

**CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL
CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO
PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA,
CÓRDOBA.**

Consultor:
HANDASA S.AS.

MAYO DE 2026

VERSIÓN DE CAMBIOS			
Diseñó	Revisó	Aprobó:	VERSIÓN
VALIDO SOLO PARA PAVIMENTO EN CENTRO ALEGRE 	VALIDO SOLO PARA PAVIMENTO EN CENTRO ALEGRE 		001
SEBASTIÁN CIFUENTES HERREA. ING. CIVIL C.C. 1003192358 M.P. 081037-0738691 COR	JUAN FRANCISCO DURANGO GRISALES ING. CIVIL - M.SC. RECURSOS HÍDRICOS C.C. 1067939423 M.P. 22202339714COR	INTERVENTORÍA O CONTRATANTE	27052026

CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	7
2. ALCANCE	7
3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE	8
4. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	8
5. OBJETIVOS	10
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....	10
6.1 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO	12
6.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA	13
6.2.1 DATOS FALTANTES	13
6.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA	14
6.4 MÓDULO PLUVIOMÉTRICO	16
6.5 PRECIPITACIONES ANUALES	17
6.6 VARIABILIDAD TEMPORAL	20
6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL	21
7. ANÁLISIS DE FRECUENCIA HIDROLÓGICO	23
7.1 DISTRIBUCIÓN GUMBEL.....	24
7.2 PARETO.....	25
7.3 DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III	26
7.4 DISTRIBUCIÓN NORMAL	27
7.5 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS.....	27
7.6 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE ESTADÍSTICO KOLMOGOROV-SMIRNOV	28
7.7 INTENSIDAD DE DISEÑO	35



7.8	HISTOGRAMA DE DISEÑO.....	39
7.9	ÁREA DE DRENAJE (A)	44
7.9.1	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	47
7.9.2	CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA	48
7.9.3	CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE	52
7.9.4	CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE	53
7.10	PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO (T_r).....	63
7.11	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA ©.....	64
7.12	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c).....	67
7.13	ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL.....	69
8.	ANÁLISIS HIDRÁULICO	74
8.1	COEFICIENTE DE MANNING	77
9.	DESCOLE	83
10.	DISEÑO Y ANÁLISIS HIDRÁULICO ALCANTARILLAS Y BOX CULVERT	85
10.1	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS	89
10.2	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	91
10.3	OPERACIÓN – PATRONES DE FLUJO	92
10.4	CARACTERÍSTICAS DE CAUDAL	92
10.5	CÁLCULO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLAS.....	93
10.6	CÁLCULO HIDRÁULICO DE BOX CULVERTS	94
10.7	INVENTARIO DE ESTRUCTURAS EXISTENTE	96
10.8	INVENTARIO DE ESTRUCTURAS PROPUESTAS	97
11.	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	110
12.	REFERENCIAS.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estación seleccionada CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Catalogo Nacional de Estaciones, IDEAM (2026).	13
Tabla 2: Análisis de doble masa. Fuente: Elaboración propia (2026).	15
Tabla 3: Módulos pluviométricos de la zona. Fuente: Elaboración propia (2026).	16
Tabla 4: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).	18
Tabla 5: Análisis estadístico mensual multianual de la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).	19
Tabla 6: Precipitaciones para diferentes periodos de retorno y distribuciones de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2026).	34
Tabla 7: Prueba de bondad de ajuste y cálculo de P máx. 24 horas para diferentes periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia (2026).	34
Tabla 8: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2026).	36
Tabla 9: Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados (2000).	37
Tabla 10: Intensidades estimadas para la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).	38
Tabla 11: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 10 Años. Fuente: Elaboración propia (2026).	40
Tabla 12: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 25 Años. Fuente: Elaboración propia (2026).	43
Tabla 13. Tamaño de la cuenca en relación con el área. Fuente: GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología.	47
Tabla 14. Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009).	50
Tabla 15. Característica de la cuenca en función al índice de alargamiento. Fuente: Propia.	51

Tabla 16. Tipo de terreno en relación con la pendiente media de la cuenca. Fuente GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009).	52
Tabla 17. Datos de las cuencas de los boxs. Fuente: Elaboración propia (2026).	54
Tabla 18. Parámetros de forma. Fuente: Elaboración propia (2026).	55
Tabla 19. Parámetros de relieve de la cuenca. Fuente: Elaboración propia (2026).	55
Tabla 20. Parámetros de drenaje. Fuente: Elaboración Propia (2026).	55
Tabla 21. Análisis de parámetros morfométricos. Fuente: Elaboración Propia (2026).	56
Tabla 22: Áreas aferentes de los tramos. Fuente: Elaboración propia (2026).	58
Tabla 23. Áreas de drenaje TRAMOS 1, 2 Y 3. Fuente: Elaboración propia (2026).	59
Tabla 24. Áreas de drenaje TRAMO 4. Fuente: Elaboración propia (2026).	60
Tabla 25. Áreas de drenaje TRAMO 5. Fuente: Elaboración propia (2026).	61
Tabla 26. Áreas de drenaje TRAMO 6. Fuente: Elaboración propia (2026).	62
Tabla 27. Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2009).	63
Tabla 28: Coeficiente de Escorrentía para áreas urbanas. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2009).	64
Tabla 29: Coeficientes de escorrentía para TRAMOS 1, 2 Y 3. Fuente: Elaboración propia (2026).	65
Tabla 30: Coeficientes de escorrentía para TRAMO 4. Fuente: Elaboración propia (2026).	65
Tabla 31. Coeficientes de escorrentía para TRAMO 5. Fuente: Elaboración propia (2026).	66
Tabla 32. Coeficientes de escorrentía para TRAMO 6. Fuente: Elaboración propia (2026).	67
Tabla 33: Caudales de drenaje para TRAMOS 1, 2 Y 3. Fuente: Elaboración propia (2026).	71

Tabla 34: Caudales de drenaje para TRAMO 4. Fuente: Elaboración propia (2026).	71
Tabla 35. Caudales de drenaje para TRAMO 5. Fuente: Elaboración propia (2026).	72
Tabla 36. Caudales de drenaje para TRAMO 6. Fuente: Elaboración propia (2026).	73
Tabla 37; Valores del coeficiente de rugosidad de Manning. Fuente: RAS (2016).	78
Tabla 38: Comprobación hidráulica de drenaje de TRAMOS 1, 2 Y 3. Fuente: Elaboración propia (2026).	79
Tabla 39: Comprobación hidráulica de drenaje de TRAMO 4. Fuente: Elaboración propia (2026).	80
Tabla 40. Comprobación hidráulica de drenaje de TRAMO 5. Fuente: Elaboración propia (2026).	81
Tabla 41. Comprobación hidráulica de drenaje de TRAMO 6. Fuente: Elaboración propia (2026).	82
Tabla 42. Descoles propuestos. Fuente: Elaboración propia (2026).	85
Tabla 43. Características de caudal en alcantarillas circulares estándares	93
Tabla 44. Características de caudal en alcantarillas de cajón.	94
Tabla 45. Obras existente. Fuente: Elaboración propia (2026).	96
Tabla 46. Obras propuestas. Fuente: Elaboración propia (2026).	97
Tabla 47. Verificación hidráulica de las obras propuestas por drenajes. Fuente: Elaboración propia (2026).	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del municipio de Planeta Rica. Fuente: Google Earth.	9
Figura 2: Polígonos de Thiessen de estaciones cercanas a la vía. Fuente: Elaborado en GOOGLE EARTH (2026).	11
Figura 3: Localización de estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: CNE IDEAM (2026).	12
Figura 4: Curva masa de la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).	16
Figura 5: Precipitaciones totales anuales, estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).	21
Figura 6: Precipitaciones mensuales multianuales, estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).	22
Figura 7: Ajustes de distribución de probabilidad de la estación CENTRO ALEGRE_EST en escala normal. Fuente: Elaborado en Hydrognom (2026).	30
Figura 8: Ajustes de distribución de probabilidad de la estación CENTRO ALEGRE_EST en escala LOG. Fuente: Elaborado en Hydrognom (2026).	31
Figura 9: Histograma de funciones de probabilidad en escala normal. Fuente: Elaborado en Hydrognom (2026).	32
Figura 10: Histograma de funciones de probabilidad en escala LOG. Fuente: Elaborado en Hydrognom (2026).	33
Figura 11: Mapa de regiones para IDF sintéticas. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados.	38
Figura 12: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).	39
Figura 13. Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 10 Años. Fuente: Elaboración propia (2026).	42
Figura 14: Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 25 Años. Fuente: Elaboración propia (2026).	43
Figura 15. Cuencas vías Tramos 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Fuente: Elaborado en Global Mapper (2026).	46

Figura 16. Mapa de elevación de la cuenca del box. Fuente: Elaboración propia (2026).....	46
Figura 17. Mapa de pendientes de la cuenca del box. Fuente elaboración propia (2026).....	48
Figura 18. Ancho para cálculo de área de caudal de escorrentía. Fuente: INVIAS (2013).....	56
Figura 19. Propuesta de descole para drenaje de vía. Fuente: Elaboración propia (2026).....	84
Figura 20. Localización de alcantarillas. Fuente: INVIAS (2011).....	86
Figura 21: Condiciones de flujo en alcantarillas control a la entrada. Fuente: INVIAS (2011).....	88
Figura 22. Condiciones de flujo en alcantarillas control a la salida. Fuente: INVIAS (2011).....	88
Figura 23: Resultados hidráulicos de box culvert de 2.5x2.5 – K0+126.24_T4. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).....	98
Figura 24: Perfil hidráulico de box culvert de 2.5x2.5– K0+126.24_T4. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).....	99
Figura 25: Sección transversal hidráulica de box culvert de 2.5x2.5– K0+126.24_T4. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).....	100
Figura 26: Resultados hidráulicos de box culvert de 2.5x2.5 – K0+792.282_T5. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).....	101
Figura 27: Perfil hidráulico de box culvert de 2.5x2.5 – K0+792.282_T5. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).....	102
Figura 28: Sección transversal hidráulica de box culvert de 2.5x2.5 – K0+792.282_T5. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).	103
Figura 29: Resultados hidráulicos de box culvert de 1.5x1.5 – K0+190_T6. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).....	104
Figura 30: Perfil hidráulico de box culvert de 1.5x1.5 – K0+190_T6. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).....	105
Figura 31: Sección transversal hidráulica de box culvert de 1.5x1.5 – K0+190_T6. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).....	106

Figura 32. Funcionamiento hidráulico de box culverts. Fuente: Guía de obras menores, INVIAS (2020).	107
Figura 33. Protección con enrocado para obras de drenaje transversal. Fuente: PECN (2026).	108
Figura 34. Protección con enrocado en planta para obras de drenaje transversal. Fuente: PECN (2026).	109

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

1. GENERALIDADES

En este informe se presentarán los cálculos y resultados del estudio hidrológico y el diseño hidráulico de cunetas y obras de drenaje del proyecto de **CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.**

El estudio consiste en el análisis y diseño hidráulico de las obras de conducción de aguas lluvias que afectan la vía en consideración. Se diseñan las estructuras necesarias siguiendo las recomendaciones hechas en el manual de drenaje del INVIAS.

Para el diseño de las estructuras se tomó base del estudio hidrológico para utilizar los caudales que circularan por las obras hidráulicas.

2. ALCANCE

El alcance de este informe comprende los cálculos necesarios para definir las obras de drenaje superficial del proyecto de **CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.**

El alcance del proyecto debe cumplir con las expectativas propuestas:

- Ejecutar visitas de campo al sitio del proyecto para poder visualizar y evaluar las condiciones actuales del pavimento a construir.
- Inspeccionar los datos del levantamiento topográfico para poder realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

- Recopilar y revisar datos disponibles más cercanos de precipitación proporcionados por el IDEAM, para poder analizar la escorrentía superficial que se genera en la cuenca que hace parte de la zona de influencia del proyecto.
- Realizar el estudio hidrológico de la cuenca aferente al pavimento y a sus estructuras hidráulicas, considerando los datos morfológicos, de uso del suelo, la precipitación, la información generada en el modelo digital de terreno y softwares especializados que permitan procesar toda la información base. Este estudio permitirá la estimación de los caudales de escorrentía superficial que se generan en cada período de retorno evaluado.
- Se implementará un modelo hidráulico, en el software HY8 para evaluar las condiciones hidráulicas de cada estructura.

3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

Los elementos considerados dentro del alcance del proyecto cumplirán con las normas vigentes, estándares de diseño, decretos y resoluciones legales nacionales que Se listan a Continuación:

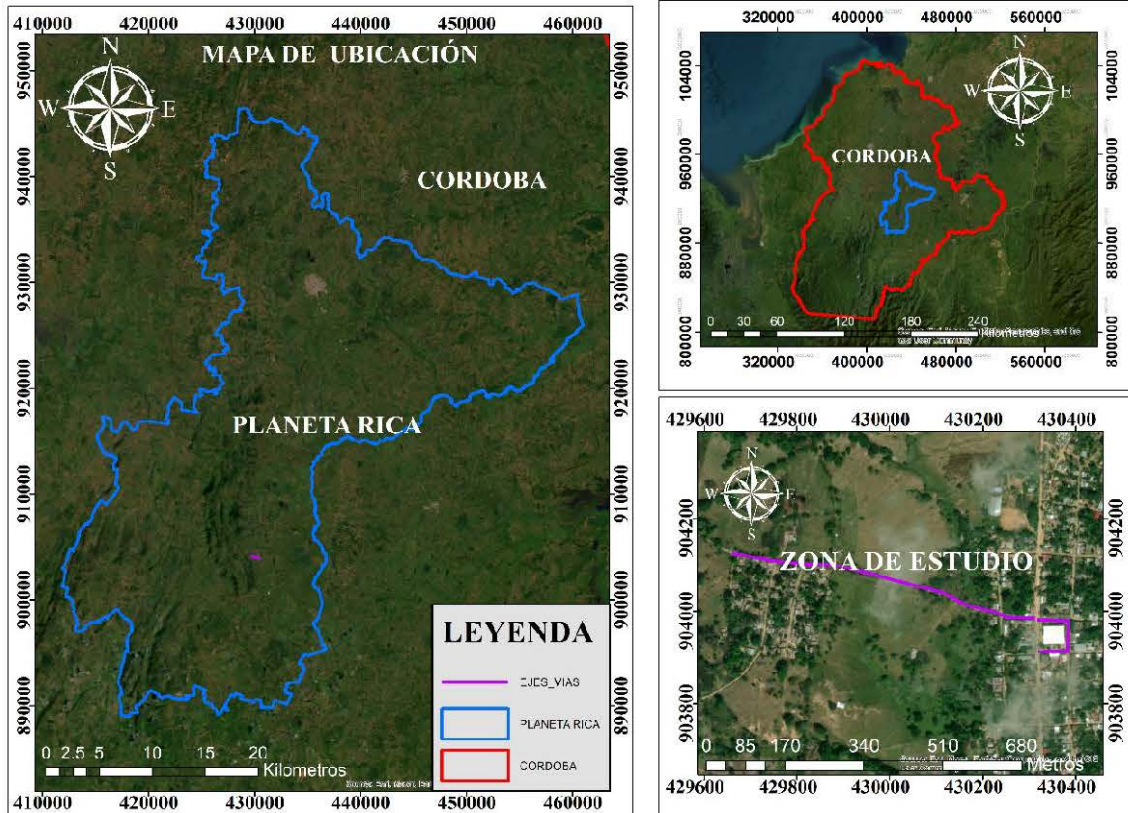
- ✓ INVIAS, MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS.
- ✓ GUÍA DE PAVIMENTO INVIAS.
- ✓ GUÍA DE OBRAS MENORES PARA VÍAS Terciarias – ADR-INVIAS

4. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el municipio de Planeta Rica en el departamento de Córdoba. En la Figura 1 se muestra la localización del municipio y de los tramos de vía a intervenir.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Figura 1: Localización del municipio de Planeta Rica. Fuente: Google Earth.



CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar el diseño hidráulico de las obras de drenaje superficial transversal requeridas el proyecto de CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA y su respectiva comprobación mediante herramientas computacionales.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Ejecutar el diseño y verificación de las secciones hidráulicas que se requieren para evacuar satisfactoriamente el caudal máximo probable de las estructuras requeridas en el proyecto y la optimización de las estructuras existentes.

6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Para seleccionar la estación más cercana a la zona se empleó la metodología de polígonos de Thiessen, la cual es implementada para delimitar áreas de influencia de estaciones meteorológicas y obtener la precipitación ponderada que afecta a una zona específica (X. Liu, Ye, Liu, Xie, & Fan, 2015); este método se desarrolla mediante la creación de figuras geométricas regulares, cuyos límites están formados por las bisectrices perpendiculares a las líneas que unen pluviómetros adyacentes (Carlo, Guelfi, & López-Vázquez, 2015); para este caso solo se utilizó para determinar las estaciones que tenían influencia directa en la zona de estudio tal como lo muestra la siguiente figura:

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

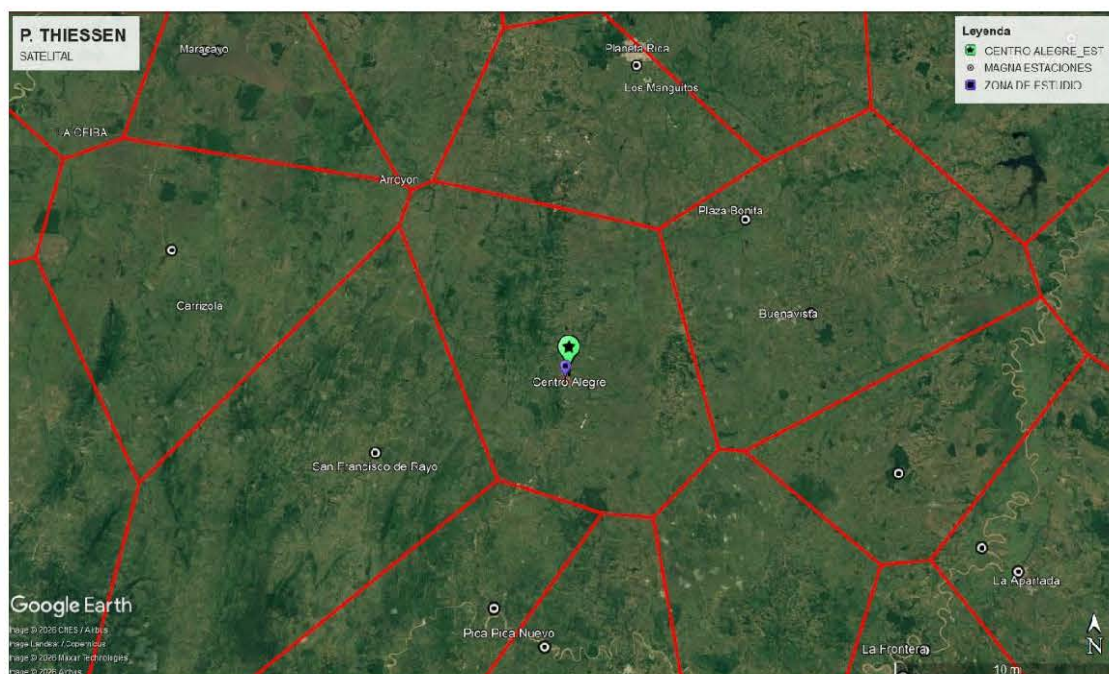


Figura 2: Polígonos de Thiessen de estaciones cercanas a la vía. Fuente: Elaborado en GOOGLE EARTH (2026).

Con base en la figura anterior, se puede apreciar que la estaciones que tiene incidencia directa sobre la cuenca de la vía a intervenir es: CENTRO ALEGRE_EST (Pluviométrica Convencional) estando ubicada a 0.4 km, siendo la más cercana y cuenta con un registro de datos de 30 años, por tal razón se escoge la estación la estación CENTRO ALEGRE_EST (Climatológica Convencional). Para realizar el análisis hidrológico de la zona, se han utilizado los valores de precipitación mensual de la estación CENTRO ALEGRE_EST, localizada como se muestra a continuación.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

25015010	
FID	2214
CODIGO	25015010
nombre	CENTRO ALEGRE [25015010]
CATEGORIA	Climática Ordinaria
TECNOLOGIA	Convencional
ESTADO	Activa
FECHA_INST	15/12/1973
altitud	170
latitud	8,180778
longitud	-75,632278
DEPARTAMEN	Córdoba
MUNICIPIO	Planeta Rica
AREA_OPERA	Area Operativa 02 - Atlántico-Bolívar-Sucre
AREA_HIDRO	Magdalena Cauca
ZONA_HIDRO	Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge
ENTIDAD	INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

Figura 3: Localización de estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: CNE IDEAM (2026).

6.1 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

Una precipitación de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de lluvia — escorrentía y tránsito de caudales. Una precipitación de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de lluvia en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación, o mediante un mapa de isoyetas que especifique el patrón espacial de la precipitación.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Se selecciona la estación más cerca al área del proyecto del catálogo de estaciones climatológicas del IDEAM, encontrándose que la estación CENTRO ALEGRE_EST, cuya información se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Estación seleccionada CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Catalogo Nacional de Estaciones, IDEAM (2026).

DATOS ESTACIÓN	
CÓDIGO	25025190
NOMBRE	CENTRO ALEGRE
CATEGORÍA	CLIMÁTICA ORDINARIA
ELEVACIÓN (m.s.n.m)	90
LATITUD	8.399333
LONGITUD	-75.583722
DEPARTAMENTO	CORDOBA
MUNICIPIO	PLANETA RICA

6.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA

6.2.1 DATOS FALTANTES

Para completar los datos faltantes, se emplea la siguiente formulación:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{N_x}{N_1} \right) P_1 + \left(\frac{N_x}{N_1} \right) P_2 + \dots + \left(\frac{N_x}{N_n} \right) P_n \right]$$

Donde N es el número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos cercanas a la estación “x”, la cual será completada en su registro. Px es la precipitación de la estación “X” durante el periodo de tiempo a completar. P1...Pn es la precipitación de la estacione 1 a la n durante el mismo periodo de tiempo que se desea completar. Nx es la precipitación media multianual histórica de la estación “X”.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

6.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Para el estudio se utilizó el análisis de doble masa, este método se aplica para determinar la consistencia de la información de precipitación obtenida, y considera que, para zonas meteorológicas homogéneas de precipitación obtenidos en diferentes puntos para un mismo periodo anual, deben guardar una relación de tal manera que se pueda representar gráficamente. Su metodología se enseña a continuación:

- Se selecciona el periodo en común del grupo de estaciones utilizadas para el estudio
- Se determina la precipitación anual para cada estación; estimando los datos si los tienen.
- Los valores de precipitación anual se deben acumular en orden cronológico, a partir del año más antiguo en común de las estaciones utilizadas, hasta el más reciente, en este caso son 1993 y 2024, respectivamente.
- Se grafican los valores de las precipitaciones acumuladas de cada estación, para determinar la estación patrón.
- Si los puntos en la gráfica presentan una tendencia, es decir, si se puede trazar una recta sin quiebres sobre ellos, significa que son estadísticamente consistentes.
- Si los puntos presentan mucha dispersión, los datos no son estadísticamente significativos y se debe proceder a su eliminación.

En la siguiente tabla se presenta la precipitación anual cada estación y su precipitación anual acumulada:

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 2: Análisis de doble masa. Fuente: Elaboración propia (2026).

