de soporte
- Expansión libre

Las características principales encontradas en los tramos viales, en el municipio de Montería, Córdoba se encuentran en las tablas 13 – 20, 26 – 32, 38 – 41, del documento ***ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNA 1, 9 y 12 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA***." desarrollado por Ing. Esp. Robinson Martínez Sandoval en octubre de 2024".

4.1.2 Valor de capacidad relativa de soporte

Para la medición de la capacidad relativa se tomó muestras inalteradas para la evaluación de la capacidad relativa de soporte [CBR] del suelo en condición natural. Para la obtención del valor de capacidad relativa de soporte del tramo vial se utilizó un promedio entre los valores de CBR de los apiques, para una condición sumergida, debido a las condiciones hidráulicas de la zona. En los tramos donde se encontró un espesor de material de lleno superior a 0.90m se tomó una muestra alterada representativa y se desarrolló el ensayo de CBR en laboratorio.

Tabla 4. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR

Tramos viales	CBR [%]
Calle 14 entre carrera 3W y carrera 13W	8.0
Carrera 12W entre calla14 y calle 15	Lab (22%)
Carrera 12AW entre calle 14 y calle 15	8.0
Calle 14A entre carrera 13W y carrera 20W	Lab (23%)
Carrera 14W entre calle 14A y calle 15	Lab (21%)
Carrera 13 entre calle 96A y calla 101	Lab (20%)
Carrera 12 entre calla 96A y calle 99	Lab (22%)
Carrera 6 entre calle 97 y calle 101	Lab (19%)
Carrera 5 entre calle 97 y calle 101	7.11
Calle 44 entre carrera 53 y carrera 58D	Lab (19%)
Calle 45 entre carrera 53 y carrera 58D	5.33
Calle 58 entre calle 44 y calle 45	Lab (22%)

4.1.3 Mejoramiento de la subrasante

Este aspecto es fundamental para la evaluación de la propiedad mecánica del soporte del conjunto de las capas que servirán de apoyo a la losa de concreto hidráulico, así mismo, se realizó un evaluación del espesor de la capa de rodadura existente, con el objeto de revisar el aporte de esta como material de mejoramiento una vez se desarrolle la actividad de corte para la construcción de la capa de sub base y espesor de losa., es decir, se deberá tener en cuenta el aporte estructural del material remanente en términos de resistencia mecánica. A continuación, se muestra en la tabla 5 los espesores de relleno existente y el espesor remanente al realizar un corte de 400 mm.

Tabla 5 Espesores de relleno existente y espesor remante

Tramos viales	Espesor de *relleno* existente [mm]	Espesor relleno después de *corte de 400* mm promedio [mm]
Calle 14 entre carrera 3W y carrera 13W	500	100
Carrera 12W entre calla14 y calle 15	1000	600
Carrera 12AW entre calle 14 y calle 15	600	200
Calle 14A entre carrera 13W y carrera 20W	1000	600
Carrera 14W 14A entre calle 14A y calle 15	900	500
Carrera 13 entre calle 96A y calla 101	1000	600

Carrera 12 entre calla 96A y calle 99	1000	600
Carrera 6 entre calle 97 y calle 101	1100	700
Carrera 5 entre calle 97 y calle 101	700	300
Calle 44 entre carrera 53 y carrera 58D	900	500
Calle 45 entre carrera 53 y carrera 58D	400	0
Calle 58 entre calle 44 y calle 45	1100	700

Con el objeto de homogenizar el soporte de las estructuras de pavimento proyectadas en los diferentes tramos viales, se estima 65 MPa/m como valor mínimo de K del conjunto de la combinación de sub base y material de mejoramiento, es decir, se deberá garantizar este valor ya sea a través del aporte estructural del material remanente una vez que este tenga un espesor considerable y un valor de capacidad relativa de soporte suficiente o a través de la colocación, conformación y compactación de una capa nueva de material granular.

El espesor de mejoramiento de subrasante en material granular existente deberá ser mínimo 400 mm, siempre que el espesor de material remanente sea menor a 400mm, ya que no se puede adicionar el material de mejoramiento encima del material remanente por temas geométricos (niveles) respecto a las viviendas adyacentes, así mismo, el valor de CBR mínimo deberá ser de 10%. La cota inferior del mejoramiento de la subrasante estará gobernada por la cota de acabado de la estructura de pavimento, la cual está sujeta al diseño geométrico de la vía, nivel de viviendas o a los cambios de pendiente longitudinal, es decir, a partir de la cota de acabado se debe descontar el espesor de la capa de rodadura (losa en concreto hidráulico), el espesor de la capa de subbase y los 400 mm de espesor mínimo del mejoramiento; para así determinar la cota de inicio del mejoramiento. Posteriormente se deberá comparar con la cota natural o actual del terreno, para así determinar si existe la necesidad de reajustar la estructura existente.

Si durante el proceso de excavación o corte se evidencia suelos saturados altamente deformables, se recomienda realizar un reemplazo con el objeto de mitigar deformaciones en la capa de soporte, el cual, consiste en la colocación de piedra gruesa (rajón) de mejoramiento en un espesor no inferior a 0,500m (500mm).