AÑO/MES	TOTALES	ACUMULADO
1993	1491	1491
1994	1604	1604
1995	1625	3229
1996	1801	5029.9
1997	1580	6609.8
1998	2065	8674.38
1999	2065	10738.96
2000	2065	12803.54
2001	1489	14292.54
2002	1788	16080.94
2003	1597	17678.34
2004	1566	19244.64
2005	1708	20952.94
2006	1604	22557.24
2007	2107	24664.44
2008	1756	26420.34
2009	1532	27951.94
2010	2109	30061.34
2011	1809	31870.34
2012	1747	33616.94
2013	1425	35041.94
2014	1299	36341.24
2015	997	37338.54
2016	1206	38544.44
2017	1440	39984.64
2018	1590	41574.14
2019	1922	43496.34
2020	1565	45061.54
2021	1720	46781.64
2022	1789	48571.04
2023	1926	50497
2024	1584	52081

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

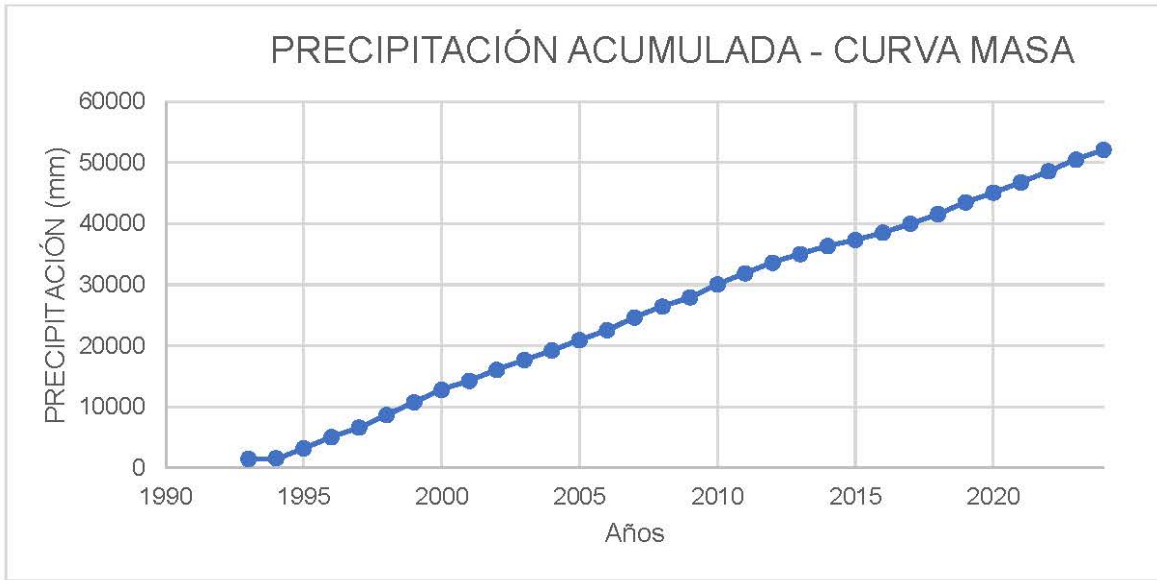


Figura 4: Curva masa de la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).

6.4 MÓDULO PLUVIOMÉTRICO

A continuación, se presentan los módulos pluviométricos anuales de las estaciones, entendiéndose por modulo pluviométrico de una estación al promedio aritmético de las precipitaciones anuales registradas.

Se toman los datos comprendidos entre los años 1994 y 2024, el cual es el periodo común para las estaciones.

Tabla 3: Módulos pluviométricos de la zona. Fuente: Elaboración propia (2026).

ESTACIÓN	CENTRO ALEGRE_EST
MODULO PLUVIOMÉTRICO (mm)	1686

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Determinado con la siguiente formula:

$$\bar{X} = \frac{\sum P}{n}$$

Donde P es el módulo pluviométrico de las diferentes estaciones y n el número de módulos obtenidos para hacer el promedio.

6.5 PRECIPITACIONES ANUALES

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua que se deposita en la superficie de la tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se y cae de la solución, es decir, precipita. El aire a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.

En el municipio de Planeta Rica los valores de precipitación no presentan grandes cambios, lo que contribuye a mantener un factor climático casi homogéneo, con precipitaciones mayores a 997 mm, a excepción de las cercanías de la zona sur. En las tablas siguientes se muestra el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación CENTRO ALEGRE_EST, la cual registra mayores valores de precipitación media anual.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 4: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación CENTRO ALEGRE_EST.
Fuente: Elaboración propia (2026).

AÑO	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)		
	MÁXIMA	MÍNIMA	TOTAL ANUAL
1993	131	0	1491
1994	71	0	1604
1995	83	0	1625
1996	89	0	1801
1997	97	0	1580
1998	88	0	1049
1999	78	0	376
2000	69	0	1524
2001	94	0	1489
2002	81	0	1788
2003	70	0	1597
2004	81	0	1566
2005	83	0	1708
2006	83	0	1604
2007	127	0	2107
2008	111	0	1756
2009	92	0	1532
2010	105	0	2109
2011	110	0	1809
2012	97	0	1747
2013	89	0	1425
2014	105	0	1299
2015	65	0	997
2016	59	0	1206
2017	83	0	1440
2018	80	0	1590
2019	103	0	1922
2020	115	0	1565
2021	81	0	1720
2022	87	0	1789
2023	113	0	1926
2024	133	0	1955
PROMEDIO	90	0	1575
MÍN.	59	0	376
MÁX.	127	0	2109
D.E	15.97	0	338.12
VARIANZA	254.78	0	114322.93
COEF. ASIMETRÍA	0.35		-1.54
CURTOSIS	-0.3		4.21

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

La precipitación máxima diaria promedio en el período analizado es de 90 mm, mientras que la desviación estándar, que mide la dispersión de los datos respecto a dicho promedio, es de 15.97 mm, lo que indica que, en general, las precipitaciones máximas diarias no presentan variaciones significativas y tienden a concentrarse alrededor del valor medio.

Al calcular el coeficiente de variación (C.V.), obtenido como la relación entre la desviación estándar y el promedio multiplicada por 100, se obtiene un valor aproximado de 17.7%, el cual es considerablemente inferior al 30%, por lo que se concluye que los datos de precipitación máxima diaria son altamente homogéneos, evidenciando una baja variabilidad en los eventos extremos de lluvia, lo que sugiere un comportamiento relativamente estable en la intensidad de las precipitaciones máximas registradas durante el período de análisis.

Tabla 5: Análisis estadístico mensual multianual de la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).

AÑO/MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1993	7.9	32.4	174.6	137.6	61.3	173.7	190.6	84.2	174.7	195.3	224.4	34.7
1994	6.6	8.3	124.2	120.4	180.1	139.9	129.3	373.9	137.2	238.4	129.5	16
1995	7.6	0	14.5	156.6	200.3	201.3	180.7	313.4	198.2	225.2	53.5	74
1996	1.3	0.3	79	137.3	296.2	186.1	242.3	390.4	102.1	191.2	145.2	29.4
1997	32.3	6.8	54.2	78.6	161.4	423.8	155.4	203.5	235.8	187.4	37.2	3.5
1998	1.1	27.4	14.9	51.5	338.7	250.6	162	202.8	0	0	0	0
1999	0	125.5	47.5	202.5	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	5.8	4	7.7	103.8	190.4	161.3	230.3	351.7	203	177.5	48	40.3
2001	55.3	0	46.5	163.9	75.2	196.5	134.7	194.9	278.9	200.8	111.9	30.4
2002	1	3.1	59.2	167.3	319.8	176.4	358.5	227.5	206.6	75.3	125.5	68.2
2003	6	16.2	64.1	137.9	177.5	271.2	173.9	308.4	96.2	151.5	123.5	71
2004	11	0	0	160.9	314.5	204.5	220	302.4	156	197	0	0
2005	1	0	25.5	83.5	325	250.1	152.4	254.6	148	255.7	155.5	57
2006	10.4	5	142.7	143.2	143	161.7	283.5	269.9	145.6	185.2	81.6	32.5
2007	0	0	39.5	230	148	373.5	189	378.5	301	263.4	76.8	107.5
2008	3.5	35.5	7	95	268.5	255.8	208	178.5	313.1	219	137	35
2009	24	4.5	32.5	45	158	346	176	210	294.3	145.4	75.4	20.5
2010	0.2	14.7	47.4	164.8	228.4	253	240.8	378.5	324.5	215.5	120.8	120.8
2011	32.8	44.2	84.5	129.2	286.5	329	135.7	292.1	154.7	107.2	153.5	59.6
2012	17.4	9.5	101.6	201.4	277.8	199.5	246.2	250.7	215.4	148.4	69.7	9
2013	0	5	74.3	53.2	84	224.7	242.5	257.2	218.7	152.5	65.7	47.2
2014	22.1	0	15.2	172.4	63	148.9	124.6	354.8	180.4	115.9	58.2	43.8
2015	69.4	5.7	12	138.8	172.8	52.2	131.4	188.7	52.2	174.1	0	0
2016	12.6	0.4	0	70.3	253.4	168	188.8	195.6	54.2	114.8	29.8	118
2017	12.6	0	114.2	126	103.4	214.6	262.9	222.9	168.9	102.7	70.3	41.7

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

AÑO/MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	201.1	1.1	13.2	152.7	109.7	287.3	184.3	193.3	223.6	132	85.6	5.6
2019	3.9	0	14.6	82.3	315.2	191.2	249.6	283.2	445.1	254.5	61.6	21
2020	2.9	0	0	94.1	291.9	119.9	281	225.4	180.3	240.7	94	35
2021	15	20	35.9	181.6	181.7	206.7	287	325.5	193.3	133.2	136	4.2
2022	16.7	20.5	80.1	206.8	101	226.7	256.5	335.1	208.9	159.8	171.2	6.1
2023	88.3	0	64.3	145.3	357.5	334.8	263.6	174.6	173.8	238.7	76.8	7.9
2024	1.5	12.8	11.2	146.4	319.2	395.2	201.2	225.8	192.5	325.4	119.8	3.9
TOTALES	671.30	402.90	1602.10	4280.30	6503.40	7124.10	6482.70	8148.00	5977.20	5523.70	2838.00	1143.80
MEDIA	20.98	12.60	50.07	133.76	203.24	222.63	202.59	254.63	186.79	172.62	88.69	35.75
MODA	0	0	0	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	378.5	0	0	0	0
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	38.88	23.76	44.76	47.64	98.29	92.17	67.24	87.51	93.48	71.46	54.58	34.34
VARIANZA	1463.86	546.56	1940.03	2198.63	9358.22	8228.94	4379.41	7417.76	8465.08	4945.79	2885.61	1141.91
CURTOSIS	15.25	16.91	0.7	-0.56	-1.08	0.56	1.69	1.03	1.13	0.77	-0.12	0.71
ASIMETRÍA	3.63	3.77	1.06	-0.13	-0.17	0.12	-0.47	-0.65	0.26	-0.54	0.21	1.12
MÍNIMO	0.00	0.00	0.00	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MÁXIMO	201.10	125.50	174.60	230.00	357.50	423.80	358.50	390.40	445.10	325.40	224.40	120.80

6.6 VARIABILIDAD TEMPORAL.

Para el registro de precipitación suministrado en la tabla, se observa que a escala anual las lluvias presentan cierta variabilidad. Los coeficientes de variación, obtenidos para los diferentes meses, se encuentran por encima del 30%, lo que indica que las precipitaciones no son uniformes y pueden ocurrir fluctuaciones marcadas entre los años y los meses más húmedos. Estos valores reflejan una alta dispersión respecto al promedio mensual, lo que sugiere cambios considerables en los patrones de precipitación.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

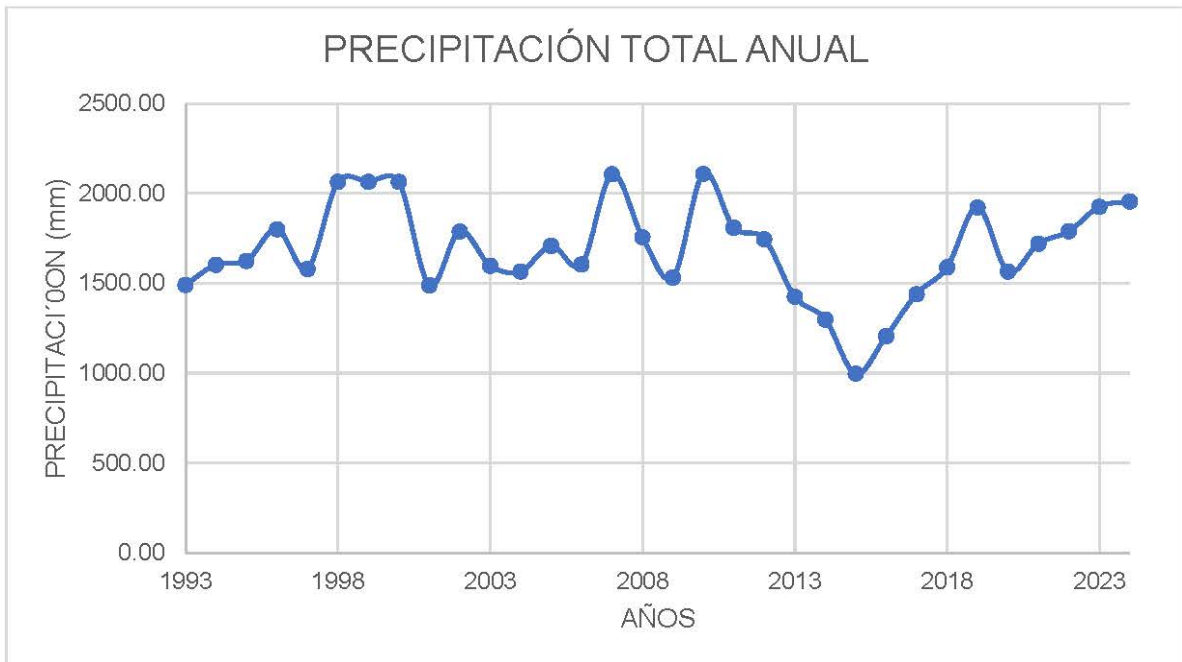


Figura 5: Precipitaciones totales anuales, estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).

6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL

El comportamiento de las lluvias promedio mensual en las estaciones fluctúa entre 12.6 mm y 254.63 mm, tal como lo muestra la siguiente figura:

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

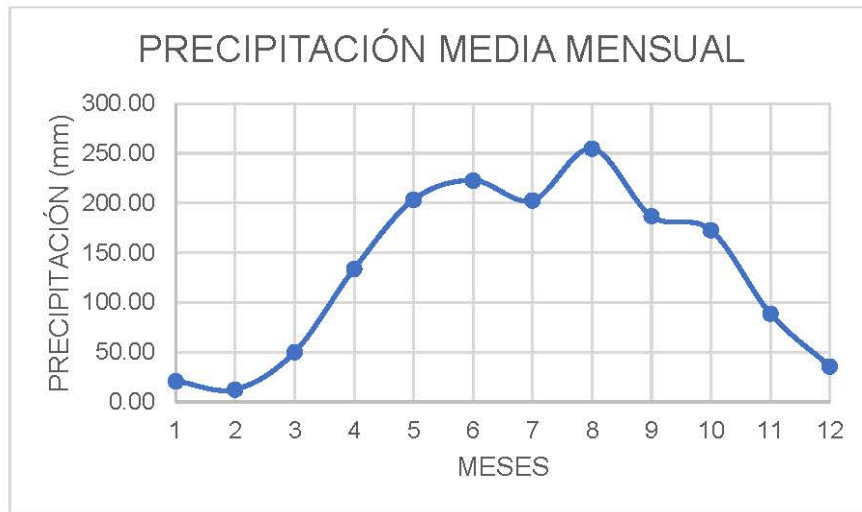


Figura 6: Precipitaciones mensuales multianuales, estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).

Esto sugiere que en la zona se pueden experimentar meses muy secos, con precipitaciones cercanas a 12.6 mm, mientras que otros meses pueden experimentar precipitaciones significativamente más altas, hasta 254.63 mm. Como característica general de la región se aprecia un periodo de lluvia entre marzo y octubre y un periodo seco de diciembre a marzo, además se presenta un veranillo entre junio y julio.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7. ANÁLISIS DE FRECUENCIA HIDROLÓGICO

El análisis de frecuencia de lluvias se ejecuta con las precipitaciones máximas en 24 horas, la cual sirve para predecir el comportamiento típico de lluvia del área de estudio. En función de lo mencionado anteriormente se procede a calcular la probabilidad de excedencia la cual indica dentro de una serie de datos la probabilidad que un dato sea excedido por los demás datos que ocurrieron en la serie histórica. En este caso particular para el cálculo de la probabilidad de excedencia se utilizaron, entre otras, las distribuciones de normal o Gauss, Log - Normal, Gumbel o de valores extremos, Log-Gumbel y Log Pearson tipo III principalmente.

Este análisis es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia de eventos pasados o futuros, se realiza calculando el factor de frecuencia empleando diferentes métodos para finalmente escoger el método con el mejor ajuste de las distribuciones de probabilidades. Los valores máximos en hidrología de drenaje (precipitación o caudales), deben ser tratados a través de distribuciones probabilísticas. Aunque existen numerosas distribuciones de probabilidad para valores máximos, es muy común en hidrología utilizar para estos valores las distribuciones de probabilidad Gumbel (escuela europea) y log-Pearson Tipo III (escuela americana). (INVIAS, 2009).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7.1 DISTRIBUCIÓN GUMBEL

La distribución Gumbel se usa para el cálculo de variables meteorológicas, entre ellas precipitaciones y caudales máximos, teniendo buenos resultados (Aparicio, 1992). La función de distribución que representa esta distribución es:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de densidad de probabilidad es:

$$F(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde α y β son parámetros de la función y se estiman de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45 S$$

La función teórica de probabilidad de Gumbel posee un coeficiente de asimetría o sesgo C_s igual 1.139. Esto significa que, si los datos de una muestra se ajustan a esta distribución, su coeficiente de asimetría debe estar cercano a este valor. Para el caso de esta distribución de probabilidad de Gumbel, para calcular la recta de mejor ajuste de los datos históricos, en el método de momentos se utilizan las características estadísticas de la muestra, como media y desviación típica, y se relacionan con la variable original y la variable reducida mediante una ecuación (que, a su vez, está ligada a la probabilidad) para el cálculo de la recta de mejor ajuste, la cual es graficada en papel probabilístico. (Invias, 2009).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7.2 PARETO

La distribución de Pareto es ampliamente utilizada en la modelación de fenómenos en los que una pequeña cantidad de eventos tiene un impacto significativo, como la distribución de ingresos, el tamaño de las empresas, o eventos extremos como caudales máximos. Esta distribución se define en términos de su función de densidad de probabilidad (PDF) y depende de dos parámetros principales: la escala (x_m) y la forma (α).

La función de densidad de probabilidad (PDF) para la distribución de Pareto está dada por:

$$f(x) = \frac{\alpha x_m^\alpha}{x^{\alpha+1}}$$

Donde:

- $x \geq x_m > 0$
- $\alpha > 0$ es el parámetro de forma, que determina la "cola" de la distribución.
- x_m es el valor mínimo (escala) de x .

La función de distribución acumulada (CDF) es:

$$f(x) = 1 - \left(\frac{x_m}{x}\right)^\alpha$$

Parámetros:

- x_m : Es el valor mínimo posible de la variable x , es decir, el umbral a partir del cual se considera la distribución.
- α : Es el parámetro de forma, que controla el decrecimiento de la cola de la distribución. Cuanto mayor es α , más rápido decrece la función.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Propiedades:

- **Media:** Para $\alpha > 1$, la media de la distribución de Pareto es:

$$E(x) = \frac{\alpha x_m}{\alpha - 1}$$

- **Varianza:** Para $\alpha > 2$, la varianza es:

$$Var(x) = \frac{\alpha x_m^2}{(\alpha - 1)^2(\alpha - 2)}$$

7.3 DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III

Esta distribución es ampliamente usada en el mundo para el análisis de frecuencia de Caudales máximos. Esta se trabaja igual que para la Pearson Tipo III pero con X_y y S_y como la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable original X (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{\lambda^\beta (y - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\epsilon)}}{xr(\beta)}$$

Donde:

$$y = \log x$$

$$\log x \geq \epsilon$$

$$\lambda = \frac{S_y}{\sqrt{\beta}}$$

$$\beta = \left[\frac{2}{C_s(y)} \right]^2$$

$$\epsilon = \bar{y} - S_y \sqrt{\beta}$$

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7.4 DISTRIBUCIÓN NORMAL

Este tipo de distribución establece que si una secuencia de variables aleatorias X son independientes y están idénticamente distribuidas con media (μ) y varianza; entonces la distribución de la suma de N de esas variables aleatorias, tienden a la distribución normal. (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

Donde: X son los datos de caudal, μ es el valor promedio, σ^2 es la varianza de la serie de datos.

Para que el grupo de datos se ajuste a la distribución Normal se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Las probabilidades deben ser estables
- Los valores consecutivos deben ser independientes
- La variable debe ser continua.

7.5 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS

La distribución Log-Normal se puede aplicar si la variable aleatoria esta normalmente distribuida, se aplica a variables hidrológicas formadas como productos de otras variables. (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)}$$

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Donde: y es el logaritmo natural de la serie; x es la serie registrada y μ es la varianza de datos en Y .

Algunas limitaciones de este tipo de distribución son que solamente tiene dos parámetros y por otro lado que requiere que los logaritmos de los datos sean simétricos alrededor de su media.

7.6 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE ESTADÍSTICO KOLMOGOROV-SMIRNOV

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $f_a(x_m)$ y la estimada $f(x_m)$.

$$D = \max |F_o(x_m) - F(x_m)|$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado. Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula.

$$F_o(x_m) = 1 + \frac{m}{n + 1}$$

Donde: m = número de orden del dato x_m en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos.

Cuando en la serie histórica se observan outliers (valores atípicos) es necesario verificar la sensibilidad del ajuste debido a la presencia de estos. (Ashkar, et al. 1994). Para el ajuste a las distribuciones Log-Normal, Log-Gumbel y Log-Pearson se requiere transformar la variable al campo logarítmico para modelarla, con lo que se disminuye la varianza muestral, pero también se filtran las variaciones reales de los datos. La distribución Log - Normal de dos parámetros sólo es recomendable si

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

el coeficiente de asimetría es cercano a cero. Las distribuciones Gumbel y Log - Gumbel son recomendables si el coeficiente de asimetría de los eventos registrados es cercano a 1.13. Para ajustar distribuciones de tres parámetros (Log Normal III, Log Pearson) se requiere estimar el coeficiente de asimetría de la distribución; para ello es necesario disponer de una serie con longitud de registros larga, mayor de 50 años, (Kite, 1988). Las distribuciones de dos parámetros son usualmente preferidas cuando se dispone de pocos datos, porque reducen la varianza de la muestra (Ashkar, et al. 1994). Para seleccionar la distribución de probabilidades adecuada se debe tratar de utilizar información adicional del proceso hidrológico que permita identificar la forma en que se distribuye la variable. Usualmente es muy difícil determinar las propiedades físicas de los procesos hidrológicos para identificar el tipo de distribución de probabilidad que es aplicable.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

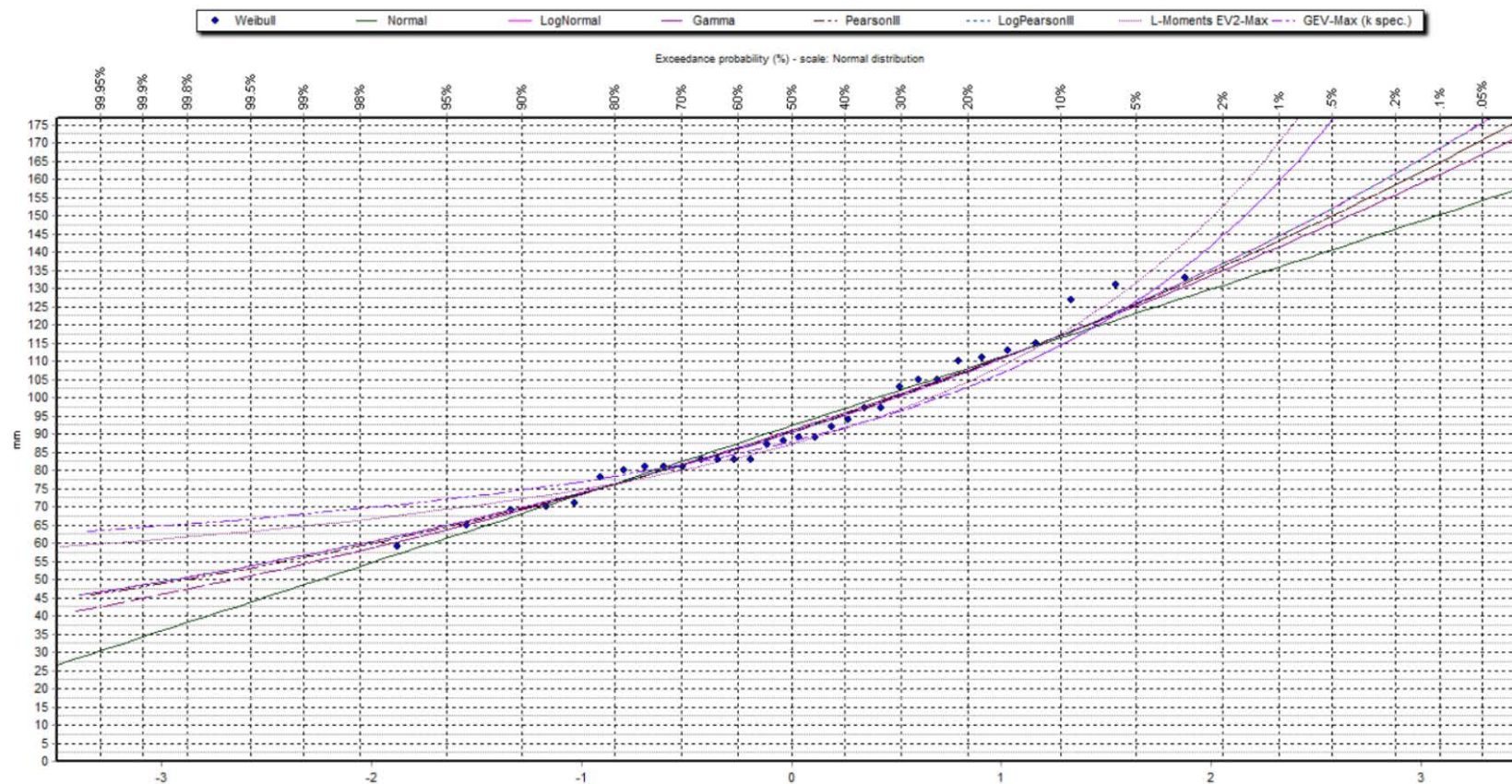


Figura 7: Ajustes de distribución de probabilidad de la estación CENTRO ALEGRE_EST en escala normal. Fuente: Elaborado en Hydrognom (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

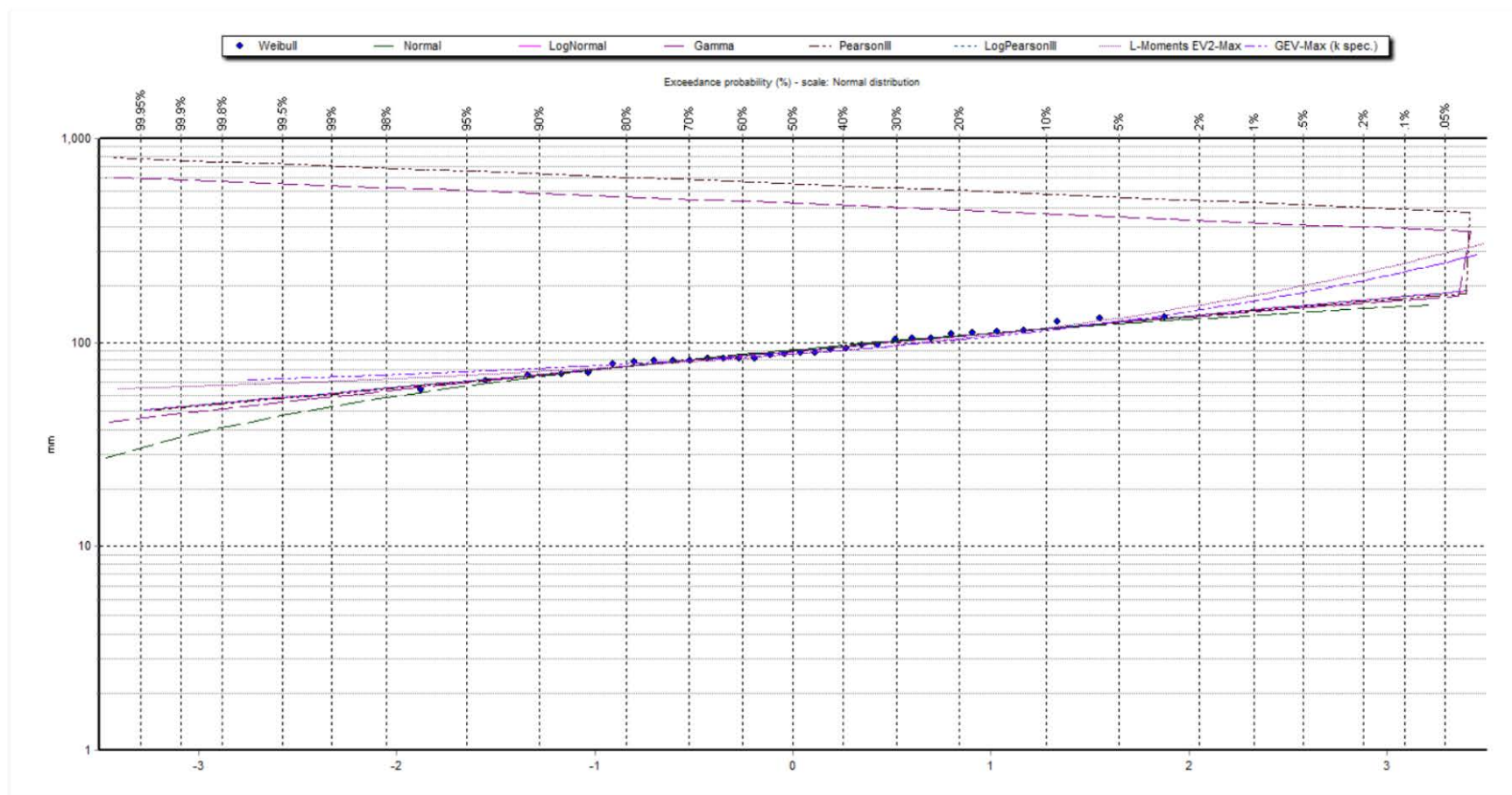


Figura 8: Ajustes de distribución de probabilidad de la estación CENTRO ALEGRE_EST en escala LOG. Fuente: Elaborado en Hydrognom (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

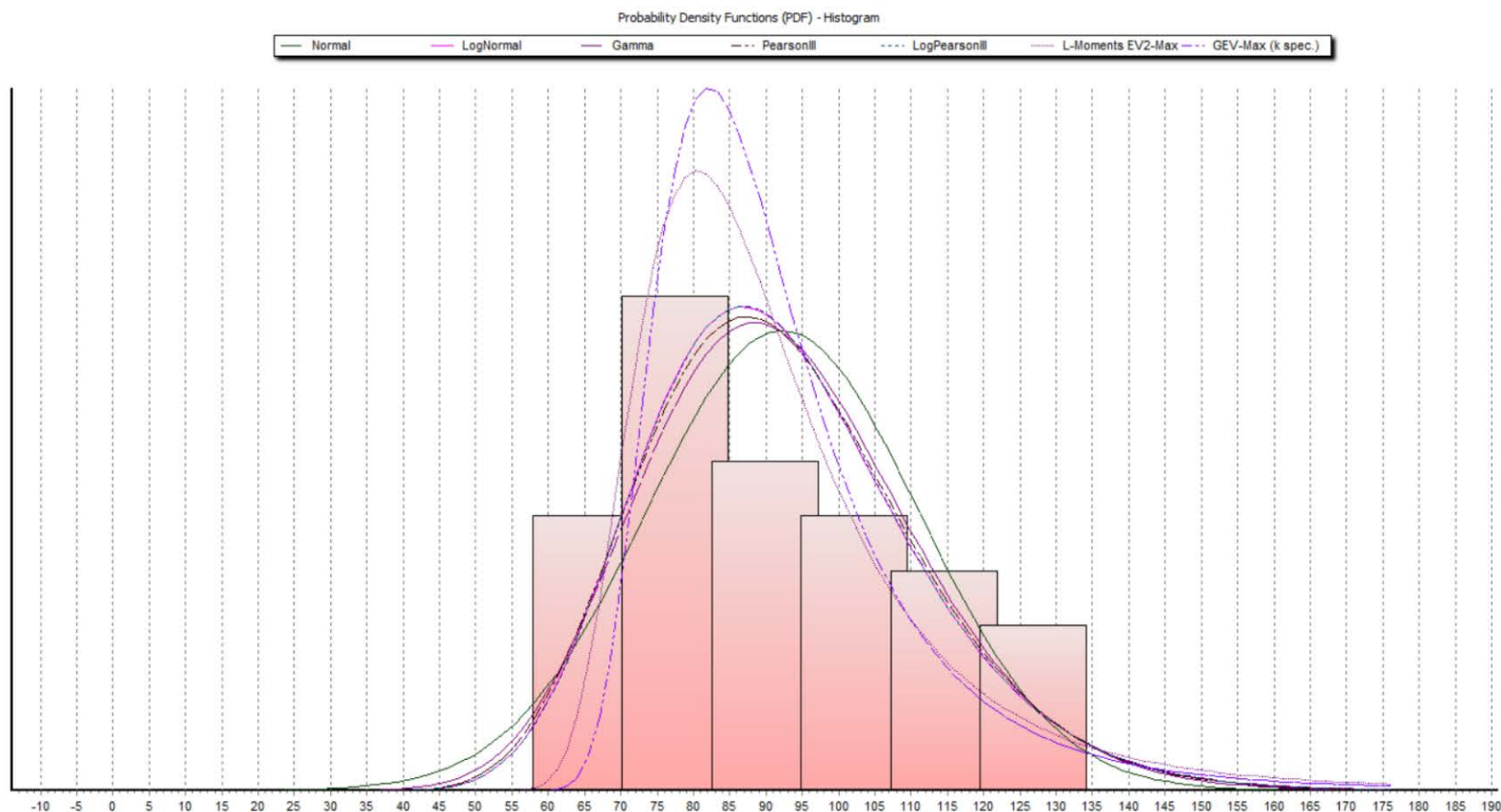


Figura 9: Histograma de funciones de probabilidad en escala normal. Fuente: Elaborado en Hydrognom (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

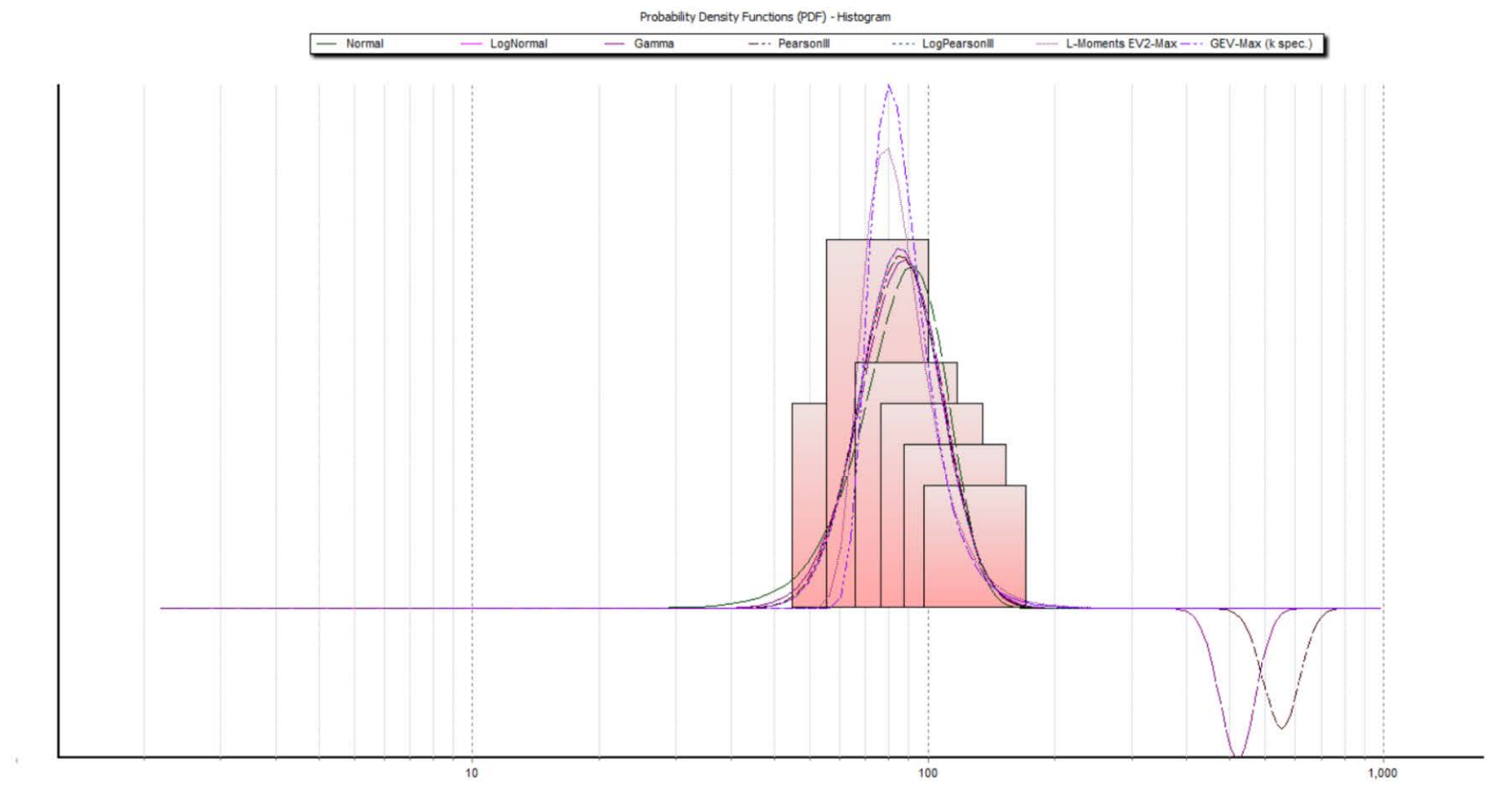


Figura 10: Histograma de funciones de probabilidad en escala LOG. Fuente: Elaborado en Hydrognom (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

En la Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 se observa el comportamiento de la probabilidad de ocurrencia (eje X) y las precipitaciones máximas en 24 horas en escala aritmética (eje Y); adicional se puede observar la línea de tendencia que mejor se ajusta al modelo comprobado mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov. Una vez encontrada la ecuación de ajuste de cada método se puede calcular la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno, ver Tabla 6.

Tabla 6: Precipitaciones para diferentes periodos de retorno y distribuciones de probabilidad.
Fuente: Elaboración propia (2026).

F. Distribución	Tr (años)								
	2.33	5	10	15	20	25	50	100	500
Normal	95.6352	108.099	116.368	120.494	123.196	125.185	130.881	136.004	146.375
LogNormal	93.7372	107.146	117.083	122.381	125.98	128.697	136.805	144.534	161.541
Gamma	94.376	107.614	117.038	121.936	125.215	127.664	134.851	141.534	155.706
Pearson III	93.9826	107.421	117.183	122.313	125.767	128.359	136.007	143.179	158.557
Log Pearson III	93.7906	107.188	117.115	122.407	126.002	128.715	136.814	144.532	161.515
EV2-Max (L-Momments)	90.267	104.406	117.544	125.673	131.697	136.533	152.576	170.365	219.813
GEV-Max (kappa specified)	90.613	102.971	114.378	121.404	126.596	130.755	144.500	159.657	201.394

Tabla 7: Prueba de bondad de ajuste y cálculo de P máx. 24 horas para diferentes periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia (2026).

Test Kolmogorov-Smirnov					
F. Distribución	Nivel de significancia				
	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	D Max
				a	
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.735825	0.115
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.933945	0.089
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.895326	0.095
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.929186	0.090
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.926831	0.090
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.939231	0.08778
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.719935	0.11645
F. Distribución seleccionada					EV2-Max (L-Momments)

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Según lo anterior las distribuciones apropiadas para la serie de tiempo son la Pearson III, Log Pearson III y GEV-Max (kappa specified); De acuerdo con los resultados de la prueba de bondad de ajuste, la distribución tipo Pareto presenta menor valor “D”, por ende GEV-Max (kappa specified) se utiliza de mejor manera para determinar valores extremos y caracteriza generalmente el comportamiento de crecientes y sequías (máximos y mínimos) en series de tiempo de precipitación y/o caudales; dado lo anterior para la estimación de los de la precipitación y caudales correspondientes a diferentes periodos de retorno se empleará la siguiente distribución con menor valor “D” que corresponde a la GEV-Max (kappa specified).

7.7 INTENSIDAD DE DISEÑO

Las curvas IDF se definen como la representación gráfica de una intensidad de precipitación (mm/h) que puede variar durante la duración de una tormenta, para una duración en intervalos iguales en minutos u horas desde el inicio hasta el fin de la lluvia asociado a un periodo de retorno llamado frecuencia, en otras palabras, una precipitación de 1/50 significa que es probable que se presente una vez cada 50 años (periodo de retorno).

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método de Vargas & Diaz-Granados (1998). En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

$$i = \frac{axT^b x M^d}{T^c}$$

Dónde:

- I = Intensidad de precipitación (mm/h)
- T = Periodo de retorno (años)
- t = Tiempo de duración (min)
- M = Precipitación media en 24 horas (mm)
- a, b, c, d: coeficientes de regresión para la región de interés

Como no se cuenta con información de pluviogramas, para la elaboración de las curvas IDF se utilizó la ecuación sintética de Díaz – Granados para la región CARIBE a con sus respectivos coeficientes regresión obtenidos por los autores mencionados, las precipitaciones máximas en 24 horas por año son las que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 8: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2026).

Año	No. Días Lluvia	Prec. Máx. 24h
1993	103	131
1994	126	71
1995	135	83
1996	137	89
1997	113	97
1998	93	88
1999	21	78
2000	113	69
2001	121	94
2002	126	81
2003	122	70
2004	116	81
2005	141	83
2006	154	83
2007	127	127

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Año	No. Días Lluvia	Prec. Máx. 24h
2008	111	111
2009	102	92
2010	155	105
2011	147	110
2012	131	97
2013	140	89
2014	122	105
2015	87	65
2016	98	59
2017	138	83
2018	131	80
2019	108	103
2020	124	115
2021	142	81
2022	139	87
2023	118	113
2024	128	133
PROMEDIO	120.91	92.16

Se utilizan los coeficientes de regresión de la región caribe (R1 en la Figura 11) mostrados en a la Tabla 9.

Tabla 9: Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados (2000).

REGIÓN	a	b	c	d
ANDINA (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
CARIBE (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
PACIFICO (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
ORINOQUIA (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

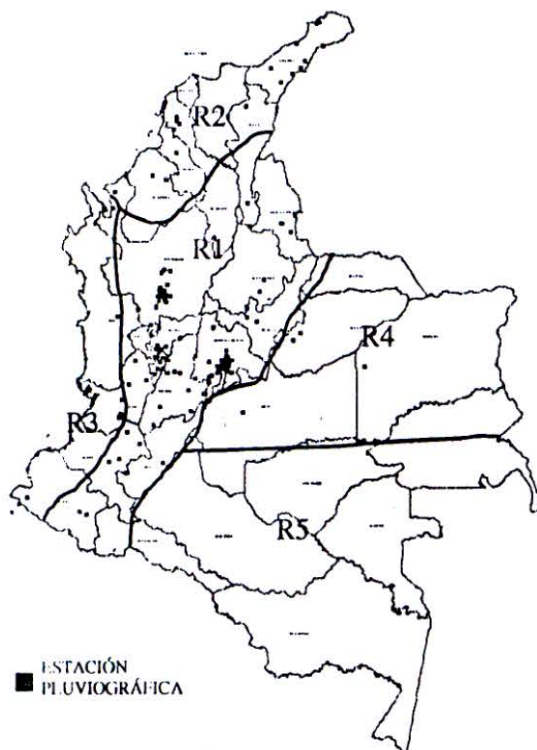


Figura 11: Mapa de regiones para IDF sintéticas. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados

A partir de los coeficientes anteriores y empleando la ecuación mostrada del numeral 7.7 se obtienen los valores de la Tabla 10.

Tabla 10: Intensidades estimadas para la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).

Tr (años)	Intensidades (mm/h)					
	10	20	30	60	120	360
2.33	115.26	81.50	66.54	47.05	33.27	19.21
5	136.34	96.41	78.72	55.66	39.36	22.72
10	158.80	112.29	91.68	64.83	45.84	26.47
15	173.62	122.77	100.24	70.88	50.12	28.94
20	184.96	130.79	106.79	75.51	53.39	30.83
25	194.27	137.37	112.16	79.31	56.08	32.38
50	226.27	160.00	130.64	92.37	65.32	37.71
100	263.55	186.36	152.16	107.59	76.08	43.92
500	375.52	265.53	216.80	153.30	108.40	62.59

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la zona del proyecto se muestran en la Figura 12:

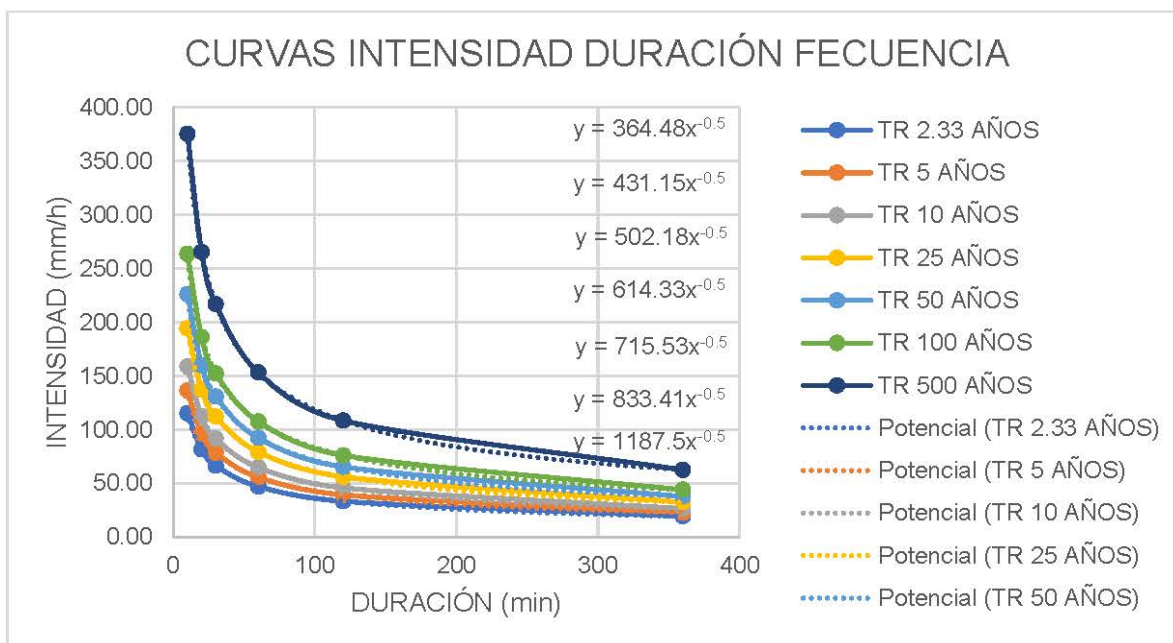


Figura 12: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación CENTRO ALEGRE_EST. Fuente: Elaboración propia (2026).