El proceso de reemplazo consiste en la colocación y posterior apisonamiento de piedra rajón, esto se debe realizar hasta que se evidencie un soporte firme y que no presente deformaciones excesivas. Seguidamente realizar un sello en la parte superior de la capa de piedra rajón, el cual consiste en colocar una capa en material granular con un espesor de 0,10m (100mm), lo cual busca cerrar los intersticios presentes entre las partículas de piedra rajón. Una vez finalizado el proceso de sello, se recomienda el paso de una volqueta sencilla cargada, con la finalidad de verificar la ausencia de las altas deformaciones observadas inicialmente.

4.2 Estudio de tránsito

La información se tomó del informe de tránsito elaborado por el Ingeniero Civil Jorge González Ayus, especialista en ingeniería de vías terrestres, del cual, se tomará la distribución porcentual de vehículos comerciales medida a través de los conteos desarrollados, así mimo, se hará uso de la información de TPDs consignada en el informe citado anteriormente. Las repeticiones esperadas en el periodo de diseño se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 6. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de las comunas 1, 9 y 12

Cargas [ton]	Calle 14 entre carrera 3W y carrera 13W	Carrera 12W entre calla14 y calle 15	Carrera 12AW entre calle 14 y calle 15	Calle 14A entre carrera 13W y carrera 20W	Carrera 14W entre calle 14A y calle 15	Carrera 13 entre calle 96A y calla 101
	Repeticiones esperadas					
3.1	87096	58196	29296	87965	86832	43647
6.0	65322	21824	21972	65973	21708	29098
6.6	87096	58196	29296	87965	86832	43647
11.0	65322	21824	21972	65973	21708	29098
21.0	0	0	0	0	0	0
22.0	0	0	0	0	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño para barrios de la comunas 1, 9 y 12

Cargas [ton]	Carrera 12 entre calle 96A y calle 99	Carrera 6 entre calle 97 y calle 101	Carrera 5 entre calle 97 y calle 101	Calle 44 entre carrera 53 y carrera 58D	Calle 45 entre carrera 53 y carrera 58D	Calle 58 entre calle 44 y calle 45
	Repeticiones esperadas					
3.1	57642	88316	80366	137770	87448	43982
6.0	43231	73597	51142	65260	43724	29322

6.6	57642	88316	80366	137770	87448	43982
11.0	43231	58877	51142	58009	43724	29322
21.0	0	0	0	0	0	0
22.0	0	14719	0	7251	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0

La proyección de repeticiones se desarrolló para un crecimiento del 4.0% anual.

En el anexo 2 del presente informe se muestra detalladamente el procedimiento para la obtención de los valores registrados en las tablas 6 y 7.

4.3 Espesores de estructura de pavimento

4.3.1 Conformación de la subbase granular

El objeto de la construcción de la subbase granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de capa de subbase granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS.

Tabla 8. Franjas granulométricas del material subbase granular

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

Fuente: *Norma INVIAS INVE – 320-22, 2022*

El proceso de compactación de la capa de subbase respectivamente deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm), en el caso, que el espesor sea mayor a esta dimensión. Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado en el laboratorio

El material utilizado como subbase granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones de Subbase (INV 311-22, INV 320 -22).

La estructura de pavimento a diseñar contempla el uso de subbase granular, a partir del espesor de esta se determina la respuesta del módulo de reacción del conjunto subbase – subrasante [kconjunto] el cual, es una variable de diseño de la estructura de pavimento. Este parámetro se obtuvo a partir del espesor de mejoramiento recomendado mínimo de 400 mm y de espesores de subbase de 200 mm.

Tabla 9. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR

Tramos viales	Espesor mejoramiento [mm]	Espesor subbase [mm]	Kconjunto [MPa/m]
Calle 14 entre carrera 3W y carrera 13W	400	200	67
Carrera 12W entre calla14 y calle 15	0	200	91
Carrera 12AW entre calle 14 y calle 15	400	200	67

Calle 14A entre carrera 13W y carrera 20W	0	200	94
Carrera 14W entre calle 14A y calle 15	0	200	89
Carrera 13 entre calle 96A y calla 101	0	200	87
Carrera 12 entre calle 96A y calle 99	0	200	91
Carrera 6 entre calle 97 y calle 101	0	200	85
Carrera 5 entre calle 97 y calle 101	400	200	67
Calle 44 entre carrera 53 y carrera 58D	0	200	85
Calle 45 entre carrera 53 y carrera 58D	400	200	66
Calle 58 entre calle 44 y calle 45	0	200	91

En el anexo 1 del presente informe se expresa detalladamente el procedimiento para la determinación del valor de K del conjunto.

4.3.2 Diseño Estructura de pavimento rígido

Una vez determinadas las propiedades geomecánicas del suelo, así como la variable transito; se procedió a diseñar la estructura de pavimento correspondiente a la zona de estudio, teniendo en cuenta los diferentes parámetros que intervienen tales como el confinamiento, el modo de transferencia de carga, módulo de rotura a la flexión de la mezcla de concreto hidráulico a utilizar. Para el diseño de toda la estructura de pavimento se utilizó la metodología de la Portland Cement Association (PCA).