7.8 HIETOGRAMA DE DISEÑO

Los hietogramas de diseño permiten reflejar la distribución de las precipitaciones producidas a lo largo de las horas más lluviosas asociadas para un periodo de retorno definido. Para desarrollar este método es necesario definir un periodo de retorno para un tiempo específico, en este caso se escoge un periodo de retorno de 10 y 25 años para confeccionar un hietograma de lluvias asociado a un tiempo específico (tiempo de duración de la lluvia). Para generar el hietograma de diseño, es necesario conocer la intensidad de precipitación, para lo cual se utiliza los valores obtenidos.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Para el tiempo de duración del evento proyectó una lluvia típica de 1440 minutos y se generó el hietograma asociado al periodo de retorno, por el método de bloques alternos. En la Tabla 11 se observa la distribución de las lluvias en intervalos de 60 min y en la Figura 13 se presenta el comportamiento del evento desde que inicia hasta que termina.

Tabla 11: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 10 Años. Fuente: Elaboración propia (2026).

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
5	341.950	28.496	28.496	0-60	0.668
10	203.325	33.887	5.392	5-10	0.714
15	150.010	37.503	3.615	10-15	0.768
20	120.898	40.299	2.797	15-20	0.833
25	102.267	42.611	2.312	20-25	0.912
30	89.197	44.598	1.987	25-30	1.012
35	79.458	46.351	1.752	30-35	1.141
40	71.886	47.924	1.573	35-40	1.317
45	65.808	49.356	1.432	40-45	1.573
50	60.808	50.674	1.317	45-50	1.987
55	56.613	51.895	1.222	50-55	2.797
60	53.037	53.037	1.141	55-60	5.392
65	49.946	54.109	1.072	60-65	28.496
70	47.246	55.121	1.012	65-70	3.615
75	44.864	56.079	0.959	70-75	2.312
80	42.744	56.992	0.912	75-80	1.752
85	40.844	57.862	0.870	80-85	1.432
90	39.130	58.695	0.833	85-90	1.222
95	37.575	59.494	0.799	90-95	1.072
100	36.157	60.261	0.768	95-100	0.959
105	34.858	61.001	0.740	100-105	0.870
110	33.662	61.714	0.714	105-110	0.799
115	32.559	62.404	0.690	110-115	0.740
120	31.536	63.072	0.668	115-120	0.690

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

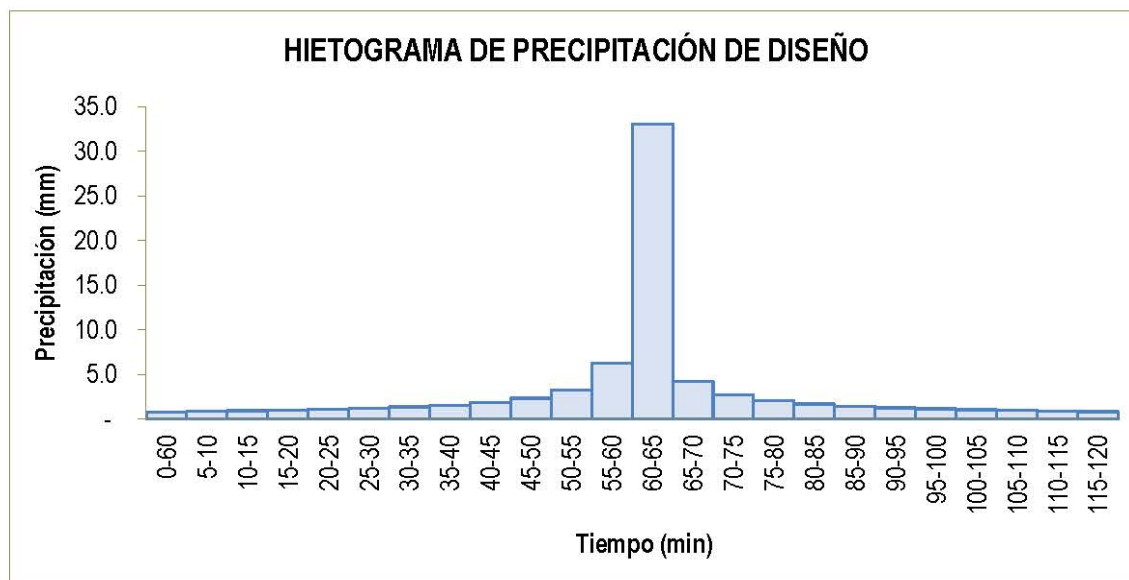


Figura 13. Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 10 Años. Fuente: Elaboración propia (2026).

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
5	396.507	33.042	33.042	0-60	0.774
10	235.765	39.294	6.252	5-10	0.827
15	173.944	43.486	4.192	10-15	0.890
20	140.187	46.729	3.243	15-20	0.966
25	118.583	49.410	2.681	20-25	1.058
30	103.428	51.714	2.304	25-30	1.173
35	92.136	53.746	2.032	30-35	1.323
40	83.355	55.570	1.824	35-40	1.527
45	76.308	57.231	1.661	40-45	1.824
50	70.510	58.758	1.527	45-50	2.304
55	65.646	60.175	1.417	50-55	3.243
60	61.499	61.499	1.323	55-60	6.252
65	57.915	62.742	1.243	60-65	33.042
70	54.784	63.915	1.173	65-70	4.192
75	52.021	65.027	1.112	70-75	2.681
80	49.563	66.085	1.058	75-80	2.032

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
85	47.360	67.094	1.009	80-85	1.661
90	45.373	68.059	0.966	85-90	1.417
95	43.570	68.986	0.926	90-95	1.243
100	41.926	69.876	0.890	95-100	1.112
105	40.419	70.733	0.858	100-105	1.009
110	39.033	71.561	0.827	105-110	0.926
115	37.753	72.361	0.800	110-115	0.858
120	36.567	73.135	0.774	115-120	0.800

Tabla 12: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 25 Años. Fuente: Elaboración propia (2026).

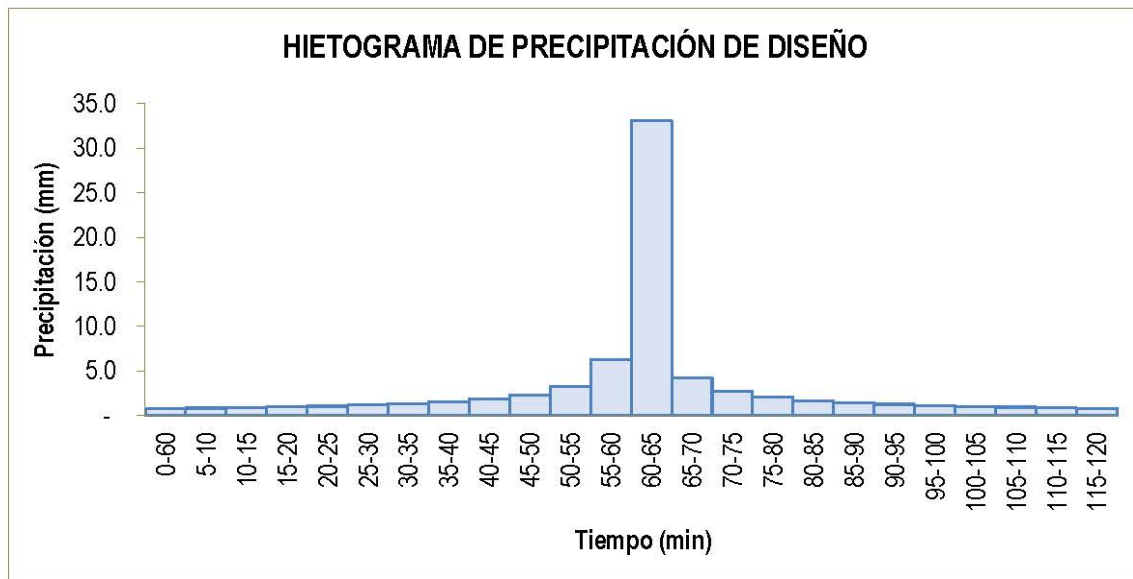


Figura 14: Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 25 Años. Fuente: Elaboración propia (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7.9 ÁREA DE DRENAJE (A)

Una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con una o varias corrientes superficiales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Las áreas de drenaje para cada una de las estructuras fueron delimitadas utilizando un sistema de información geográfico teniendo como insumo principal los archivos “shapes” para construir los modelos de elevación digital. La técnica que se utilizó fue la de encontrar las divisorias de agua teniendo como base los puntos demarcados en las abscisas sobre la vía.

El área de drenaje corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio. Las áreas se determinaron por medio de Google Earth y el sistema de información geográfica (SIG), las cuales contribuyen a los sistemas que se están diseñando. Con el fin de delimitar las áreas contribuyentes a la escorrentía superficial para cada vía se realizó el trazado de las áreas aferentes de cada una. Las áreas de drenaje corresponden a pequeños cultivos y canales artesanales contruidos por la comunidad aledaña.

El área de drenaje está definida por una divisoria o parte aguas estructurada topográficamente en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas, por uno o varios cursos de agua interconectados entre sí, hacia un único punto de salida.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Para realizar el modelamiento hidrológico fue necesario evaluar y determinar las corrientes que aportan a la condición de flujo de la cuenca a modelar, por lo que fue fundamental realizar un estudio hidrológico y una modelación de la zona de estudio que involucró a todas las corrientes a portantes a la esorrentía del sector, con la herramienta de hidrología que nos proporciona el sistema de información geográfica y el cual nos permite identificar variables hidrológicas como: Los drenajes, la dirección del flujo, la acumulación del flujo, la delimitación de la cuenca y subcuencas y la clasificación del drenaje de acuerdo con su orden.

Los parámetros de la cuenca se determinaron con el siguiente procedimiento:

- Se identificaron las coordenadas del sitio de construcción, con el fin de delimitar la parte de la cuenca que drena hacia ese punto.
- Se procedió a conseguir los archivos tipo “shape” de cuerpos de un área amplia en donde pudiera estar comprendida la cuenca. Esto para poder procesar la información en un sistema de información geográfica, de curvas de nivel a modelo digital de elevación.
- Se montó el archivo “shape”, se generó el modelo ráster y se efectuó el modelo digital de elevación DEM.

En la figura siguiente se presenta la delimitación del área de la cuenca utilizando el modelo digital de elevaciones del IGAC (2018), el cual posee una resolución de 12.5x12.5 m (se anexa documentación de MDE).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

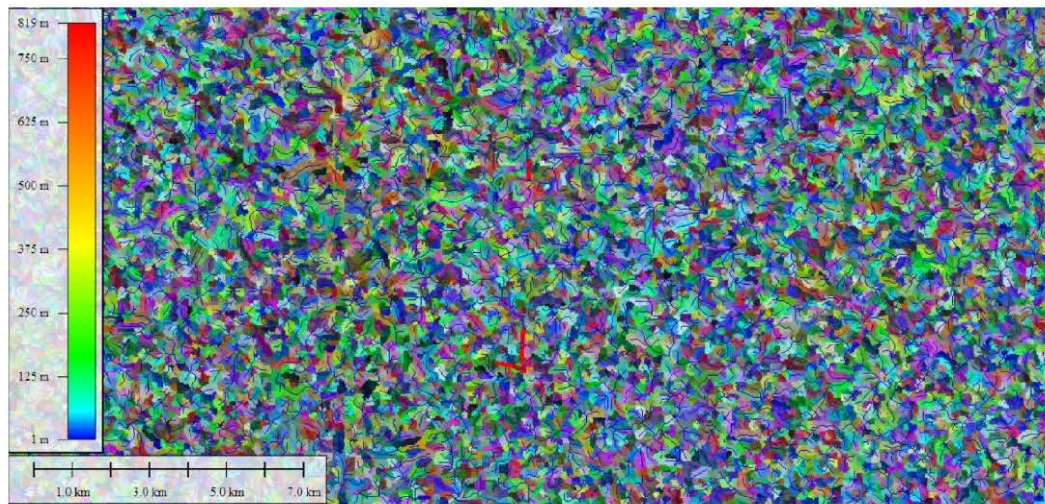


Figura 15. Cuencas vías Tramos 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Fuente: Elaborado en Global Mapper (2026).

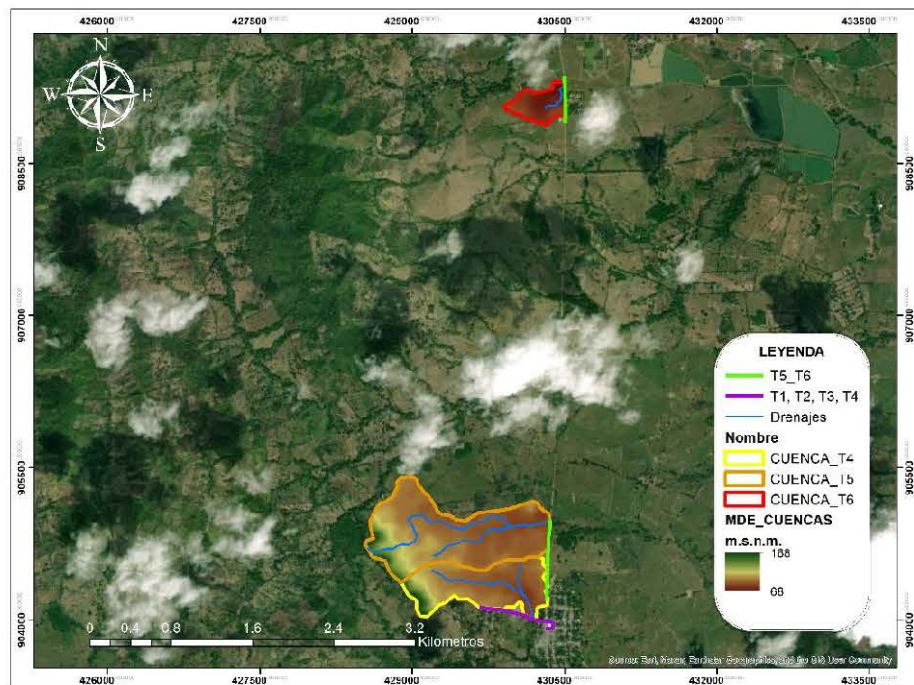


Figura 16. Mapa de elevación de la cuenca del box. Fuente: Elaboración propia (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Dependiendo de la magnitud del área de la cuenca se puede establecer el tamaño de la cuenca, dicho factor tiene incidencia en el escurrimiento superficial, dado que se correlaciona con los escurrimientos máximos. En la siguiente tabla se menciona establece la clasificación según área.

Tabla 13. Tamaño de la cuenca en relación con el área. Fuente: GÁMEZ MORALES, William.
Texto básico de hidrología.

Carácter	Área (Km ²)
Pequeñas	< de 50
Medianas	De 50 a 150
Grandes	> de 150

7.9.1 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE

Para la determinación de la pendiente media del cauce se empleó la metodología de Taylor y Schwarz, por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de las secciones escogidas.

$$S = \left[\frac{L}{\sum \frac{Li}{\sqrt{Si}}} \right]^2$$

Donde,

- S. pendiente ponderada del cauce en (m/m).
- L. Longitud del cauce en (m).
- Li. Longitud de cada tramo.
- Si. Pendiente de cada subtramo.

En la Figura 4 se puede observar la distribución de pendientes de las subcuencas basado en esta información se calcula la pendiente media del cauce y se compara con la estimación mediante la diferencia de cotas y la longitud del cauce principal.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

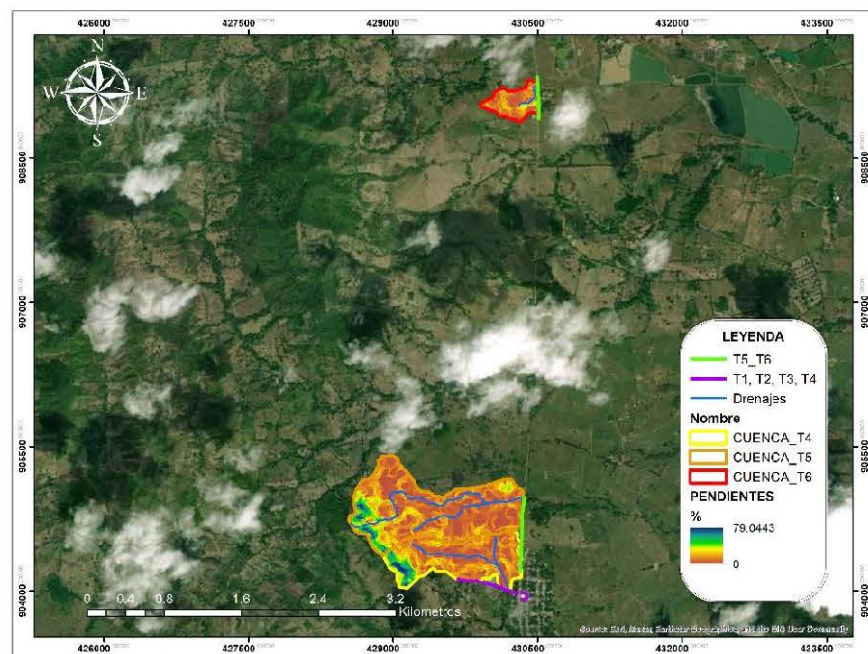


Figura 17. Mapa de pendientes de la cuenca del box. Fuente elaboración propia (2026).

7.9.2 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

En hidrología, la morfometría hace referencia al análisis cuantitativo de la forma de una cuenca hidrográfica. Para el análisis morfométrico de la zona de estudio se usó, como información base, la extraída mediante el software Google Earth y contrastados con la información contenida en la cartografía básica a escala 1:25000 disponible en medio digital en los servidores del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

La forma de la cuenca es esencial debido a su relación con el tiempo de concentración. Este período se refiere al lapso necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda el área de la cuenca contribuya al flujo en la sección de la corriente bajo estudio, o en otras palabras, el tiempo que lleva el agua desde los límites más alejados de la cuenca hasta llegar a su salida (Monsalve Sáenz, 1999).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

En los siguientes apartados, se explican los factores que determinan la forma de cada subcuenca y que han sido evaluados en este estudio.

- **Parteaguas.** También llamada línea divisoria de aguas se refiere a la frontera que delimita las áreas de precipitación que contribuyen a cuencas hidrográficas adyacentes, dirigiendo así el flujo de agua de escorrentía hacia uno u otro sistema fluvial. (Monsalve Sáenz, 1999).
- **Área (A).** Se describe como la proyección horizontal de la región de drenaje que se dirige hacia un curso de agua y está marcada por la línea divisoria de aguas o parteaguas (Monsalve Sáenz, 1999).
- **Perímetro (P).** Es la longitud sobre el plano horizontal, que recorre la línea parteaguas, dicho de otro modo, corresponde a la longitud del polígono cuya proyección horizontal, contiene el área de la cuenca hidrográfica
- **Coefficiente de Compacidad (K_c).** Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{A/\pi}}$$

Dónde:

- P. es el perímetro de la cuenca [Km].
- es el área de drenaje de la cuenca [Km²].

Cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 14. Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009).

VALORES DE KC	FORMA
1.00 - 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 - 1.50	Oval Redonda a oval oblonga
1.50 - 1.75	Oval oblonga a Rectangular oblonga

- Factor de forma (K_f). Se determina a partir del cociente entre el área de la cuenca A , y el cuadrado de la longitud hidráulica de la cuenca hidrográfica, representándose con la siguiente expresión algebraica:

$$K_f = \frac{A}{L_m^2}$$

Dónde:

- A . Es el área de drenaje de la cuenca [Km^2].
- L_m . Es la longitud hidráulica o curso de agua más largo de la cuenca hidrográfica [Km].

Si $K_f > 1$ la cuenca es achatada y tiende a formar fácilmente grandes crecidas; un $K_f < 1$ indica que la cuenca es alargada, menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma; por otro lado, si $K_f = 1$ la cuenca tiene forma de un cuadrado (Monsalve Sáenz, 1999).

- Índice de alargamiento (I_A). Relaciona la longitud paralela al cauce principal de la cuenca y el ancho máximo de la cuenca, mediante este valor se puede establecer si la cuenca es largada o si es achatada y por tanto el cauce principal es corto. Esta relación se puede calcular mediante la expresión:

$$I_A = \frac{L}{A_n}$$

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Dónde:

- L. Es la longitud de la cuenca.
- An. Es e ancho de la cuenca.

Tabla 15. Característica de la cuenca en función al índice de alargamiento. Fuente: Propia.

VALORES DE I_A	CARACTERÍSTICA
$I_A > 1$	Cuenca alargada
$I_A < 1$	Cuenca Achatada

- Coeficiente de sinuosidad total (S): Es la relación entre la longitud del río principal a lo largo de su cauce (L) y la longitud en línea curva o recta entre el inicio y final del cauce (Ld). Es un coeficiente adimensional (Llamas, 1993). De este modo la sinuosidad se determina como:

$$S = \frac{L}{Ld}$$

Dónde:

- L. Es la longitud del cauce principal.
- Ld. Es la longitud recta entre el inicio hasta el final del cauce principal.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7.9.3 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE

Respecto al relieve de una hoya hidrográfica, se pueden definir varios parámetros topográficos que controlan la velocidad con que se da la esorrentía superficial y por lo tanto el tiempo de concentración. A continuación, se definirán los siguientes parámetros:

- **Pendiente media.** Es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la hoya. Constituye una característica importante, puesto que condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y subterráneo en la hoya hidrográfica (Gámez Morales, 2009). En orden de la magnitud se puede clasificar el terreno en función de la pendiente media de la siguiente manera:

Tabla 16. Tipo de terreno en relación con la pendiente media de la cuenca. Fuente GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009).

Pendiente media, %	Tipo de terreno
(0-2]	Plano
(2-5]	Suave
(5-10]	Accidentado medio
(10-15]	Accidentado
(15-25]	Fuertemente accidentado
(25-50]	Escarpado
>50	Muy escarpado

- **Elevación Media.** Esta es una característica que está relacionada con la temperatura y la precipitación, a su vez la variación de la temperatura influye en la variación de pérdidas de agua por evaporación, por esta razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo (Gámez Morales, 2009).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7.9.4 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

La red de drenaje se puede describir como el patrón o disposición de los cursos de agua y sus lechos a lo largo de los cuales fluye el exceso de agua superficial, resultado de la precipitación, hacia un cuerpo de agua natural o artificial. (Gámez Morales, 2009).

- Cauce principal: Se refiere a la corriente que atraviesa la salida de una cuenca. Cada cuenca tiene una única corriente principal.
- Pendiente del cauce principal (J): Se determina dividiendo la diferencia de elevación entre los puntos que marcan la desembocadura y el origen del cauce principal por la longitud de este. Este factor es esencial para calcular el tiempo de concentración de una cuenca y tiene un impacto directo en la velocidad del agua que fluye a través del cauce principal (Barros Cantillo, 1994).
- Cota mayor y menor del cauce principal: Representan la altitud más alta y baja del cauce principal, respectivamente.
- Longitud hidráulica (Lm): Indica la ruta más larga de flujo desde el punto de división de aguas de la cuenca hasta su punto de salida.
- La densidad de drenaje (Dd) fue establecida por Horton (1932) según el cociente entre la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca (Ln) y el área total de la cuenca (A) (López Cadenas de Llano, 1998; Gaspari et al., 2009).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

- Clasificación de la red de drenaje según Strahler. el cual expresa que las redes de drenaje pueden ser modeladas o representadas por un conjunto de nodos conectados unos a otros por segmentos, de manera que cada nodo tiene solo una ruta hacia la salida (Strahler, 1964).

Para jerarquizar una red de drenaje se asignan valores numéricos a los órdenes de los cursos que conforman la red de drenaje, asignándole valor 1 a los cursos que son las nacientes, valor 2 a la conjunción de dos cauces de orden 1, valor 3 a la unión entre dos cauces de orden 2. Así se procede sucesivamente hasta finalizar con la jerarquización de la red de drenaje.

En las siguientes tablas se representan la información de los apartados 7.9, 7.9.2, 7.9.3 y 7.9.4:

Tabla 17. Datos de las cuencas de los box. Fuente: Elaboración propia (2026).

Datos de la cuenca				
Geometría	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados
		CUENCA T4	CUENCA T5	CUENCA T6
Área	km2	0.58	1.05	0.15
Perímetro	km	4.06	5.20	1.79
Ancho máximo	km	0.34	0.50	0.23
Longitud	km	1.69	2.10	0.67
Valores de las cotas		Resultados	Resultados	Resultados
Cota mínima	m.s.n.m	82.00	80.00	68.00
Cota máxima	m.s.n.m	168.00	166.00	92.00
Coordenadas		Resultados	Resultados	Resultados
Centroide X	W	4709396.02	4709111.70	4710007.02
Centroide Y	N	2462921.29	2463433.98	2467663.58
Centroide Z	m.s.n.m	91.60	94.60	72.25
Pendiente de la cuenca		Resultados	Resultados	Resultados
Pendiente de la cuenca	%	10.17	9.23	7.33
Longitud del cauce principal	Km	1.25	2.32	0.36
Orden de la red hídrica	Adimensional	2.00	2.00	1.00
Longitud de la red hídrica	Km	1.57	3.17	0.36
Cota mínima cauce	m.s.n.m	82.62	86.00	72.10
Cota máxima cauce	m.s.n.m	102.70	153.00	74.00
Pendiente promedio de la red hídrica	%	1.6093	2.8940	0.5264

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 18. Parámetros de forma. Fuente: Elaboración propia (2026).

Parámetros de forma	Unidad	CUENCA_T4	CUENCA_T5	CUENCA_T6
Área	km2	0.58	1.05	0.15
Perímetro	km	4.06	5.20	1.79
Ancho máximo	m	0.34	0.50	0.23
Longitud	m	1.69	2.10	0.67
Longitud del cauce principal (L)	km	1.25	2.32	0.36
Longitud de Drenajes (Ln)	km	1.57	3.17	0.36
Longitud más corta entre inicio y desembocadura (Ld)	km	1.105	1.819	0.290
Sinuosidad de las corrientes de agua (S)		1.129	1.273	1.245
Coefficiente de forma (Kf)		0.202	0.237	0.340
Coefficiente de compacidad (Kc)		1.499	1.423	1.287
Índice de alargamiento (Ia)		4.961	4.217	2.943

Tabla 19. Parámetros de relieve de la cuenca. Fuente: Elaboración propia (2026).

Parámetros de Relieve	Unidad	CUENCA_T4	CUENCA_T5	CUENCA_T6
Elevación media	m.s.n.m	100.4	100.3	78.6
Desnivel altitudinal	m	86.0	86.0	24.0
Coefficiente de rugosidad (Ra)		44.802	49.436	12.526
Coefficiente de masividad (Km)		174.357	95.952	519.315

Tabla 20. Parámetros de drenaje. Fuente: Elaboración Propia (2026).

Parámetros de Drenaje	Unidad	CUENCA_T4	CUENCA_T5	CUENCA_T6
Clasificación de la red de drenaje		2	2	1
Densidad de drenaje (Dd)		1.920	1.740	1.916
Pendiente del cauce principal (J)	m/m	0.0161	0.0289	0.0053
Tiempo de concentración (Tc) - Kirpich	Minutos	23.745	30.485	14.045
Tiempo de concentración (Tc) - Témez	Horas	0.768	1.094	0.374
Tiempo de concentración (Tc) - Ventura - Heras	Horas	0.768	1.094	0.374
Número de causas (N)	causes	2.000	2.000	2.000
Frecuencia de causas (F)	causes/km2	3.474	1.913	13.214
Periodo de retardo	Minutos	14.247	18.291	8.427
d _e		0.975	1.104	0.750
Tiempo Pico (T _p)	Horas	0.725	0.857	0.515
Tiempo base (T _b)	Horas	1.933	2.285	1.374

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Dados estos datos se puede establecer que la cuenca cuenta con las siguientes características:

Tabla 21. Análisis de parámetros morfométricos. Fuente: Elaboración Propia (2026).

Variable	CUENCA_T4	CUENCA_T5	CUENCA_T6
Área	Pequeña	Pequeña	Pequeña
Pendiente de la cuenca	Medianamente accidentado	Medianamente accidentado	Medianamente accidentado
Coefficiente de forma (Kf)	Alargada	Alargada	Alargada
Coefficiente de compacidad (Kc)	oval redonda a oval oblonga	oval redonda a oval oblonga	oval redonda a oval oblonga
Índice de alargamiento (Ia)	Alargada	Alargada	Alargada
Densidad de drenaje (Dd)	Moderada	Baja	Moderada
Orden de drenajes	Bajo (2)	Bajo (2)	Bajo (1)
Pendiente del cauce principal (J)	Moderado	Moderado	Moderado

LA GUÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS calcula la sección típica de una cuneta para un ancho máximo para el cálculo de los caudales de 25 m, el cual es una condición crítica de análisis (situación más desfavorable) y que se estima con altas pendientes, tal como se muestra en la figura 5.5 de dicha guía y que se anexa a continuación en la Figura 18.

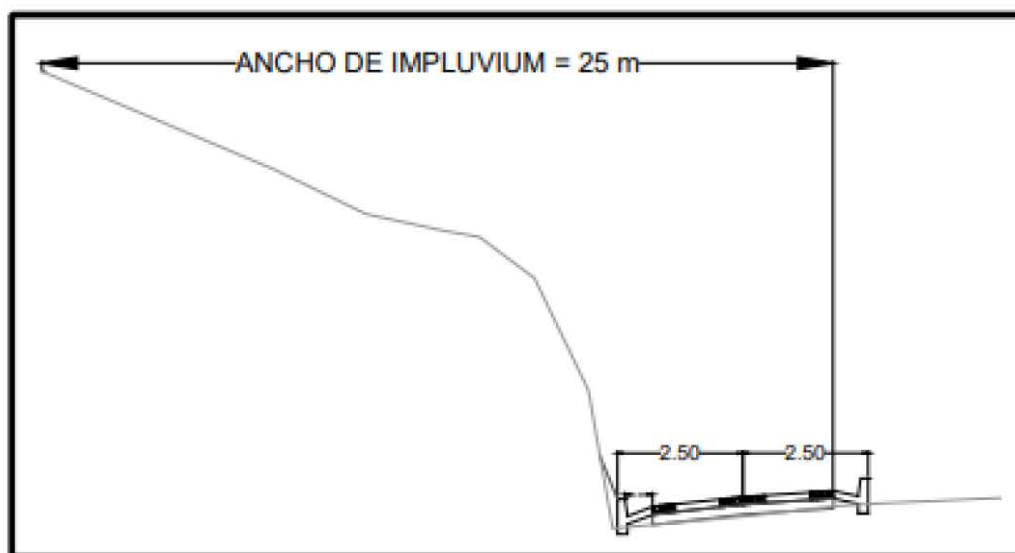


Figura 18. Ancho para cálculo de área de caudal de escorrentía. Fuente: INVIAS (2013).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Para el caso del pavimento, es necesario recolectar las aguas lluvias provenientes de la losa de concreto rígido mediante bordillos ubicados lateralmente a la estructura vial. Estos bordillos, además de cumplir una función hidráulica, también actúan como elementos de confinamiento del pavimento y de anclaje para las estructuras de soporte que garantizan su estabilidad. La forma y dimensiones adoptadas para los bordillos permiten que, en situaciones eventuales, la rueda de un vehículo pueda transitar sobre ellos de manera segura, facilitando así maniobras como el adelantamiento de vehículos livianos, sin comprometer la integridad estructural del pavimento ni la seguridad vial.

La pendiente del terreno en el área de estudio no es tan acentuada como en el ejemplo de diseño del INVIAS (2013), por lo que se considera adecuado un ancho Impluvium de 15 m. No obstante, en aquellas zonas donde el pavimento se encuentra dentro del perímetro urbano, es indispensable establecer áreas aferentes claramente delimitadas, que determinen las superficies que tributan directamente a cada tramo del pavimento, asegurando así una adecuada captación y conducción del escurrimiento superficial hacia los sistemas de drenaje como aliviaderos o sumideros

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 22: Áreas aferentes de los tramos. Fuente: Elaboración propia (2026).

Nombres	Área	Nombres	Área	Nombres	Área
a1	2244.46115	a21	462.544239	a41	1702.80843
a2	6345.09435	a22	520.882378	a42	3662.46251
a3	2878.18724	a23	1027.79842	a43	1191.15901
a4	6039.78684	a24	4521.30942	a44	565.281397
a5	1580.69097	a25	1255.65721	a45	2078.85836
a6	4132.64143	a26	4253.01216	a46	1764.51837
a7	1964.27539	a27	1405.24712	a47	637.9467
a8	4175.76079	a28	2315.43039	a48	11882.939
a9	2136.57536	a29	796.365019	a49	11885.516
a10	4891.71594	a30	1962.23623	A50	7023.3737
a11	1783.4223	a31	594.803775	A51	7051.6909
a12	4623.81544	a32	2399.6269		
a13	5029.61208	a33	1179.69752		
a14	5131.3947	a34	1010.11977		
a15	3726.01313	a35	2784.5897		
a16	1636.32373	a36	1689.36074		
a17	1310.57056	a37	466.852018		
a18	658.139178	a38	560.443363		
a19	660.291859	a39	1662.41038		
a20	1047.7863	a40	4141.20496		

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 23. Áreas de drenaje TRAMOS 1, 2 Y 3. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 1, TRAMO 2 Y TRAMO 3											
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑAS	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑAS
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.00	K0+017.82	17.82	4.420%	0.0442	0.018	92.68	1086.46	1179.15	0.00118	8%	92%
K0+017.82	K0+027.82	10.00	4.420%	0.0442	0.010	52.00	609.55	661.55	0.00066	8%	92%
K0+027.82	K0+037.82	10.00	0.360%	0.0036	0.010	52.00	609.55	661.55	0.00066	8%	92%
K0+037.82	K0+061.97	24.14	0.360%	0.0036	0.024	125.54	1471.64	1597.18	0.00160	8%	92%
K0+061.97	K0+082.38	20.41	-2.310%	-0.0231	0.020	106.14	1244.15	1350.29	0.00135	8%	92%
K0+082.38	K0+101.38	19.00	-2.310%	-0.0231	0.019	98.80	1158.15	1256.95	0.00126	8%	92%
K0+101.38	K0+120.38	19.00	-6.950%	-0.0695	0.019	98.80	1158.15	1256.95	0.00126	8%	92%
K0+120.38	K0+128.39	8.01	-6.950%	-0.0695	0.008	41.65	488.19	529.84	0.00053	8%	92%
K0+128.39	K0+141.28	12.90	3.160%	0.0316	0.013	67.06	786.08	853.14	0.00085	8%	92%
K0+141.28	K0+165.28	24.00	3.160%	0.0316	0.024	124.80	1462.92	1587.72	0.00159	8%	92%
K0+165.28	K0+189.28	24.00	-0.880%	-0.0088	0.024	124.80	1462.92	1587.72	0.00159	8%	92%
K0+189.28	K0+197.62	8.34	-0.880%	-0.0088	0.008	43.36	508.30	551.67	0.00055	8%	92%

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 24. Áreas de drenaje TRAMO 4. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 4											
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑAS	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑAS
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.00	K0+056.63	56.63	-1.780%	-0.0178	0.057	294.50	3207.77	3502.27	0.00350	8%	92%
K0+056.63	K0+066.63	10.00	-1.780%	-0.0178	0.010	52.00	566.40	618.40	0.00062	8%	92%
K0+066.63	K0+076.63	10.00	-0.530%	-0.0053	0.010	52.00	566.40	618.40	0.00062	8%	92%
K0+076.63	K0+116.24	39.61	-0.530%	-0.0053	0.040	205.96	2243.41	2449.37	0.00245	8%	92%
K0+116.24	K0+126.24	10.00	-0.530%	-0.0053	0.010	52.00	566.40	618.40	0.00062	8%	92%
K0+126.24	K0+136.39	10.15	1.650%	0.0165	0.010	52.78	574.90	627.68	0.00063	8%	92%
K0+136.39	K0+248.56	112.17	1.650%	0.0165	0.112	583.28	6353.29	6936.57	0.00694	8%	92%
K0+248.56	K0+271.56	23.00	1.650%	0.0165	0.023	119.60	1302.73	1422.33	0.00142	8%	92%
K0+271.56	K0+294.56	23.00	6.160%	0.0616	0.023	119.60	1302.73	1422.33	0.00142	8%	92%
K0+294.56	K0+356.29	61.73	6.160%	0.0616	0.062	320.97	3496.13	3817.10	0.00382	8%	92%
K0+356.29	K0+366.29	10.00	6.160%	0.0616	0.010	52.00	566.40	618.40	0.00062	8%	92%
K0+366.29	K0+376.29	10.00	3.400%	0.0340	0.010	52.00	566.40	618.40	0.00062	8%	92%
K0+376.29	K0+485.17	108.88	3.400%	0.0340	0.109	566.17	6166.95	6733.12	0.00673	8%	92%
K0+485.17	K0+495.17	10.00	3.400%	0.0340	0.010	52.00	566.40	618.40	0.00062	8%	92%
K0+495.17	K0+505.17	10.00	4.730%	0.0473	0.010	52.00	566.40	618.40	0.00062	8%	92%
K0+505.17	K0+571.57	66.40	4.730%	0.0473	0.066	345.29	3761.03	4106.32	0.00411	8%	92%
K0+571.57	K0+617.57	46.00	4.730%	0.0473	0.046	239.20	2605.46	2844.66	0.00284	8%	92%
K0+617.57	K0+663.57	46.00	-1.510%	-0.0151	0.046	239.20	2605.46	2844.66	0.00284	8%	92%
K0+663.57	K0+673.74	10.17	-1.510%	-0.0151	0.010	52.88	575.98	628.85	0.00063	8%	92%

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 25. Áreas de drenaje TRAMO 5. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 5											
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑAS	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑAS
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.00	K0+026.64	26.64	3.740%	0.0374	0.027	138.53	799.23	937.76	0.00094	15%	85%
K0+026.64	K0+046.64	20.00	3.740%	0.0374	0.020	104.00	600.00	704.00	0.00070	15%	85%
K0+046.64	K0+066.64	20.00	5.880%	0.0588	0.020	104.00	600.00	704.00	0.00070	15%	85%
K0+066.64	K0+141.97	75.33	5.880%	0.0588	0.075	391.71	2259.84	2651.55	0.00265	15%	85%
K0+141.97	K0+161.97	20.00	5.880%	0.0588	0.020	104.00	600.00	704.00	0.00070	15%	85%
K0+161.97	K0+181.97	20.00	3.900%	0.0390	0.020	104.00	600.00	704.00	0.00070	15%	85%
K0+181.97	K0+269.24	87.27	3.900%	0.0390	0.087	453.81	2618.16	3071.97	0.00307	15%	85%
K0+269.24	K0+291.24	22.00	3.900%	0.0390	0.022	114.40	660.00	774.40	0.00077	15%	85%
K0+291.24	K0+313.24	22.00	-2.850%	-0.0285	0.022	114.40	660.00	774.40	0.00077	15%	85%
K0+313.24	K0+426.09	112.85	-2.850%	-0.0285	0.113	586.82	3385.50	3972.32	0.00397	15%	85%
K0+426.09	K0+446.09	20.00	-2.850%	-0.0285	0.020	104.00	600.00	704.00	0.00070	15%	85%
K0+446.09	K0+466.09	20.00	-5.090%	-0.0509	0.020	104.00	600.00	704.00	0.00070	15%	85%
K0+466.09	K0+655.07	188.97	-5.090%	-0.0509	0.189	982.66	5669.22	6651.88	0.00665	15%	85%
K0+655.07	K0+675.07	20.00	-5.090%	-0.0509	0.020	104.00	600.00	704.00	0.00070	15%	85%
K0+675.07	K0+695.07	20.00	-1.030%	-0.0103	0.020	104.00	600.00	704.00	0.00070	15%	85%
K0+695.07	K0+792.28	97.22	-1.030%	-0.0103	0.097	505.53	2916.51	3422.04	0.00342	15%	85%

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 26. Áreas de drenaje TRAMO 6. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 6											
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑAS	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑAS
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.00	K0+202.08	202.08	0.500%	0.0050	0.202	1050.81	6062.30	7113.11	0.00711	15%	85%
K0+202.08	K0+264.08	62.00	0.500%	0.0050	0.062	322.40	1859.98	2182.38	0.00218	15%	85%
K0+264.08	K0+326.08	62.00	5.280%	0.0528	0.062	322.40	1859.98	2182.38	0.00218	15%	85%
K0+326.08	K0+335.33	9.25	5.280%	0.0528	0.009	48.10	277.50	325.60	0.00033	15%	85%
K0+335.33	K0+405.33	70.00	5.280%	0.0528	0.070	364.00	2099.98	2463.98	0.00246	15%	85%
K0+405.33	K0+455.33	50.00	-1.650%	-0.0165	0.050	260.00	1499.98	1759.98	0.00176	15%	85%
K0+455.33	K0+469.17	13.85	-1.650%	-0.0165	0.014	71.99	415.35	487.34	0.00049	15%	85%

NOTA #1: LAS ABSCISAS HACEN REFERENCIA A LOS ALINEAMIENTOS VERTICALES CON PENDIENTE.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7.10 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO (Tr)

El periodo de retorno puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica. La probabilidad de ocurrencia del evento $X \geq x_t$ en cualquier observación puede relacionarse con el periodo de retorno de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{P(X \geq x_t)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x_t)}$$

Siguiendo las indicaciones establecidas por el INVIAS (2009, 2013) se recomiendan unos periodos de retorno para diferentes obras de drenaje vial, las cuales se relacionan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 27. Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2009).

OBRAS DE DRENAJE	Tr
Drenaje superficial	2
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0,9 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores de 0,9 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz entre 10 m y 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100

El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular. La selección del período de diseño está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio. Según la recomendación del INVIAS (2011) se escoge un periodo de retorno de 5 años para cunetas y de 10 años para alcantarillas de 0.90 m de diámetro; para box culvert un periodo de 25 años.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

7.11 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA ©

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones. El coeficiente de escorrentía es un valor adimensional comprendido entre 0 y 1.

La escorrentía dependerá de la zona urbana a que corresponda y a los materiales constituyentes de la superficie. Atendiendo a la zonificación pueden adoptarse los siguientes valores:

Tabla 28: Coeficiente de Escorrentía para áreas urbanas. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2009).

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA c
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05 – 0.10
Suelos arenosos promedio 2 -7 %	0.15 – 0.20
Suelos pesados (arcillosos) planos 2%	0.13 – 0.17
Suelos pesados (arcillosos) promedio 2 -7 %	0.18 – 0.22
Suelos pesados (arcillosos) pendientes 7%	0.25- 0.35
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0.70 – 0.95
Áreas vecinas	0.50 – 0.70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 – 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 – 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 – 0.75
Suburbana	0.25 – 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 – 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0.50 – 0.80
Áreas pesadas	0.60 – 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 – 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 – 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 – 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 – 0.30
CALLES	
Asfaltadas	0.70 – 0.95
Concreto	0.80 – 0.95

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	
	c	
Ladrillo	0.70 – 0.85	
CALZADAS Y ALAMEDAS	1	0.75 – 0.85
TECHOS	1	0.75 – 0.95

Analizando los diferentes alineamientos encontrados en este proyecto se establecen que se presentan áreas de concreto con un coeficiente de escorrentía de 0.9, y por último con áreas residenciales de tipo casas multifamiliares unidas con coeficientes de 0.65.