A continuación, se muestran los valores y condiciones de las diferentes variables de diseño:

- Módulo de reacción del conjunto sub base - subrasante: mayor a 65 MPa/m según las combinaciones de mejoramiento – subbase consignadas en la tabla 9.
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico: para un numero de camiones diario entre 25 y 150 la tabla 3.1 del anexo 3 del manual de diseño de pavimentos de concreto del INVIAS recomienda 40 kgf/cm^2 .
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento: No bermas
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas: Dovelas
- Periodo de diseño: 20 años
- Factor de seguridad de carga: para un TPDs menor a 500 se considera nivel de tránsito NT1 para el cual, el método de diseño de PCA sugiere mayorar las cargas a través de un factor de 1.0
- Caracterización de cargas vehiculares: tabla 6 y 7 del presente informe.

A continuación, se muestran los resultados en cada una de las corridas de acuerdo con las condiciones enunciadas anteriormente:

Tabla 10. Resultados de diseño de espesor de losa

Tramos viales	Módulo de rotura, Mr [kgf/cm²]	Espesor de losa [mm]	Consumo de fatiga [%]	Consumo de erosión [%]
Calle 14 entre carrera 3W y carrera 13W	40	200	77.086	1.916
Carrera 12W entre calla14 y calle 15	40	190	32.1	1.002
Carrera 12AW entre calle 14 y calle 15	40	190	82.92	1.057
Calle 14A entre carrera 13W y carrera 20W	40	190	90.46	2.96
Carrera 14W entre calle 14A y calle 15	40	190	34.308	1.02
Carrera 13 entre calle 96A y calla 101	40	190	49.49	1.329
Carrera 12 entre calle 96A y calle 99	40	190	63.588	1.95
Carrera 6 entre calle 97 y calle 101	40	200	35.091	2.466
Carrera 5 entre calle 97 y calle 101	40	200	60.741	1.503
Calle 44 entre carrera 53 y carrera 58D	40	200	34.57	2.03
Calle 45 entre carrera 53 y carrera 58D	40	200	53.156	1.29
Calle 58 entre calle 44 y calle 45	40	190	43.128	1.325

En el anexo 3 del presente informe se muestra el proceso de obtención de los valores de consumo de fatiga y erosión para diferentes tramos viales, según la combinación de espesor de losas y parámetros de resistencia del soporte.

4.4 Geometría de losas de concreto hidráulico

Para la modulación de las losas se adopta los criterios expuestos en las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS 2013, en el artículo 500 en el numeral **5.2.2.3 Refuerzo de losas**, se describe las siguientes situaciones en las cuales se debe colocar acero de refuerzo.

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho mayor a 1.40
- Losas de forma irregular (diferente a la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacente.

Si bien no está explicito un criterio de relación largo/ ancho se infiere un valor máximo de 1.40, debido a que para valores inferiores no se requiere de refuerzo en las losas.

Sin embargo, en el Manual de diseño de pavimento de concreto de bajos, medio y altos volúmenes de tránsito, está especificado en el capítulo 6 Consideraciones sobre pavimentos especiales **"En general se recomienda que el espesor de cualquier losa para pavimentos de concreto no tenga menos de 13 cm de espesor y que la longitud de las losas no sea mayor a 25 veces el espesor ni mayor a 1,3 veces el ancho de la misma".**

En el presente diseño se adopta el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación larga – ancho máximo de 1.30. Así mismo, se verifica que la longitud de las losas sea el menor valor ente 24 veces el espesor [h] de esta y cinco (5) veces el radio de rigidez relativa [l]. En el anexo 4 del presente informe, se evidencia la verificación de estos criterios. Para losas de 200 mm de espesor elaboradas con un módulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2 el radio de rigidez relativa es de 720.72 mm. Por lo anterior utilizando el criterio de 24 veces el espesor de losa y cinco veces el radio de rigidez relativa se obtiene 4.80m y 3.60m respectivamente como dimensión máxima de losa. Seguidamente, ambos valores se compararon con los determinados a partir de la relación largo de losa – ancho de carril, la cual, se varió desde 1.00 hasta 1.30. La información de la longitud máxima de losa en función del ancho de carril se muestra en las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 190 mm de espesor y 40 kgf/cm^2.

	Ancho de calzada, [m]				
L/Ac	**5.0**	**5.5**	**6.0**	**6.5**	**7.0**
1.0	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
1.1	2.75	3.00	3.30	3.50	3.50
1.2	3.00	3.30	3.50	3.50	3.50
1.3	3.25	3.50	3.50	3.50	3.50

Tabla 12. Longitud máxima de losas en función del ancho de carril para losas de 200 mm de espesor y 40 kgf/cm^2.

	Ancho de calzada, [m]				
L/Ac	**5.0**	**5.5**	**6.0**	**6.5**	**7.0**
1.0	2.50	2.70	3.00	3.20	3.50
1.1	2.70	3.00	3.30	3.50	3.60
1.2	3.00	3.30	3.60	3.60	3.60

1.3	3.20	3.50	3.60	3.60	3.60

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6cm de la parte superior e inferior de la losa. En el anexo 4 de este informe se muestra de manera detallada el proceso para determinar el radio de rigidez relativa para ser comparado en los criterios de selección de longitud máxima de losas.