Tabla 29: Coeficientes de escorrentía para TRAMOS 1, 2 Y 3. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 1, TRAMO 2 Y TRAMO 3												
ABSCISA		LONGITU D	PENDIENT E (%)	ÁRE A DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDANA S	ÁREA TOTA L	ÁREA TOTA L	% ÁRE A VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDANA S	COEF. ESCORRENTÍ A VÍAS	COEF. ESCORRENTÍ A ZONAS ALEDANA S	COEF. ESCORRENTÍ A PONDERADO
INICIA L	FINAL	(m)	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+00 0	K0+01 8	17.82	4.42%	92.68	1086.46	1179.15	0.0012	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+01 8	K0+02 8	10.00	4.42%	52.00	609.55	661.55	0.0007	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+02 8	K0+03 8	10.00	0.36%	52.00	609.55	661.55	0.0007	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+03 8	K0+06 2	24.14	0.36%	125.54	1471.64	1597.18	0.0016	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+06 2	K0+08 2	20.41	-2.31%	106.14	1244.15	1350.29	0.0014	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+08 2	K0+10 1	19.00	-2.31%	98.80	1158.15	1256.95	0.0013	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+10 1	K0+12 0	19.00	-6.95%	98.80	1158.15	1256.95	0.0013	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+12 0	K0+12 8	8.01	-6.95%	41.65	488.19	529.84	0.0005	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+12 8	K0+14 1	12.90	3.16%	67.06	786.08	853.14	0.0009	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+14 1	K0+16 5	24.00	3.16%	124.80	1462.92	1587.72	0.0016	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+16 5	K0+18 9	24.00	-0.88%	124.80	1462.92	1587.72	0.0016	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+18 9	K0+19 8	8.34	-0.88%	43.36	508.30	551.67	0.0006	8%	92%	0.90	0.50	0.53

Tabla 30: Coeficientes de escorrentía para TRAMO 4. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 4												
ABSCISA		LONGITU D	PENDIENT E (%)	ÁRE A DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDANA S	ÁREA TOTA L	ÁREA TOTA L	% ÁRE A VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDANA S	COEF. ESCORRENTÍ A VÍAS	COEF. ESCORRENTÍ A ZONAS ALEDANA S	COEF. ESCORRENTÍ A PONDERADO
INICIA L	FINAL	(m)	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+00 0	K0+05 7	56.63	-1.78%	294.50	3207.77	3502.27	0.0035	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+05 7	K0+06 7	10.00	-1.78%	52.00	566.40	618.40	0.0006	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+06 7	K0+07 7	10.00	-0.53%	52.00	566.40	618.40	0.0006	8%	92%	0.90	0.50	0.53

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

TRAMO 4												
ABSCISA		LONGITU D	PENDIENT E (%)	ÁRE A DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑA S	ÁREA TO TA L	ÁREA TO TA L	% ÁRE A VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑA S	COEF. ESCORRENTÍ A VÍAS	COEF. ESCORRENTÍ A ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍ A PONDERADO
INICIA L	FINAL	(m)	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+07 7	K0+11 6	39.61	-0.53%	205.9 6	2243.41	2449.3 7	0.002 4	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+11 6	K0+12 6	10.00	-0.53%	52.00	566.40	618.40	0.000 6	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+12 6	K0+13 6	10.15	1.65%	52.78	574.90	627.68 6	0.000 6	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+13 6	K0+24 9	112.17	1.65%	583.2 8	6353.29	6936.5 7	0.006 9	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+24 9	K0+27 2	23.00	1.65%	119.6 0	1302.73	1422.3 3	0.001 4	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+27 2	K0+29 5	23.00	6.16%	119.6 0	1302.73	1422.3 3	0.001 4	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+29 5	K0+35 6	61.73	6.16%	320.9 7	3496.13	3817.1 0	0.003 8	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+35 6	K0+36 6	10.00	6.16%	52.00	566.40	618.40	0.000 6	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+36 6	K0+37 6	10.00	3.40%	52.00	566.40	618.40	0.000 6	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+37 6	K0+48 5	108.88	3.40%	566.1 7	6166.95	6733.1 2	0.006 7	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+48 5	K0+49 5	10.00	3.40%	52.00	566.40	618.40	0.000 6	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+49 5	K0+50 5	10.00	4.73%	52.00	566.40	618.40	0.000 6	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+50 5	K0+57 2	66.40	4.73%	345.2 9	3761.03	4106.3 2	0.004 1	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+57 2	K0+61 8	46.00	4.73%	239.2 0	2605.46	2844.6 6	0.002 8	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+61 8	K0+66 4	46.00	-1.51%	239.2 0	2605.46	2844.6 6	0.002 8	8%	92%	0.90	0.50	0.53
K0+66 4	K0+67 4	10.17	-1.51%	52.88	575.98	628.85	0.000 6	8%	92%	0.90	0.50	0.53

Tabla 31. Coeficientes de escorrentía para TRAMO 5. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 5												
ABSCISA		LONGITU D	PENDIENT E (%)	ÁRE A DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑA S	ÁREA TO TA L	ÁREA TO TA L	% ÁRE A VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑA S	COEF. ESCORRENTÍ A VÍAS	COEF. ESCORRENTÍ A ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍ A PONDERADO
INICIA L	FINAL	(m)	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+00 0	K0+02 7	26.64	3.74%	138.5 3	799.23	937.76	0.000 9	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+02 7	K0+04 7	20.00	3.74%	104.0 0	600.00	704.00	0.000 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+04 7	K0+06 7	20.00	5.88%	104.0 0	600.00	704.00	0.000 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+06 7	K0+14 2	75.33	5.88%	391.7 1	2259.84	2651.5 5	0.002 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+14 2	K0+16 2	20.00	5.88%	104.0 0	600.00	704.00	0.000 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+16 2	K0+18 2	20.00	3.90%	104.0 0	600.00	704.00	0.000 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+18 2	K0+26 9	87.27	3.90%	453.8 1	2618.16	3071.9 7	0.003 1	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+26 9	K0+29 1	22.00	3.90%	114.4 0	660.00	774.40	0.000 8	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+29 1	K0+31 3	22.00	-2.85%	114.4 0	660.00	774.40	0.000 8	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+31 3	K0+42 6	112.85	-2.85%	586.8 2	3385.50	3972.3 2	0.004 0	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+42 6	K0+44 6	20.00	-2.85%	104.0 0	600.00	704.00	0.000 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+44 6	K0+46 6	20.00	-5.09%	104.0 0	600.00	704.00	0.000 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+46 6	K0+65 5	188.97	-5.09%	982.6 6	5669.22	6651.8 8	0.006 8	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+65 5	K0+67 5	20.00	-5.09%	104.0 0	600.00	704.00	0.000 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

TRAMO 5												
ABSCISA		LONGITU D	PENDIENT E (%)	ÁRE A DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑA S	ÁREA TO TA L	ÁREA TO TA L	% ÁRE A VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑA S	COEF. ESCORRENTÍ A VÍAS	COEF. ESCORRENTÍ A ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍ A PONDERADO
INICIA L	FINAL	(m)	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+67 5	K0+69 5	20.00	-1.03%	104.0 0	600.00	704.00	0.000 7	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+69 5	K0+79 2	97.22	-1.03%	505.5 3	2916.51	3422.0 4	0.003 4	15%	85%	0.90	0.50	0.56

Tabla 32. Coeficientes de escorrentía para TRAMO 6. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 6												
ABSCISA		LONGITU D	PENDIENT E (%)	ÁREA DE LA VÍA	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑA S	ÁREA TO TA L	ÁREA TO TA L	% ÁRE A VÍAS	ÁREA DE DRENAJE ZONAS ALEDAÑA S	COEF. ESCORRENTÍ A VÍAS	COEF. ESCORRENTÍ A ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍ A PONDERADO
INICIA L	FINAL	(m)	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+00 0	K0+20 2	202.08	0.50%	1050.8 1	6062.30	7113.1 1	0.007 1	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+20 2	K0+26 4	62.00	0.50%	322.40	1859.98	2182.3 8	0.002 2	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+26 4	K0+32 6	62.00	5.28%	322.40	1859.98	2182.3 8	0.002 2	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+32 6	K0+33 5	9.25	5.28%	48.10	277.50	325.60	0.000 3	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+33 5	K0+40 5	70.00	5.28%	364.00	2099.98	2463.9 8	0.002 5	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+40 5	K0+45 5	50.00	-1.65%	260.00	1499.98	1759.9 8	0.001 8	15%	85%	0.90	0.50	0.56
K0+45 5	K0+46 9	13.85	-1.65%	71.99	415.35	487.34	0.000 5	15%	85%	0.90	0.50	0.56

7.12 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c)

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de esta. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

➤ **Ecuación de Kirpich (1940):**

$$t_c = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

➤ **Ecuación de Témez:**

$$t_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

➤ **Ecuación de Ventura – Heras:**

$$t_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Donde, Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Se evalúa el tiempo de concentración con la fórmula de Kirpich y se sigue la recomendación del manual de drenaje del INVIAS “Aunque el cálculo de los diferentes tiempos de concentración para una hoya hidrográfica difiere de acuerdo con la fórmula empleada, se requiere que se utilice, desde el punto de vista de la seguridad en relación con menores tiempos de concentración (mayores intensidades de precipitación y/o histogramas de lluvias más concentrados), la fórmula de Kirpich. Por otro lado, se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 15 min (Referencia 2.6), con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoya y no sobreestimar la

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración”. Es decir que para los tiempos de concentración menores a 15 minutos se utilizara el valor de 15 min.

7.13 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL

A partir de la identificación de la red hídrica de drenajes obtenida con la caracterización de las microcuencas, se logró establecer un drenaje principal que se acumula en los puntos de más bajo nivel de la zona; también se identificó un drenaje secundario que discurre directamente a un canal de excedentes existente sobre el costado sur hasta encontrarse con el drenaje principal.

Para la estimación de los caudales máximos de entrada al predio del proyecto, se utilizó el Método del Racional, en razón a que el área de la microcuenca aportante es menor a 90 Ha, que es la recomendación del INVIAS (2011). La duración de las lluvias de diseño se establece igual al tiempo de concentración de la cuenca, toda vez que esta es la condición más desfavorable y que es una práctica recomendada en hidrología (Chow, 1994).

El método o fórmula racional es u_i de las ecuaciones más adecuadas para el cálculo del caudal pico en pequeñas áreas asociadas con el drenaje de vías, esta metodología se considera válida para áreas inferiores a 0,9 km² (ASCE, 1992) (Rodríguez, 2013) y se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$Q = 0.278 C * I * A$$

Donde Q es el caudal en m³/s; C es el coeficiente de escorrentía que depende las pendientes, el tipo y uso del suelo; A es el área de drenaje de la cuenca y 0.278 corresponde al factor de conversión de unidades.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Esta metodología establece que el caudal pico ocurre cuando toda el área contribuye al flujo y la intensidad de la lluvia es uniforme en un tiempo igual al tiempo de concentración de la hoya (o microcuenca, en este caso) (H. Rodríguez, 2013).

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad de la precipitación en un período de tiempo dado (Chow, 1994). La selección de este coeficiente en general se realiza de acuerdo con las coberturas del suelo. Este valor también se puede calcular para una lluvia de características conocidas, siempre y cuando se conozca la respuesta de la hoya en términos del caudal de escorrentía superficial (Monsalve, 2004).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 33: Caudales de drenaje para TRAMOS 1, 2 Y 3. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 1, TRAMO 2 Y TRAMO 3											
ABSCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	Tr	Tc Kirpich	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMULADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.00	K0+017.82	0.0442	0.0178	0.00118	0.531	10	0.590	15.000	129.660	0.023	0.079
K0+017.82	K0+027.82	0.0442	0.0100	0.00066	0.531	10	0.380	15.000	129.660	0.013	0.056
K0+027.82	K0+037.82	0.0036	0.0100	0.00066	0.531	10	1.000	15.000	129.660	0.013	0.043
K0+037.82	K0+061.97	0.0036	0.0241	0.00160	0.531	10	1.970	15.000	129.660	0.031	0.031
K0+061.97	K0+082.38	-0.0231	0.0204	0.00135	0.531	10	0.850	15.000	129.660	0.026	0.026
K0+082.38	K0+101.38	-0.0231	0.0190	0.00126	0.531	10	0.800	15.000	129.660	0.024	0.050
K0+101.38	K0+120.38	-0.0695	0.0190	0.00126	0.531	10	0.520	15.000	129.660	0.024	0.074
K0+120.38	K0+128.39	-0.0695	0.0080	0.00053	0.531	10	0.270	15.000	129.660	0.010	0.084
K0+128.39	K0+141.28	0.0316	0.0129	0.00085	0.531	10	0.530	15.000	129.660	0.016	0.047
K0+141.28	K0+165.28	0.0316	0.0240	0.00159	0.531	10	0.850	15.000	129.660	0.030	0.030
K0+165.28	K0+189.28	-0.0088	0.0240	0.00159	0.531	10	1.390	15.000	129.660	0.030	0.030
K0+189.28	K0+197.62	-0.0088	0.0083	0.00055	0.531	10	0.620	15.000	129.660	0.011	0.041

Tabla 34: Caudales de drenaje para TRAMO 4. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 4											
ABSCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	Tr	Tc Kirpich	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMULADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.00	K0+056.63	-0.0178	0.0566	0.00350	0.534	10	2.060	15.000	129.660	0.067	0.067
K0+056.63	K0+066.63	-0.0178	0.0100	0.00062	0.534	10	0.540	15.000	129.660	0.012	0.079
K0+066.63	K0+076.63	-0.0053	0.0100	0.00062	0.534	10	0.860	15.000	129.660	0.012	0.091
K0+076.63	K0+116.24	-0.0053	0.0396	0.00245	0.534	10	2.490	15.000	129.660	0.047	0.138
K0+116.24	K0+126.24	-0.0053	0.0100	0.00062	0.534	10	0.860	15.000	129.660	0.012	0.150
K0+126.24	K0+136.39	0.0165	0.0102	0.00063	0.534	10	0.560	15.000	129.660	0.012	0.584
K0+136.39	K0+248.56	0.0165	0.1122	0.00694	0.534	10	3.580	15.000	129.660	0.133	0.572
K0+248.56	K0+271.56	0.0165	0.0230	0.00142	0.534	10	1.060	15.000	129.660	0.027	0.439

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

TRAMO 4											
ABSCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	Tr	Tc Kirpich	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMULADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+271.56	K0+294.56	0.0616	0.0230	0.00142	0.534	10	0.640	15.000	129.660	0.027	0.412
K0+294.56	K0+356.29	0.0616	0.0617	0.00382	0.534	10	1.360	15.000	129.660	0.073	0.384
K0+356.29	K0+366.29	0.0616	0.0100	0.00062	0.534	10	0.340	15.000	129.660	0.012	0.311
K0+366.29	K0+376.29	0.0340	0.0100	0.00062	0.534	10	0.420	15.000	129.660	0.012	0.299
K0+376.29	K0+485.17	0.0340	0.1089	0.00673	0.534	10	2.650	15.000	129.660	0.130	0.287
K0+485.17	K0+495.17	0.0340	0.0100	0.00062	0.534	10	0.420	15.000	129.660	0.012	0.157
K0+495.17	K0+505.17	0.0473	0.0100	0.00062	0.534	10	0.370	15.000	129.660	0.012	0.146
K0+505.17	K0+571.57	0.0473	0.0664	0.00411	0.534	10	1.600	15.000	129.660	0.079	0.134
K0+571.57	K0+617.57	0.0473	0.0460	0.00284	0.534	10	1.200	15.000	129.660	0.055	0.055
K0+617.57	K0+663.57	-0.0151	0.0460	0.00284	0.534	10	1.870	15.000	129.660	0.055	0.055
K0+663.57	K0+673.74	-0.0151	0.0102	0.00063	0.534	10	0.580	15.000	129.660	0.012	0.067

Tabla 35. Caudales de drenaje para TRAMO 5. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 5											
ABSCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	Tr	Tc Kirpich	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMULADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.00	K0+026.64	0.0374	0.0266	0.00094	0.559	10	0.860	15.000	129.660	0.019	0.207
K0+026.64	K0+046.64	0.0374	0.0200	0.00070	0.559	10	0.690	15.000	129.660	0.014	0.188
K0+046.64	K0+066.64	0.0588	0.0200	0.00070	0.559	10	0.580	15.000	129.660	0.014	0.174
K0+066.64	K0+141.97	0.0588	0.0753	0.00265	0.559	10	1.620	15.000	129.660	0.053	0.159
K0+141.97	K0+161.97	0.0588	0.0200	0.00070	0.559	10	0.580	15.000	129.660	0.014	0.106
K0+161.97	K0+181.97	0.0390	0.0200	0.00070	0.559	10	0.680	15.000	129.660	0.014	0.092
K0+181.97	K0+269.24	0.0390	0.0873	0.00307	0.559	10	2.120	15.000	129.660	0.062	0.078
K0+269.24	K0+291.24	0.0390	0.0220	0.00077	0.559	10	0.730	15.000	129.660	0.016	0.016
K0+291.24	K0+313.24	-0.0285	0.0220	0.00077	0.559	10	0.830	15.000	129.660	0.016	0.016
K0+313.24	K0+426.09	-0.0285	0.1129	0.00397	0.559	10	2.920	15.000	129.660	0.080	0.096
K0+426.09	K0+446.09	-0.0285	0.0200	0.00070	0.559	10	0.770	15.000	129.660	0.014	0.110

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

TRAMO 5											
ABSCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	Tr	Tc Kirpich	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMULADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+446.09	K0+466.09	-0.0509	0.0200	0.00070	0.559	10	0.620	15.000	129.660	0.014	0.124
K0+466.09	K0+655.07	-0.0509	0.1890	0.00665	0.559	10	3.470	15.000	129.660	0.134	0.258
K0+655.07	K0+675.07	-0.0509	0.0200	0.00070	0.559	10	0.620	15.000	129.660	0.014	0.272
K0+675.07	K0+695.07	-0.0103	0.0200	0.00070	0.559	10	1.140	15.000	129.660	0.014	0.286
K0+695.07	K0+792.28	-0.0103	0.0972	0.00342	0.559	10	3.850	15.000	129.660	0.069	0.355

Tabla 36. Caudales de drenaje para TRAMO 6. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 6											
ABSCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	Tr	Tc Kirpich	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMULADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.00	K0+202.08	0.0050	0.2021	0.00711	0.559	10	8.930	21.527	108.240	0.120	0.264
K0+202.08	K0+264.08	0.0050	0.0620	0.00218	0.559	10	3.590	15.000	129.660	0.044	0.144
K0+264.08	K0+326.08	0.0528	0.0620	0.00218	0.559	10	1.450	15.000	129.660	0.044	0.100
K0+326.08	K0+335.33	0.0528	0.0093	0.00033	0.559	10	0.340	15.000	129.660	0.007	0.056
K0+335.33	K0+405.33	0.0528	0.0700	0.00246	0.559	10	1.590	15.000	129.660	0.050	0.050
K0+405.33	K0+455.33	-0.0165	0.0500	0.00176	0.559	10	1.920	15.000	129.660	0.035	0.035
K0+455.33	K0+469.17	-0.0165	0.0138	0.00049	0.559	10	0.720	15.000	129.660	0.010	0.045

NOTA ACLARATORIA: Las pendientes negativas indican el sentido del flujo del agua, en la tabla se muestra de que abscisa a que abscisa sería el sentido del flujo del agua según la pendiente de diseño geométrico.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

8. ANÁLISIS HIDRÁULICO

El drenaje en los proyectos comprende varios matices que han de ser tratados separadamente. Unos se refieren al control de las aguas subterráneas que afectan de un modo u otro el proyecto llegando a él por infiltración; el manejo de estas se logra mediante obras de subdrenaje como drenes en zanja, trincheras filtrantes o drenes horizontales. El control de las aguas de escorrentía se logra mediante la construcción de estructuras de drenaje como canales, alcantarillas o cunetas, entre otras; y el control de los procesos de erosión en los cauces torrenciales de quebradas o ríos es realizado con el establecimiento de canales o estructuras de corrección como diques, jarillones, defensas laterales o espolones. La ubicación oportuna de las estructuras hidráulicas son el soporte de las soluciones de estabilidad y el control de erosión de taludes y laderas y de la corrección de cauces torrenciales; su omisión representa en casi todos los casos la destrucción de las obras existentes. Las obras hidráulicas constituyen en sí mismas una garantía de la estabilidad de los tratamientos. Las cunetas se construyen generalmente en sitios donde se ha efectuado un banqueo de tamaño apreciable, como vías.

La sección transversal de la vía y dentro de ella la de la cuneta, juega un papel fundamental en la seguridad vial, por lo que, al proyectar las cunetas con una determinada sección, este aspecto debe ser considerado. Cunetas con una sección inadecuada pueden originar problemas de encunetamiento de los vehículos y, en los casos más graves, hasta vuelco, más aún sí por limitaciones de espacio se proyectan berma-cunetas, las que necesariamente implican circulación o permanencia de vehículos cerca a la cuneta.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

En el caso del drenaje sobre la misma vía, se indica que la pendiente de la berma coincide con la del carril de circulación adyacente; es decir, la pendiente del bombeo, la cual es máximo del 4% en entre tangencias, 8% en peraltes de vías principales y secundarias y 6% en vías terciarias.

Esta limitación en la profundidad de la cuneta trae como consecuencia una limitación en la capacidad hidráulica de la cuneta, siendo necesario el empleo de zanjas de coronación y de una menor distancia entre alcantarillas para desaguar las cunetas.

Las características hidráulicas sobre la vía es un flujo espacialmente variable; no obstante, para el diseño se pueden suponer condiciones de flujo permanente y uniforme en las áreas laterales de escorrentías, para simplificar el cálculo de los parámetros hidráulicos necesarios en el diseño de las entradas o sumideros correspondientes al esparcimiento máximo, el caudal máximo y la profundidad de la lámina de agua sobre los sumideros.

El dimensionamiento o diseño hidráulico de la vía consiste en verificar que la capacidad hidráulica de la estructura, estimada con la expresión de Manning, sea superior al caudal de diseño (INVIAS, 2009), los cuales se encuentran calculados en las tablas 8 y 10. A continuación, se muestra la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} (AR^{2/3}S^{1/2})$$

Donde: Q: caudal, en metros cúbicos por segundo (m³/s). n: coeficiente de rugosidad de Manning. A: área mojada, en metros cuadrados (m²). R: radio hidráulico, en metros (m). S: pendiente, en metros por metro (m/m).

Como el área tributaria de la cuenca es pequeña (< 90 Ha) se utiliza el método racional para calcular el caudal:

$$Q_{ec} = 0.28 C.i.A\gamma$$

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Donde Q_{ec} es el caudal de escorrentía en m^3/seg , C es el coeficiente de escorrentía, i corresponde a la intensidad para un tiempo de concentración de 10 minutos y periodo de retorno de 5 años en mm/h y A_y es el área tributaria en Km^2 , que corresponde al ancho Impluvium (B) y la longitud de la cuneta (L).

El caudal que puede transportar la berma-cuneta tipo a sección plena, dada una pendiente longitudinal de la vía, se puede encontrar mediante la aplicación de la Ecuación de continuidad y la Fórmula de Manning.

$$Q_c = \frac{1}{n} A \cdot R h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde Q : Caudal de diseño, en metros cúbicos por segundo (m^3/s). n : Coeficiente de rugosidad de Manning; A : Área mojada, en metros cuadrados (m^2); Rh : Radio hidráulico, en metros (m) y S : Pendiente, en metros por metro (m/m).

La pendiente coincide usualmente con la pendiente longitudinal de la vía, salvo en aquellos casos en que se requiere una mayor capacidad hidráulica o por facilidad de desagüe se proyecta la cuneta en contrapendiente por un corto tramo. En estos casos especiales se debe verificar que la pendiente sea, como mínimo, la menor recomendada por el INVIAS, es decir 0.5% y 0.3% en zonas planas.

El diseño hidráulico consiste en chequear la capacidad de la berma-cuneta, con el caudal de escorrentía. Es decir, equilibrar $Q_e = Q_c$, para encontrar una longitud (L) de rebose de la cuneta.

De la igualdad $Q_e = Q_c$ se obtiene un valor de magnitud que indica el sitio donde se rebosa la cuneta y donde es necesario desviar el agua mediante un aliviadero o una alcantarilla. La expresión para el cálculo de L deducida de la igualdad $Q_e = Q_c$ es:

$$L = \frac{a \cdot R h^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot 10^6}{0.28 \cdot n \cdot C \cdot A_y}$$

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Con la anterior expresión se calculan las longitudes de la cuneta para diferentes valores de pendiente de la rasante (S).

La cuneta propuesta de una longitud (L), debe chequearse contra la acción erosiva del agua, aunque al ser construida en concreto la erosión solo se producirá cuando la velocidad del agua supere los 3 m/seg. La erosión se presentará en longitudes muy largas con fuertes pendientes, longitudes que son superiores a las longitudes (L) de rebosamiento. En conclusión, la cuneta primero se rebosa y luego se erosiona y en el sitio de rebosamiento se ubica un aliviadero o una alcantarilla para la evacuación del agua de la berma-cuneta.

8.1 COEFICIENTE DE MANNING

El coeficiente de Manning es una de las formas de expresar la cantidad de resistencia al movimiento del agua en cauces, naturales o artificiales. Este coeficiente de resistencia al flujo es muy variable porque depende de una serie factores como la vegetación, irregularidad, obstrucciones, nivel, caudal, régimen de circulación, entre otros. Para este proyecto escogió un coeficiente de Manning de 0.015. En la siguiente tabla se presentan algunos valores de n Manning de acuerdo con el tipo de material del conducto.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 37; Valores del coeficiente de rugosidad de Manning. Fuente: RAS (2016).