En los pozos de inspección, se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez, con el fin que la Junta transversal coincida con dichas estructuras y así prevenir las fisuras que aparecerán por retracción del concreto. Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe:

Figura 3. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados

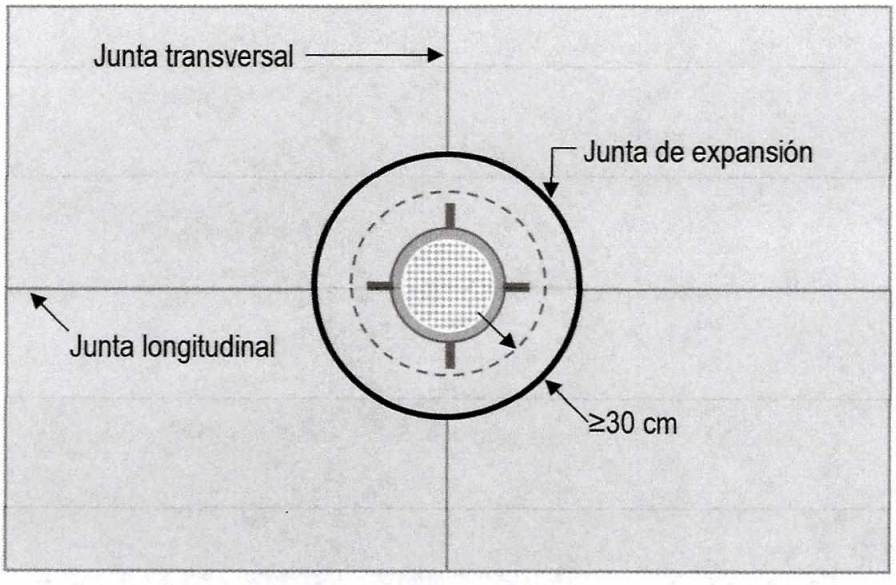
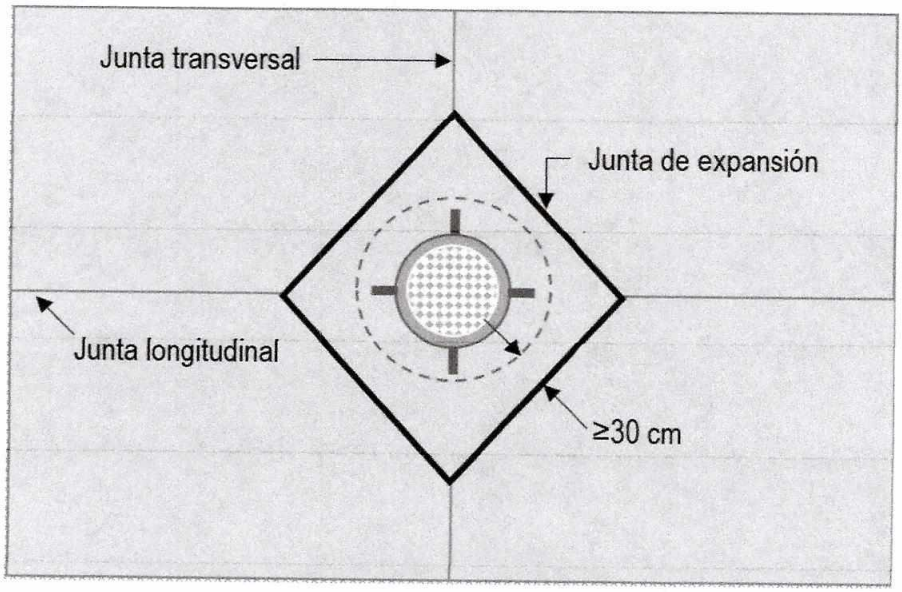
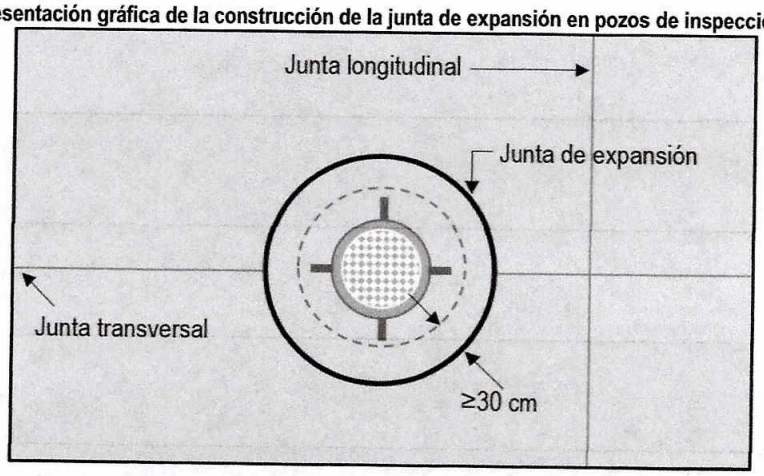


Figura 4.Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa).



Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo:

Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados.



Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la junta Longitudinal, se ajusta la modulación, con el fin que la junta transversal coincida con el pozo. Así mismo cuando se tienen varios pozos de inspección, se debe remodular con el objeto de que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla.

Figura 6. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección

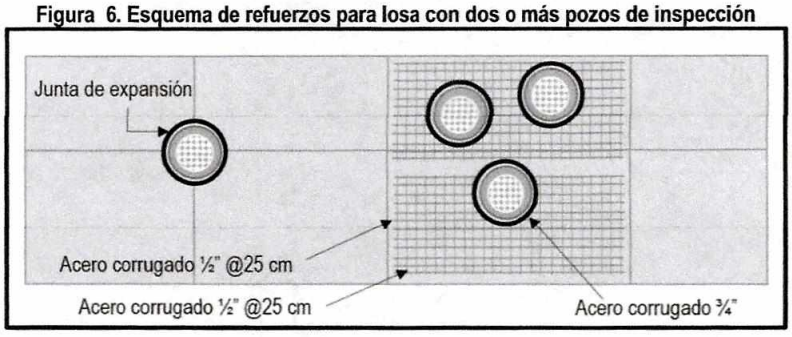
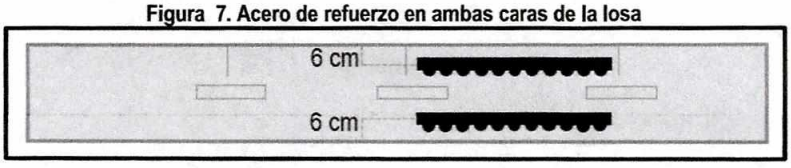


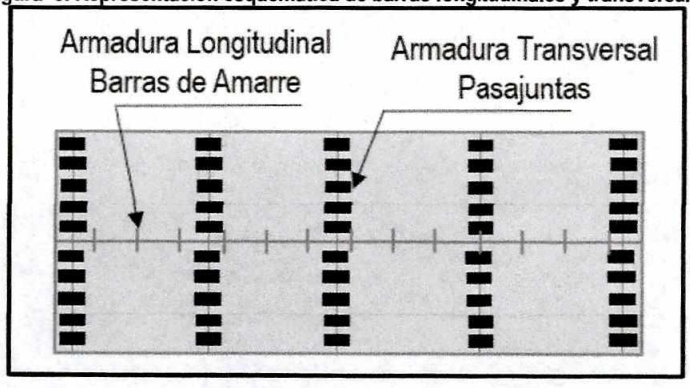
Figura 7. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa



4.5 Diseño de juntas

Las juntas longitudinales las cuales se utilizan con el propósito de evitar el corrimiento y o desplazamiento de las losas, deben ser de acero corrugado, y deben quedar ahogadas en la mitad de la losa.

Figura 8. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales



Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-13 y lo que sea aplicable del Artículo 640-07, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje se puede hacer según los criterios indicados.

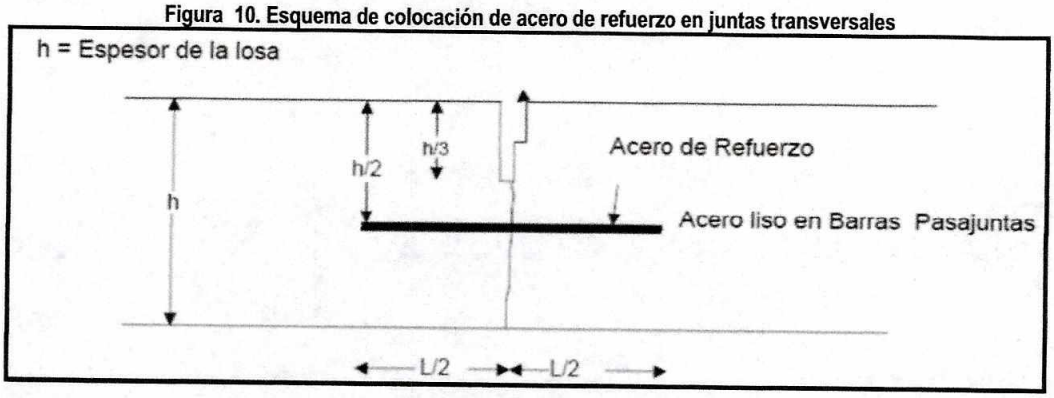
Figura 9.Acero de refuerzo de junta longitudinal

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,60	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: *Londoño & Álvarez, 2008*

Las barras pasajuntas (Usadas en Juntas Transversales, de Construcción y en algunos casos de Expansión) se utilizan como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero liso, engrasado en ambos extremos y deberán quedar ahogadas en las losas con las dimensiones y en la posición indicada en la figura. Con un límite de fluencia (fy) mínimo de 420 MPa (60000 psi), de acuerdo con el Artículo INV 500-13 y el Artículo INV 640-13

Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales



Fuente: *Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2013*

Figura 11.Acero de refuerzo de junta transversal

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: Londoño & Álvarez, 2008

Para el diseño propuesto el acero de las juntas transversales debe ser liso y con un límite de fluencia de 420 MPa con las siguientes características:

Tabla 13. Característica de acero de juntas transversales.