Material	n
CONDUCTOS CERRADOS	
Asbesto – cemento	0.011 – 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 – 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 – 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0,012 – 0,015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 – 0,017
Gres vitrificado	0.011 – 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 – 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 – 0.015
Metal corrugado	0.022 – 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 – 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
Canal revestido en ladrillo	0.012 – 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 – 0.020
Canal excavado	0.018 – 0.050
Canal revestido rip-rap	0.20 – 0.035

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 38: Comprobación hidráulica de drenaje de TRAMOS 1, 2 Y 3. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 1, TRAMO 2 Y TRAMO 3																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLÓGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+017.82	17.82	0.0442	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.418	3.905	0.078529	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+017.82	K0+027.82	10.00	0.0442	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.418	3.905	0.055941	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+027.82	K0+037.82	10.00	0.0036	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.261	1.115	0.043268	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+037.82	K0+061.97	24.14	0.0036	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.261	1.115	0.030596	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+061.97	K0+082.38	20.41	0.0231	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.194	2.823	0.025866	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+082.38	K0+101.38	19.00	0.0231	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.194	2.823	0.049944	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+101.38	K0+120.38	19.00	0.0695	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	5.540	4.897	0.074022	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+120.38	K0+128.39	8.01	0.0695	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	5.540	4.897	0.084172	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+128.39	K0+141.28	12.90	0.0316	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.735	3.302	0.046757	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+141.28	K0+165.28	24.00	0.0316	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.735	3.302	0.030414	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+165.28	K0+189.28	24.00	0.0088	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.971	1.743	0.030414	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+189.28	K0+197.62	8.34	0.0088	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.971	1.743	0.040982	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 39: Comprobación hidráulica de drenaje de TRAMO 4. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 4																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLÓGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+056.63	56.63	0.0178	0.06	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.804	2.478	0.067367	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+056.63	K0+066.63	10.00	0.0178	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.804	2.478	0.079262	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+066.63	K0+076.63	10.00	0.0053	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.530	1.352	0.091157	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+076.63	K0+116.24	39.61	0.0053	0.04	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.530	1.352	0.138271	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+116.24	K0+126.24	10.00	0.0053	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.530	1.352	0.150166	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+126.24	K0+136.39	10.15	0.0165	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.699	2.386	0.584435	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+136.39	K0+248.56	112.17	0.0165	0.11	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.699	2.386	0.572361	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+248.56	K0+271.56	23.00	0.0165	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.699	2.386	0.438935	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+271.56	K0+294.56	23.00	0.0616	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	5.215	4.610	0.411577	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+294.56	K0+356.29	61.73	0.0616	0.06	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	5.215	4.610	0.384218	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+356.29	K0+366.29	10.00	0.0616	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	5.215	4.610	0.310796	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+366.29	K0+376.29	10.00	0.0340	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.875	3.425	0.298901	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+376.29	K0+485.17	108.88	0.0340	0.11	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.875	3.425	0.287005	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+485.17	K0+495.17	10.00	0.0340	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.875	3.425	0.157493	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+495.17	K0+505.17	10.00	0.0473	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.570	4.040	0.145598	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+505.17	K0+571.57	66.40	0.0473	0.07	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.570	4.040	0.133703	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+571.57	K0+617.57	46.00	0.0473	0.05	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.570	4.040	0.054717	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+617.57	K0+663.57	46.00	0.0151	0.05	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.582	2.283	0.054717	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+663.57	K0+673.74	10.17	0.0151	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.582	2.283	0.066813	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 40. Comprobación hidráulica de drenaje de TRAMO 5. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 5																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLÓGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+026.64	26.64	0.0374	0.03	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.064	3.592	0.206599	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+026.64	K0+046.64	20.00	0.0374	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.064	3.592	0.187701	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+046.64	K0+066.64	20.00	0.0588	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	5.096	4.504	0.173513	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+066.64	K0+141.97	75.33	0.0588	0.08	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	5.096	4.504	0.159326	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+141.97	K0+161.97	20.00	0.0588	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	5.096	4.504	0.105890	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+161.97	K0+181.97	20.00	0.0390	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.150	3.668	0.091702	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+181.97	K0+269.24	87.27	0.0390	0.09	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.150	3.668	0.077515	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+269.24	K0+291.24	22.00	0.0390	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.150	3.668	0.015606	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+291.24	K0+313.24	22.00	0.0285	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.548	3.136	0.015606	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+313.24	K0+426.09	112.85	0.0285	0.11	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.548	3.136	0.095659	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+426.09	K0+446.09	20.00	0.0285	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	3.548	3.136	0.109847	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+446.09	K0+466.09	20.00	0.0509	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.741	4.191	0.124034	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+466.09	K0+655.07	188.97	0.0509	0.19	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.741	4.191	0.258088	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+655.07	K0+675.07	20.00	0.0509	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.741	4.191	0.272275	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+675.07	K0+695.07	20.00	0.0103	0.02	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.133	1.885	0.286463	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+695.07	K0+792.28	97.22	0.0103	0.10	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.133	1.885	0.355426	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 41. Comprobación hidráulica de drenaje de TRAMO 6. Fuente: Elaboración propia (2026).

TRAMO 6																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLÓGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+202.08	202.08	0.0050	0.20	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.486	1.314	0.263846	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+202.08	K0+264.08	62.00	0.0050	0.06	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	1.486	1.314	0.144179	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+264.08	K0+326.08	62.00	0.0528	0.06	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.829	4.268	0.100198	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+326.08	K0+335.33	9.25	0.0528	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.829	4.268	0.056217	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+335.33	K0+405.33	70.00	0.0528	0.07	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	4.829	4.268	0.049656	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+405.33	K0+455.33	50.00	0.0165	0.05	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.699	2.386	0.035468	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.
K0+455.33	K0+469.17	13.85	0.0165	0.01	0.17	0.03	0.20	5.20	5.54	0.88	0.16	0.014	2.699	2.386	0.045290	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO.

De acuerdo con las modelaciones anteriores, los cada uno de los tramos es capaz de transportar los caudales calculados para un periodo de retorno de 10 años, por tal razón se debe conservar una altura de bordillo mínima de 0.2 m, y las pendientes y anchos de carril definidos en el diseño geométrico, sin embargo, es necesario hacer obras de drenaje para evacuar el agua que se acumula en los puntos bajos del perfil de la vía y para reducir el tiempo de concentración del flujo del agua.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

9. DESCOLE

El descole de las cunetas y en general el de las estructuras hidráulicas, se debe realizar sin alterar drásticamente los patrones de flujo del cuerpo de agua receptor y sin originar problemas de socavación. Así, en cada punto de desagüe de un tramo de cuneta es necesario evaluar el impacto potencial sobre la corriente receptora en cuanto a cambios de velocidad y caudal y minimizar la erosión, ya sea con un mejor ángulo de entrega del canal y/o una velocidad igual o menor a la de la corriente receptora. Esto último se logra con disminuciones en la pendiente del canal de entrega o con incrementos en la rugosidad del revestimiento o en la sección transversal del canal.

Las condiciones para asegurar un adecuado descole de cunetas deben ser analizadas cuidadosamente en el terreno. El diseño de la cuneta termina con el diseño de la disposición final de las aguas lluvias. La longitud de rebose indica donde deben estar ubicados las obras de descole de la vía para la sección propuesta según la metodología estandarizada del INVIAS (2013); encontrándose una ubicación mínima de descole de 80 metros para las pendientes menores o iguales a 0.5% ($S \leq 0.005$ m/m) y una separación máxima de 200 metros para pendientes mayores o iguales al 9% ($S \geq 0.09$ m/m).

Una cuneta y, en general, un canal, se revisten con los siguientes objetivos:

- Reducir la infiltración, la cual puede afectar la estructura misma del pavimento.
- Reducir el área mojada para permitir mayores velocidades del flujo.
- Prevenir crecimientos vegetales.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Mayor vida útil del canal.
- Mayor estabilidad de la sección.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Se considera, entonces, que el revestimiento de las cunetas para vías de primer y segundo orden es necesario, mientras que para vías de tercer orden es opcional y se debe definir a partir de un análisis técnico y de costos, dentro del cual se incluya el mantenimiento, se debe hacer la recomendación del descole.

En los casos en que se prevé la circulación de vehículos sobre la cuneta, como es el paso sobre cunetas parabólicas o en posibles cruces o entradas a predios, la cuneta deberá ser reforzada. Para el caso de berma-cunetas, la decisión de reforzarlas debe considerar también la existencia de sobre anchos y las condiciones particulares de cada tramo de la vía que favorezcan su uso para circulación vial o estacionamiento y debe ser diseñadas por un especialista estructural.

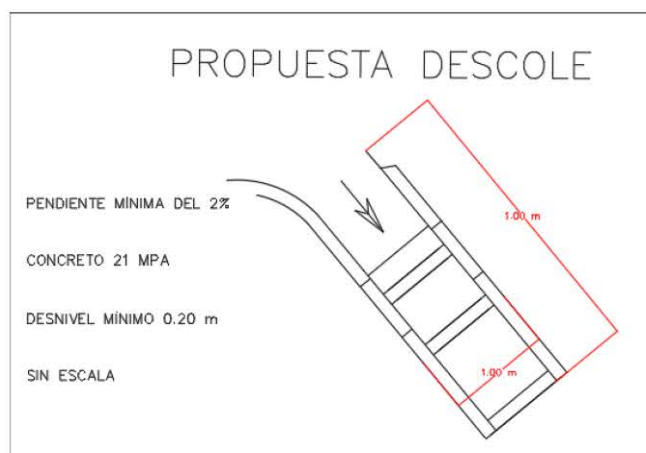


Figura 19. Propuesta de descole para drenaje de vía. Fuente: Elaboración propia (2026).

Se verificó que esta sección tiene la capacidad de soportar el caudal más desfavorable, y se determinó que el tirante causado por la sección de los descoles y el caudal que deben controlar no supera la altura del bordillo, que es de 20 centímetros.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 42. Descoles propuestos. Fuente: Elaboración propia (2026).

No.	Abscisa	Tipo de obra	Observaciones
1	K0+124	DESCOLE	OBRA PROPUESTA PARA AMBOS LADOS DE LA VÍA PARA DRENAJE HACIA BOX
2	K0+129	DESCOLE	OBRA PROPUESTA PARA AMBOS LADOS DE LA VÍA PARA DRENAJE HACIA BOX

10. DISEÑO Y ANÁLISIS HIDRÁULICO ALCANTARILLAS Y BOX CULVERT

Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente.

El diseño de la alcantarilla consiste en determinar el diámetro más económico que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada (H_w) atendiendo también criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento.

La carga a la entrada (H_w) corresponde a la profundidad del agua, medida desde la batea, aguas arriba de la alcantarilla. Estrictamente hablando, debe incluir la cabeza de velocidad a la entrada, pero si se asume una velocidad de aproximación muy baja, este término se puede despreciar. Por facilidad de comparación con valores de rasantes, cotas claves, etc., es recomendable expresar esta altura como cota o nivel, más que como una profundidad relativa a la batea de entrada.

Las alcantarillas están compuestas por estructuras de entrada y salida, el conducto o tubería de cruce propiamente dicho y las obras complementarias de encoles y descoles que conducen el agua hacia o desde la alcantarilla, respectivamente.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Se proyectan en los cruces de corrientes, para desaguar pocetas o cajas colectoras de cunetas, filtros o zanjias de coronación, en los puntos bajos cuando el drenaje confluye hacia la vía y en los terraplenes proyectados en planicies inundables para permitir el paso de las aguas, evitando que el terraplén actúe como dique. Con respecto al eje de la vía, las alcantarillas pueden ser preferiblemente normales, aunque pueden presentar un ángulo de sesgo o esviaje cuando se trata de cruces de corrientes en los cuales se conserva la dirección del drenaje natural o corriente (Figura 20).

En los casos en que no se puede mantener el patrón de drenaje natural o resulte muy larga la estructura, es necesario proyectar la alcantarilla normal al eje de la vía o con un menor sesgo y construir las obras adicionales necesarias, tales como canales, que aseguren la entrega y la continuidad de la corriente interceptada por la vía.

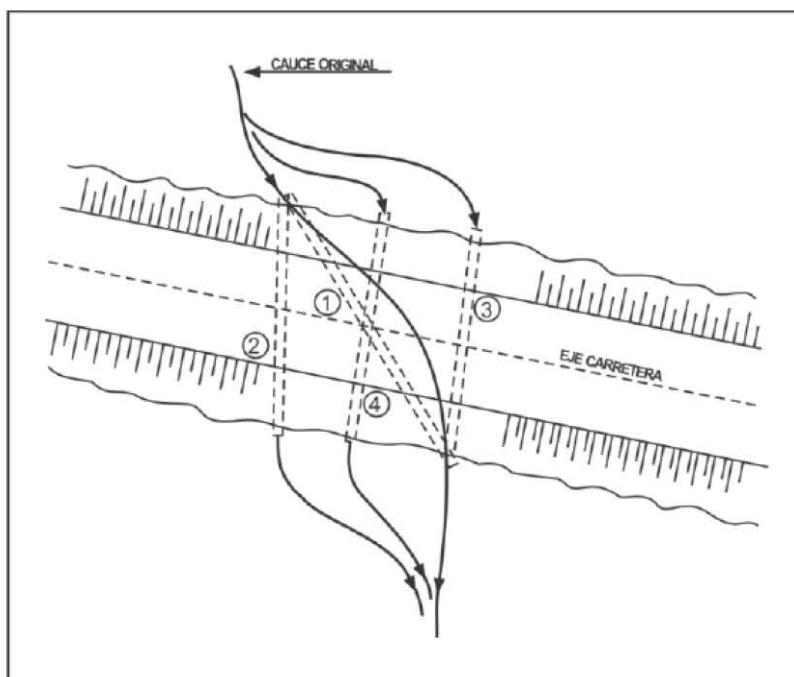


Figura 20. Localización de alcantarillas. Fuente: INVIAS (2011).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

El diseño geométrico de la vía debe evitar puntos bajos en zonas de cajón, donde el desagüe de las cunetas implica grandes cortes para proyectar los descoles de las alcantarillas. En cuanto a su alineamiento vertical, en general las alcantarillas deben conservar la pendiente de la corriente o del terreno natural, pero si ésta es muy fuerte, se podrá disminuir, considerando las obras necesarias en la salida para asegurar la continuidad y la entrega adecuada de las aguas. Asimismo, las alcantarillas se deben proyectar con una pendiente mínima que garantice su autolimpieza.

El caudal de diseño de la alcantarilla es el caudal que debe transportar la estructura. Así, cuando la alcantarilla se requiere en el cruce de una quebrada, el caudal de diseño se obtendrá aplicando el método Racional. En el caso de alcantarillas que reciben cunetas, subdrenajes o bajantes, el caudal de diseño corresponde a los caudales captados por las estructuras aferentes.

Cuando se proyecta una batería de conductos iguales (igual diámetro, cota y pendiente), se puede asumir que el flujo o caudal se repartirá uniformemente entre las tuberías. Así, por ejemplo, si se proyectan dos tuberías, el caudal circulante por cada una de ellas será la mitad del caudal total de diseño.

El flujo en una alcantarilla es usualmente no uniforme, presentando zonas con flujo gradualmente variado y zonas con flujo rápidamente variado, por lo que su análisis teórico es complejo y se ha desarrollado con ayuda de experimentación en laboratorio. De acuerdo con el punto donde se encuentre la sección de control en la alcantarilla, el flujo puede ser con control a la entrada o con control a la salida y dependiendo de la sumergencia o no de los extremos del conducto y la condición de flujo (a tubo lleno o parcialmente lleno), se presentan diferentes tipos de flujo, los cuales han sido clasificados por diferentes autores como Bodhaine, Henderson y Norman.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Siendo el documento “*Hydraulic Design Highway Culverts Hydraulic Design Series Number 5 (HDS 5)*” el de más amplia difusión y aceptación a nivel internacional, es la metodología que se expone en este informe, la cual se presenta de acuerdo con la forma numérica en que la incorpora el programa HY8, software de adquisición y utilización gratuitas. Las condiciones de flujo analizadas se muestran en las siguientes figuras.

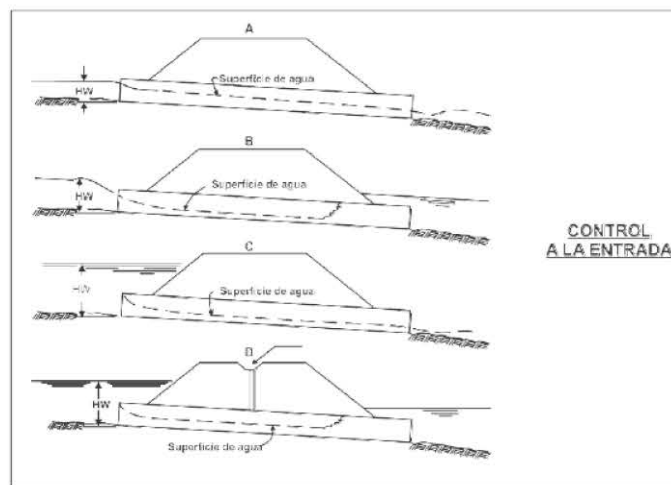


Figura 21: Condiciones de flujo en alcantarillas control a la entrada. Fuente: INVIAS (2011).

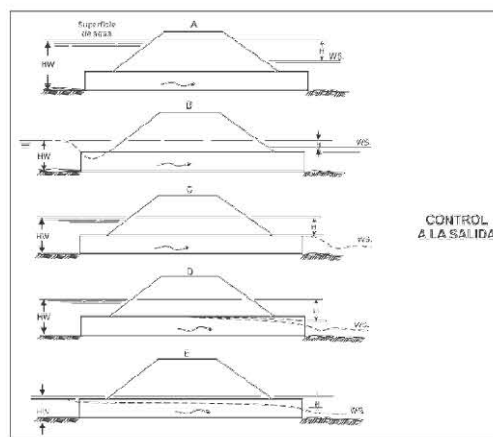


Figura 22. Condiciones de flujo en alcantarillas control a la salida. Fuente: INVIAS (2011).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Para el diseño, la condición ideal de flujo corresponde al caso A con control a la entrada, en el cual no existe sumergencia ni a la entrada ni a la salida; la altura crítica se encuentra en la entrada, siendo el flujo a superficie libre de tipo supercrítico, aproximándose a la altura normal en la salida.

Sin embargo, en los casos en que las condiciones específicas de la obra (topografía, niveles de agua en la salida) no permiten la obtención de este tipo de flujo o cuando se revisan alcantarillas existentes, es necesario estudiar todos los posibles casos de flujo bajo los cuales funciona la estructura.

10.1 DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Una alcantarilla es un canal cubierto de longitud relativamente corta diseñado para pasar el agua a través de un terraplén (por ejemplo, carretera, vía de ferrocarril, presa). Es una estructura hidráulica que puede mover aguas de creciente, aguas de drenaje, corrientes naturales por debajo de estructuras de rellenos en tierra o roca. Desde el punto de vista hidráulico, es importante si la alcantarilla fluye llena o no.

Una alcantarilla consta de tres partes: la bocatoma (también conocida como entrada o abanico), el barril (o garganta) y el difusor (también conocido como la salida o abanico de expansión. La forma de la sección transversal del barril puede ser circular (es decir, tubería), rectangular (es decir, alcantarilla en cajón) o multicelda (es decir, alcantarilla en cajón multicelda). El fondo del barril se conoce como batea mientras que su techo se conoce como corona o clave. Los muros de encausamiento a la entrada y a la salida se conocen como muros aleta.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Una alcantarilla se diseña para pasar un caudal específico con el nivel de creciente natural asociado. Sus factores hidráulicos son el caudal de diseño, la energía total aguas arriba y la pérdida de energía máxima. El caudal de diseño y el nivel de creciente se deducen a partir de los estudios hidrológicos del sitio en relación con el propósito de la alcantarilla. Las pérdidas de energía deben minimizarse para efectos de remanso aguas arriba.

El diseño hidráulico de la alcantarilla consiste básicamente en la selección de un equilibrio óptimo entre la capacidad de caudal y la pérdida de energía, y los costos de construcción.

Por consiguiente, las alcantarillas cortas se diseñan para flujo de superficie libre con condiciones críticas en el barril. Los cálculos hidráulicos simplificados se basan en la suposición de una entrada y un difusor suaves y sin pérdida de energía: es decir, la energía total es la misma agua arriba y aguas abajo. Suponiendo una energía a total aguas arriba dada H_1 , para una estructura horizontal con sección transversal rectangular e ignorando y despreciando las pérdidas de energía, el máximo caudal por unidad de ancho se alcanza para condiciones de flujo crítico en el barril:

$$q_{m\acute{a}x} = \sqrt{g} \left(\frac{2}{3} (H_1 - Z_{ent}) \right)^{3/2}$$

Donde Z_{ent} es la elevación del lecho de la entrada.

El ancho mínimo del barril para alcanzar las condiciones de flujo crítico es, entonces:

$$B_{m\acute{i}n} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{\sqrt{g}} \left(\frac{2}{3} (H_1 - Z_{ent}) \right)^{-3/2}$$

La profundidad crítica en el barril es igual a:

$$d_c = \frac{2}{3} (H_1 - Z_{ent})$$

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

La batea del barril puede bajarse a fin de incrementar la capacidad de caudal o para reducir el ancho del barril. Las anteriores ecuaciones se convierten en:

$$q_{m\acute{a}x} = \sqrt{g} \left(\frac{2}{3} (H_1 - Z_{ent} + \eta) \right)^{2/3}$$

$$q_{m\acute{a}x} = \sqrt{g} \left(\frac{2}{3} (H_1 - Z_{ent} + \Delta Z_0) \right)^{2/3}$$

$$B_{m\acute{i}n} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{\sqrt{g}} \left(\frac{2}{3} (H_1 - Z_{ent} + \Delta Z_0) \right)^{-3/2}$$

$$d_c = \frac{2}{3} (H_1 - Z_{ent} + \Delta Z_0)$$

Donde ΔZ_0 es la diferencia en la elevación del lecho entre la batea y la entrada en el fondo del barril.

10.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

En primer lugar, se debe escoger la función de la alcantarilla y las condiciones de caudal de diseño (por ejemplo, Q_{dis} , nivel de creciente). Las principales restricciones en el diseño de la alcantarilla son:

1. El costo debe ser siempre mínimo.
2. La elevación del nivel del agua por encima del nivel normal de la superficie libre en el lado aguas arriba de la alcantarilla debe ser pequeño y de preferencia mínimo.
3. De manera eventual la altura del terraplén puede estar dada o puede ser parte del diseño.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Se debe considerar una protección contra la socavación, en particular si es posible un resalto hidráulico cerca de la salida de la alcantarilla.

10.3 OPERACIÓN – PATRONES DE FLUJO

Para alcantarillas estándares, el flujo puede exhibir diferentes patrones dependiendo del caudal (y, por consiguiente, de la profundidad crítica del barril d_c), de la cabeza aguas arriba por encima de la batea a la entrada ($H_1 - Z_{ent}$), de la profundidad de flujo uniforme de equilibrio en el barril d_o , de la pendiente de la batea del barril q , de la profundidad de aguas de escape d_{ae} , y de la altura de la alcantarilla D .

Existen dos patrones de flujo y ocho categorías:

- Clase I para condiciones de flujo de entrada a superficie libre
- Clase II para entrada sumergida

Los flujos con entrada de superficie libre ocurren en general para:

$$\frac{H_1 - Z_{ent}}{D} \leq 1.2$$

10.4 CARACTERÍSTICAS DE CAUDAL

La capacidad de caudal del barril se encuentra, en primer lugar, relacionada con el patrón de flujo: flujo a la entrada de la superficie libre, entrada sumergida, o barril sumergido. Cuando ocurre flujo de superficie libre dentro del barril, el caudal se encuentra fijado sólo por las condiciones de entrada mientras que, en el caso de alcantarillas sumergidas, el caudal está determinado por la resistencia en la alcantarilla.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

10.5 CÁLCULO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLAS

A continuación, en la Tabla 38 se resumen algunas relaciones de caudal para alcantarillas circulares.

Tabla 43. Características de caudal en alcantarillas circulares estándares

Patrón de flujo	Relaciones	Condiciones de flujo
Flujo de entrada a superficie libre	$\frac{Q}{D} = 0.432 \sqrt{g} \frac{(H_1 - z_{ent})^{1.9}}{D^{0.4}}$	$0 < \frac{H_1 - z_{ent}}{D} < 0.8$ $0.025 < \text{sen}\theta < 0.361$
	$\frac{Q}{D} = 0.438 \sqrt{g} (H_1 - z_{ent})^{1.5}$	$0.8 < \frac{H_1 - z_{ent}}{D} < 1.2$ $0.025 < \text{sen}\theta < 0.361$
Barril sumergido	$\frac{Q}{D} = \frac{\pi}{4} D \sqrt{2g \frac{\Delta H}{K'}}$	K': Coeficiente de pérdida de cabezas (pérdidas primarias y secundarias. Ecuación de Darcy. Cálculos de pérdida de cabeza de flujo en tubería.
	$\frac{Q}{D} = B \sqrt{2g \frac{\Delta H}{K'}}$	

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

10.6 CÁLCULO HIDRÁULICO DE BOX CULVERTS

Un box culvert es una alcantarilla en cajón que debe cumplir algunas consideraciones para su diseño, tomando como base la altura de agua de entrada a la estructura y el caudal de diseño. Así mismo, debe tenerse en cuenta el tipo de entrada, si es sumergida o si es a flujo libre.