Espesor del pavimento [mm]	Diámetro del pasador [in]	Longitud [mm]	Separación entre centros [mm]
190 - 200	1	350	300

Por otra parte, el acero de las juntas longitudinales debe ser corrugado y con un límite de fluencia de 280 MPa con las siguientes características:

Tabla 14. Característica de acero de juntas longitudinales

Espesor de losa [mm]	Diámetro barra [in]	Separación [mm]	Longitud [mm]
190 - 200	½	1200	850

De manera esquemática se muestra en las figuras 12, 13 la longitud máxima de losa y distribución final de la estructura de pavimento, en el caso particular de espesor de losa de 190 mm y 200 mm y ancho de vía de 6.0m.

Figura 12. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 6.0m y espesor de 190 mm

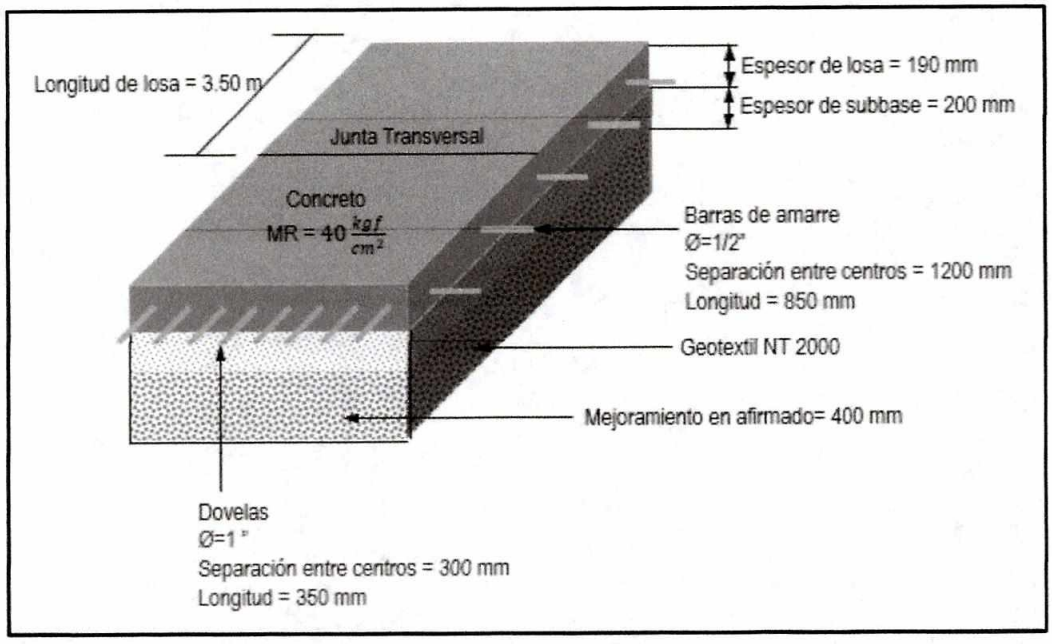
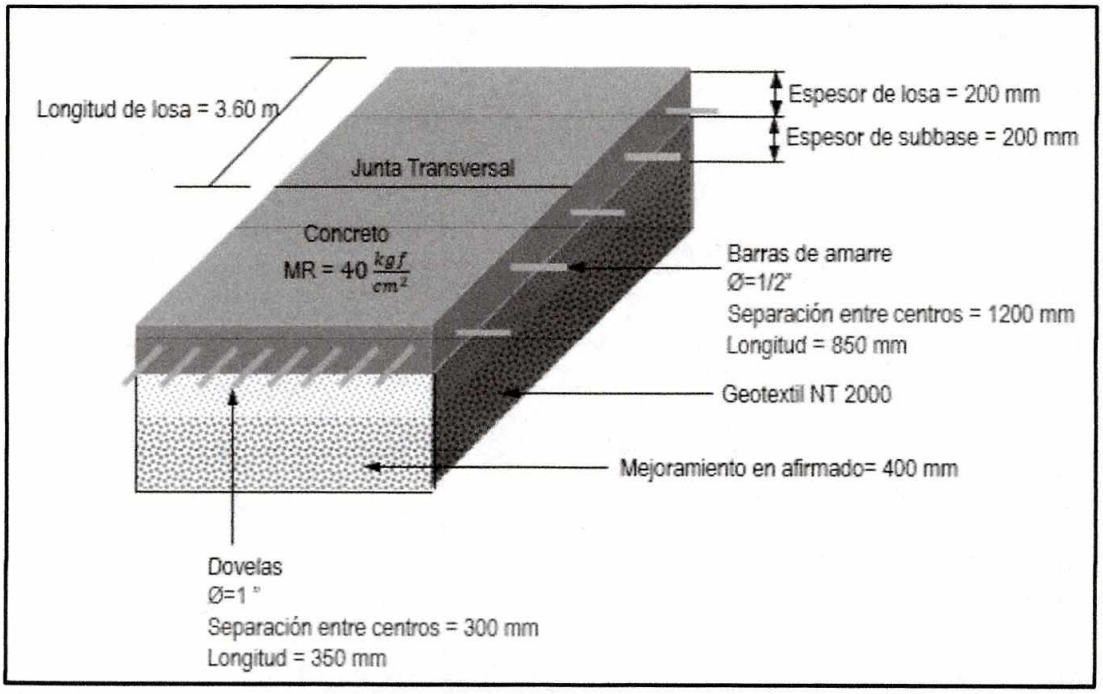


Figura 13. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 6.0m y espesor de 200 mm



4.6 Sello de juntas

El sistema de sellado de juntas para pavimentos de Concreto debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, los solventes, los rayos ultravioletas, la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

El espacio de la junta a sellar ha de estar seco y completamente limpio, lo que se puede lograr con lavado, barrido y luego soplado con compresor.

La junta transversal deber inducidas con platina y selladas con material bituminoso o de silicona. Deben cumplir con las siguientes características geométricas:

- Para juntas de 6mm de ancho, La profundidad del sello debe ser mínimo 6 mm y máximo 12 mm.
- La superficie del sello debe quedar 3 mm por debajo de la superficie de la losa.

4.7 Drenajes

En los sectores o tramos viales a pavimentar se recomienda un sistema de drenaje adecuado, pendientes transversales del 2.00% y longitudinales al menos de 0.50%, con el fin de evacuar las aguas de escorrentía producto de la precipitación pluvial, sin embargo, el valor de las pendientes está sujeto al diseño geométrico de la vía. El uso de sistemas de drenajes sub superficial no se considera dentro del alcance del presente informe, debido a que obedece al desarrollo de un análisis hidrológico e hidráulico.

5.0 Conclusiones

El diseño de los espesores de las nuevas estructuras de pavimento proyectadas se realizó a través del método de diseño propuesto por Portland Cement Association [PCA]. Las estructuras de pavimento diseñadas se analizaron para diferentes valores de módulo de reacción del conjunto sub base - subrasante, los cuales, resultaron de la combinación de un espesor de mejoramiento [400mm] y el valor mínimo de CBR del material de mejoramiento, el cual, se seleccionó un valor de 10%. Para el desarrollo de numérico de los resultados del módulo de reacción de la subrasante se utilizó la expresión de Ivanov. El espesor de la capa de apoyo subbase se analizó para un único valor de 200mm. La característica mecánica de la capa de rodadura se revisó un único valor de módulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2.

El desarrollo del análisis de sensibilidad de las diferentes variables enunciadas anteriormente articuladas con la variable transito arrojo la siguiente estructura de pavimento:

Tabla 15. Espesores de estructura de pavimento tramos viales comunas 1, 9 y 12

Municipio	Tramo vial	Módulo de rotura flexión de la mezcla de concreto hidráulico [kgf/cm^2.]	Espesor de concreto [mm]	Espesor de sub-base granular [mm]	Espesor mejoramiento [mm]
Montería	Comunas 1, 9 y 12	40	190	200	400
Montería	Comunas 1, 9 y 12	40	200	200	400

La selección de esta combinación de variables se realizó con base a los criterios de fatiga y erosión que propone le método de diseño PCA, el cual, expresa que no debe superar el 100%. En la tabla 10 del presente informe se evidencia los valores del consumo de fatiga y erosión de los diferentes tramos viales.

Para el dimensionamiento en planta (largo y ancho de losa) de la estructura de pavimento seleccionada se adoptó el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación largo – ancho máximo de 1.30. Así mismo, se verifica que la longitud de las

losas sea el menor valor ente 24 veces el espesor [h] de esta y cinco (5) veces el radio de rigidez relativa [l]. En el anexo 4 del presente informe, se evidencia la verificación de estos criterios.

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6 cm de la parte superior e inferior de la losa. En el anexo 4 de este informe se muestra de manera detallada el proceso para evaluar el radio de rigidez relativa de las losas.

6.0 Recomendaciones

El proceso de compactación de esta capa deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,15m (150 mm). Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de subbase en el laboratorio. El objeto de la construcción de la subbase granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de la capa de subbase granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS.

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

El material utilizado como subbase granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de subbase granular INV 320-13 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones referenciadas para Afirmado y Subbase (INV 311-22, INV 320 -22).

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). *(Nota)*: - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Así mismo, si fuera necesario desarrollar la construcción de la capa de mejoramiento, este procedimiento consiste en conformar una capa de espesor de 400 mm en material granular. Para la conformación del mejoramiento se realizará un proceso de compactación, el cual deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm). Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de mejoramiento granular en el laboratorio. El material de mejoramiento debe tener un valor de CBR mínimo de10% y además debe cumplir con las especificaciones descritas en el artículo INV 300 -22 y INV 311 – 22 de la norma INVIAS.

.

Tabla 311 — 1. Requisitos de los agregados para afirmados

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles a quinientas (500) revoluciones (Granulometría A), máximo (%): - NT1 - NT2 - NT3	E-218	 50 30 30
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%).	E-125	35
Índice de Plasticidad (%).	E-125 y E-126	4 – 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2
Contracción lineal.	E-127/E-129	Tabla 311 — 3

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 15

Tabla 311 — 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1 ½ *Pulgadas*	1 *Pulgada*	3/4 *Pulgada*	3/8 *Pulgada*	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
A-38	100	-	80 — 100	60 — 85	40 — 65	30 — 50	13 — 30	9 — 18
A-25	-	100	90 — 100	65 — 90	45 — 70	35 — 55	15 — 35	10 — 20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

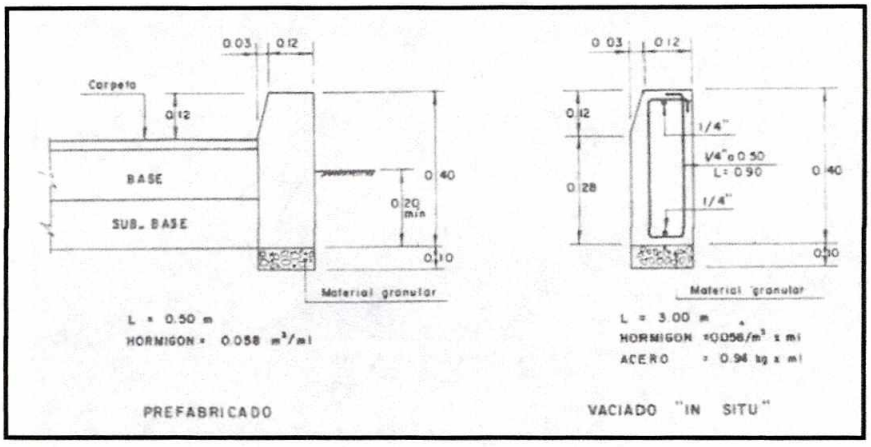
Tabla 311 — 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

Relación	Requisito
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.10}$	0,20 – 0,45
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.\ 40}$	≤ 2/3
(% pasa tamiz de 1 pulgada) - (% pasa tamiz nro. 10)} × {% pasa tamiz nro. 4)	16 – 34
(% de contracción lineal) × (% pasa tamiz nro. 40)	100 – 240

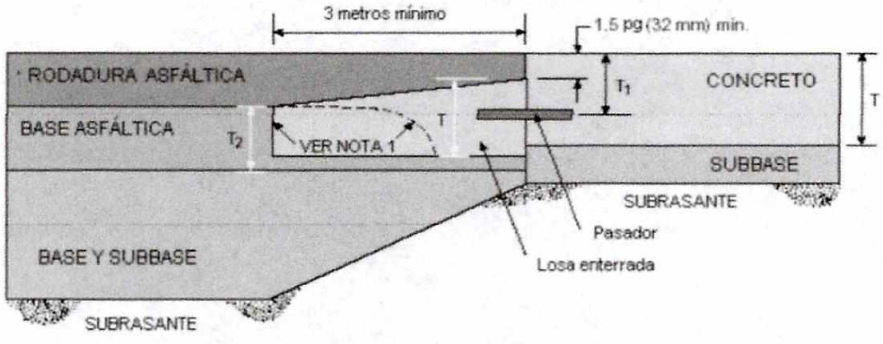
Las losas de la capa de rodadura deben ser elaboradas con una mezcla de concreto hidráulico, que presente como característica principal en estado endurecido, un valor módulo de rotura a la flexión de 40 kg/cm^2 a 28 días.

Si requieren bordillos estos pueden ser prefabricados (sin refuerzo) o fundidos in situ (con refuerzo), con un ancho de 0,15m (150mm) y altura 0,50m (500mm). En el caso que sea fundido "in situ" el bordillo, este deberá llevar dilataciones cada 0.80m (800mm) de tal modo que, de una apariencia de bordillo prefabricado. Los bordillos deben tener una pendiente longitudinal similar a la del eje de la vía (0,50%). La mezcla de concreto hidráulico debe tener como requerimiento de resistencia a la compresión 17.50 MPa.

Figura 1. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ"



En caso de que llegase a presentar una transición de pavimento flexible a pavimento rígido se recomienda desarrollar el proceso constructivo descrito en la siguiente imagen:



Fuente: *(Sánchez, 2016, diapositiva 91)*

Donde:

T: espesor de diseño del pavimento rígido

T_1: (T + 1.5") /2 o T_1: (T + 75mm) /2

T_2: T-4.5" pero no menor de 6" o T_2: T-115 mm, pero no menor de 150 mm

Nota 1. "Extender y compactar la capa de base asfáltica al menos 1 metro, como lo muestra la línea punteada. Cortar la base asfáltica compactada hasta la línea sólida vertical, para formar la losa enterrada. Usar esta cara vertical como formaleta para construir la losa enterrada"

7.0 limitaciones del estudio

Las recomendaciones realizadas en el presente informe se basan en las condiciones de campo observadas, los resultados de laboratorio y el análisis de ingeniería anteriormente descrito. Si durante la ejecución llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, esta situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES
TP. 22202-110769COR