En la Tabla 44 se resumen algunas consideraciones de diseño para alcantarillas en cajón:

Tabla 44. Características de caudal en alcantarillas de cajón.

Patrón de flujo	Relaciones	Condiciones de flujo
Flujo de entrada a superficie libre	$\frac{Q}{B} = C_D \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g (H_1 - Z_{ent})^{1.5}$ $C_D = 1$ $C_D = 0.9$	$\frac{H_1 - Z_{ent}}{D} \leq 1.2$ Bordes verticales redondeados (radio > 0.1B) Caja izquierda con bordes verticales
Entrada sumergida	$\frac{Q}{B} = C_D \sqrt{2g (H_1 - z_{ent} - CD)}$ $C_D = 0.8$ $C_D = 0.9$	$\frac{H_1 - Z_{ent}}{D} > 1.2$ Bordes de corona redondeados Corona de bordes cuadrados

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Una vez se cuenta con los caudales de escorrentía superficial calculados para cada estructura se deben diseñar las estructuras. El procedimiento de diseño es iterativo, de tal manera que a las alcantarillas de cajón y alcantarillas circulares se le asignan dimensiones y se chequean los caudales máximos que pueden transitar por la misma, hasta encontrar las dimensiones óptimas para permitir el paso del caudal de diseño.

Con el fin de optimizar el diseño es conveniente dejar un borde libre, de tal manera que se puedan controlar situaciones como el transporte de material vegetal, madera y otros elementos, que puedan estar en suspensión o en arrastre por la corriente cuando se presentan eventos de creciente.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

10.7 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS EXISTENTE

En el análisis realizado en este estudio se evidencio las siguientes obras.

Tabla 45. Obras existente. Fuente: Elaboración propia (2026).

No.	Tramo	Abscisa	Dimensiones			Tipo de obra	Observaciones
			Diámetro (m)	Base (m)	Altura (m)		
1	T4	K0+126.24		-	-	BOX CULVERT	OBRA EXISTENTE
2	T5	K0+792.28		-	-	PUENTE	OBRA EXISTENTE

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

10.8 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS PROPUESTAS

En el análisis realizado en este estudio se propone las siguientes obras.

Tabla 46. Obras propuestas. Fuente: Elaboración propia (2026).

No.	Tramo	Abscisas	COTAS BATEA		Dimensiones			Tipo de obra	Observaciones
			INICIO	FIN	Diámetro (m)	Base (m)	Altura (m)		
1	T4	K0+126.24	81.23	81.15		2.5	2.5	BOX CULVERT - DOBLE	NUEVA OBRA
2	T5	K0+792.28	86.00	85.69		2.5	2.5	BOX CULVERT - DOBLE	NUEVA OBRA
3	T6	K0+109.00	72.10	71.80		1.5	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	NUEVA OBRA

Verificación:

Tabla 47. Verificación hidráulica de las obras propuestas por drenajes. Fuente: Elaboración propia (2026).

No.	Tramo	Abscisas	Dimensiones			Tipo de obra	CTI (m.s.n.m.)	CTF (m.s.n.m.)	Longitud Cauce (m)	S (m/m)	A (m2)	Tc (min)				Intensidad (mm/h)	Q total (m3/s)	Ancho (m)	Alto (m)	Diám (m)	No. De cajas	Q BOX (m3/s)	Cumple / No cumple
			Diámetro (m)	Base (m)	Altura (m)							Kirpich	US Corp	Ven Te Chow	Adop								
1	T4	K0+126.24					102.70	82.62	1248	0.01609	575657.00	23.74	46.68	51.06	40.50	96.5	7.725	2.5	2.5		2	25.898	Cumple
2	T5	K0+792.28					153.00	86.00	2315	0.02894	1045598.00	30.48	66.78	62.85	53.37	84.1	12.222	2.5	2.5		2	25.898	Cumple
3	T6	K0+109.00					74.00	72.10	361	0.00526	151353.00	14.04	22.48	33.00	23.18	127.6	2.685	1.5	1.5		1	3.610	Cumple

NOTA: Los resultados hidráulicos se encuentran el anexo HY8.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Total Discharge	Culvert Discharge	headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	HW / D	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	81.28	0.06	0.0*	0.02	1-S2n	0.01	0.03	0.02	0.07	1.11	0.48
2.09	2.09	81.65	0.43	0.11	0.17	1-S2n	0.11	0.26	0.14	0.41	2.98	1.41
4.08	4.08	81.89	0.67	0.30	0.27	1-S2n	0.17	0.41	0.24	0.60	3.43	1.74
6.07	6.07	82.09	0.87	0.46	0.35	1-S2n	0.22	0.53	0.33	0.75	3.73	1.96
7.72	7.72	82.24	1.02	0.58	0.41	1-S2n	0.26	0.62	0.39	0.86	3.93	2.10
10.05	10.05	82.44	1.21	0.73	0.49	1-S2n	0.31	0.74	0.48	0.99	4.16	2.27
12.04	12.04	82.60	1.37	0.86	0.55	1-S2n	0.35	0.84	0.56	1.09	4.32	2.38
14.03	14.03	82.75	1.52	0.97	0.61	1-S2n	0.39	0.93	0.63	1.18	4.47	2.49
16.02	16.02	82.89	1.66	1.09	0.66	1-S2n	0.42	1.02	0.70	1.27	4.60	2.58
18.01	18.01	83.02	1.80	1.20	0.72	1-S2n	0.46	1.10	0.76	1.35	4.72	2.66
20.00	20.00	83.16	1.93	1.32	0.77	1-S2n	0.49	1.18	0.83	1.42	4.84	2.74

Figura 23: Resultados hidráulicos de box culvert de 2.5x2.5 – K0+126.24_T4. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Crossing - K0+126.242, Design Discharge - 7.72 cms
Culvert - BOX, Culvert Discharge - 7.72 cms

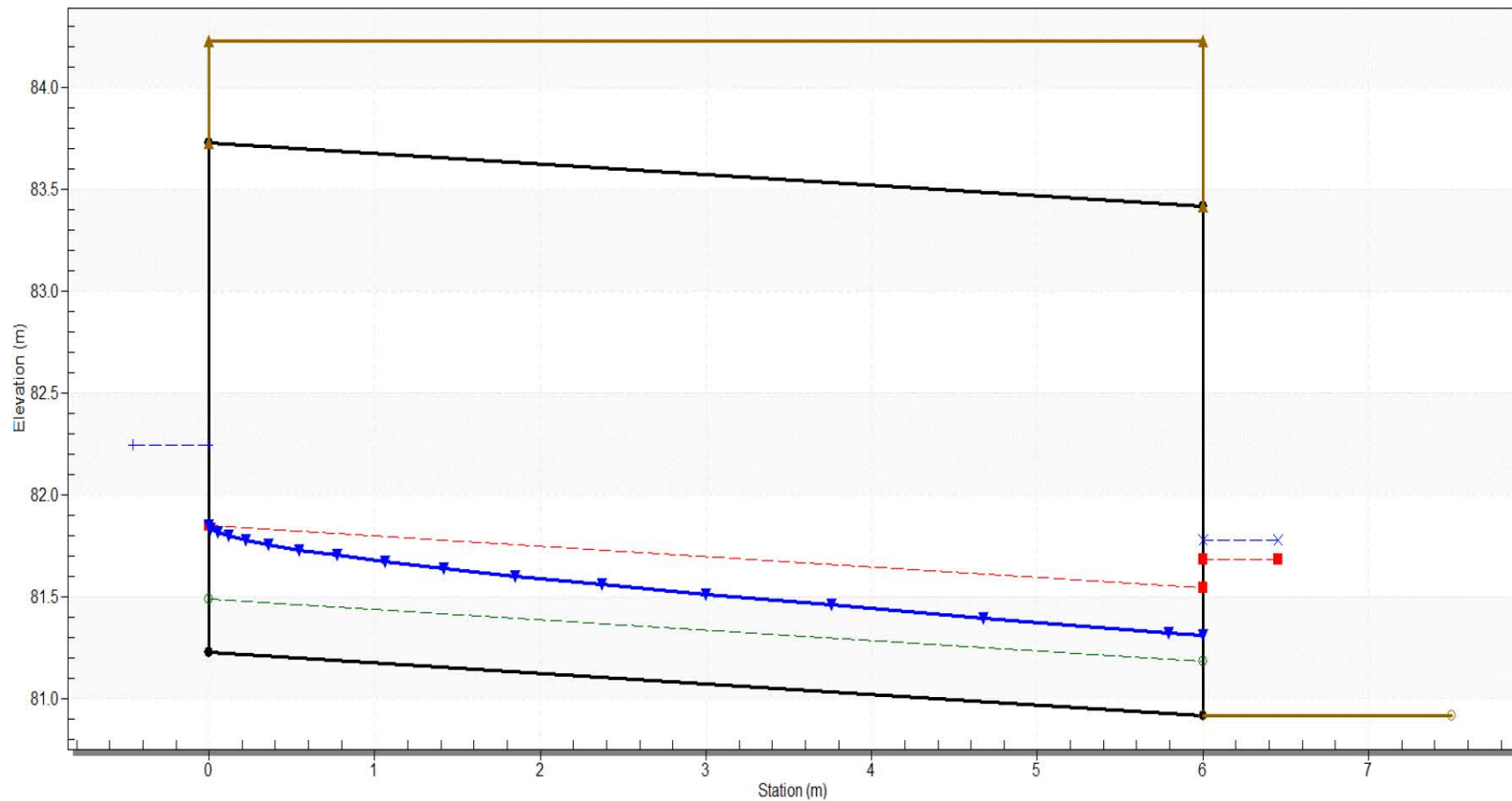


Figura 24: Perfil hidráulico de box culvert de 2.5x2.5– K0+126.24_T4. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

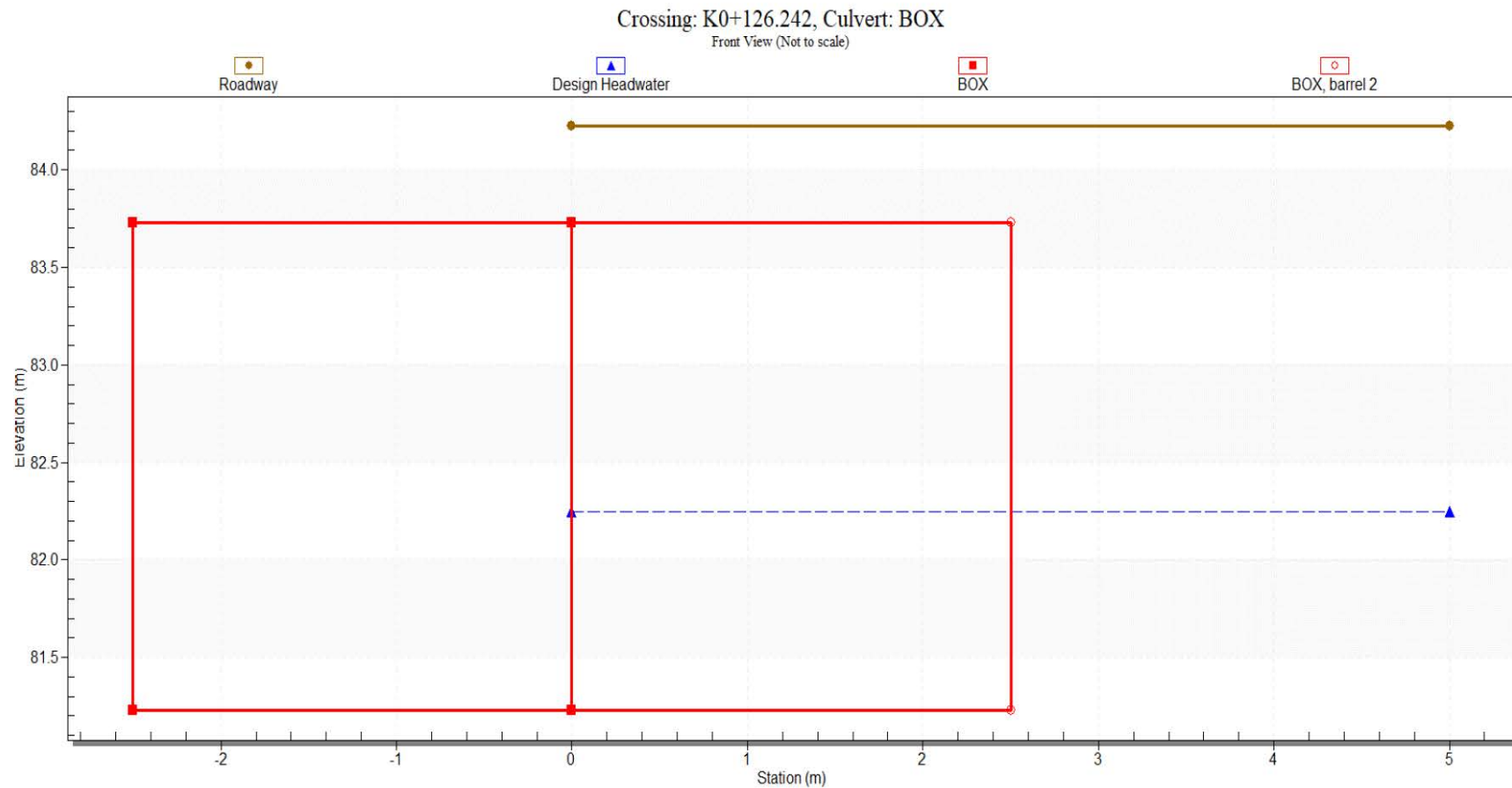


Figura 25: Sección transversal hidráulica de box culvert de 2.5x2.5– K0+126.24_T4. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Total Discharge	Culvert Discharge	Leadwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	HW / D	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	86.06	0.06	0.0*	0.02	1-S2n	0.01	0.03	0.02	0.07	1.13	0.48
2.09	2.09	86.43	0.43	0.10	0.17	1-S2n	0.11	0.26	0.14	0.41	2.98	1.41
4.08	4.08	86.66	0.66	0.30	0.27	1-S2n	0.17	0.41	0.24	0.60	3.44	1.74
6.07	6.07	86.87	0.87	0.46	0.35	1-S2n	0.22	0.53	0.32	0.75	3.74	1.96
8.06	8.06	87.05	1.05	0.60	0.42	1-S2n	0.27	0.64	0.41	0.88	3.97	2.13
10.05	10.05	87.21	1.21	0.73	0.48	1-S2n	0.31	0.74	0.48	0.99	4.16	2.27
12.22	12.22	87.38	1.38	0.86	0.55	1-S2n	0.35	0.85	0.56	1.10	4.34	2.39
14.03	14.03	87.52	1.52	0.97	0.61	1-S2n	0.39	0.93	0.63	1.18	4.48	2.49
16.02	16.02	87.66	1.66	1.09	0.66	1-S2n	0.42	1.02	0.69	1.27	4.61	2.58
18.01	18.01	87.80	1.80	1.20	0.72	1-S2n	0.46	1.10	0.76	1.35	4.73	2.66
20.00	20.00	87.93	1.93	1.31	0.77	1-S2n	0.49	1.18	0.83	1.42	4.85	2.74

Figura 26: Resultados hidráulicos de box culvert de 2.5x2.5 – K0+792.282_T5. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Crossing - K0+792.282, Design Discharge - 12.22 cms
Culvert - BOX, Culvert Discharge - 12.22 cms

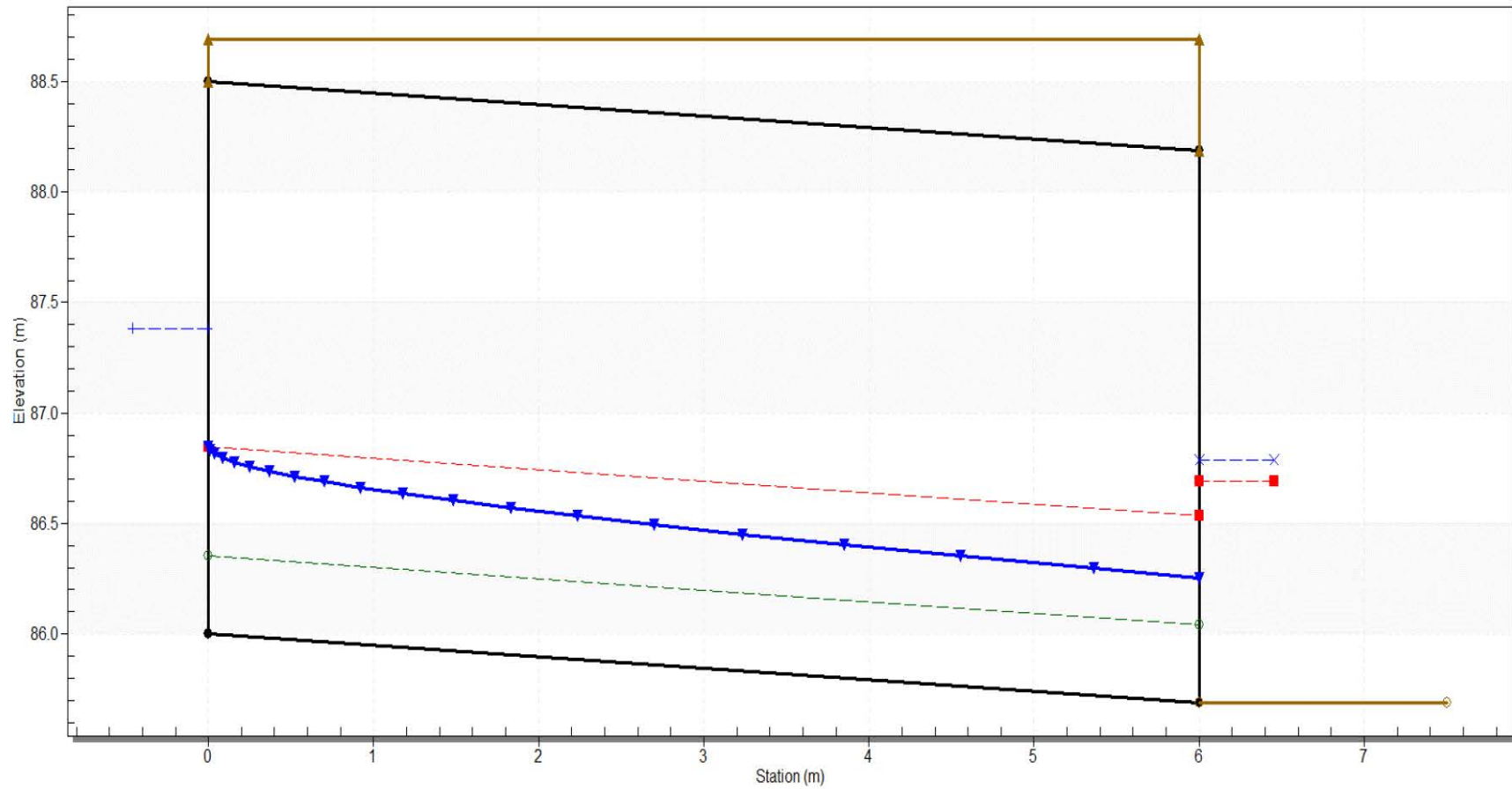


Figura 27: Perfil hidráulico de box culvert de 2.5x2.5 – K0+792.282_T5. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

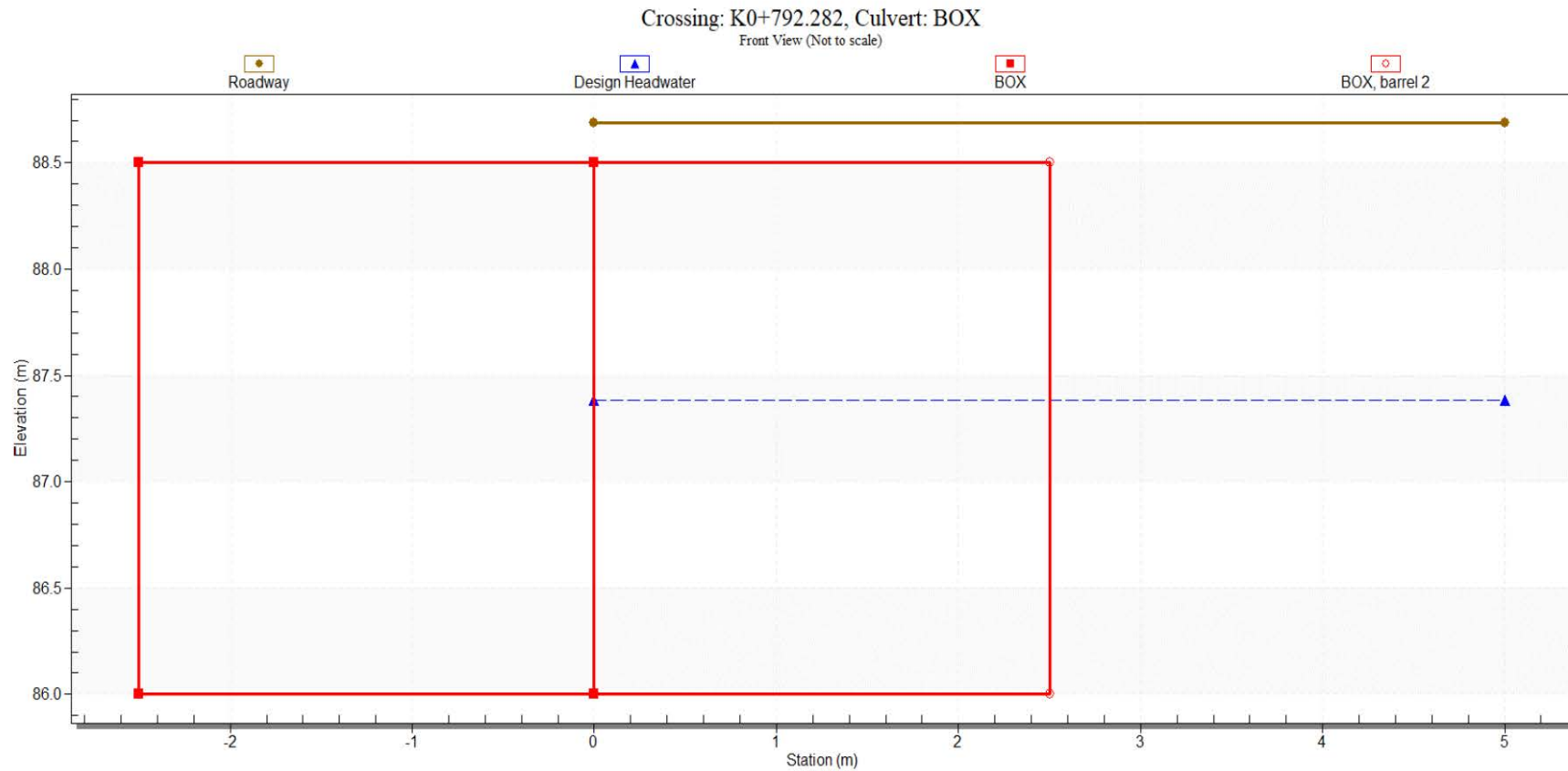


Figura 28: Sección transversal hidráulica de box culvert de 2.5x2.5 – K0+792.282_T5. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Total Discharge	Culvert Discharge	Leadwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	HW / D	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	72.23	0.13	0.0*	0.08	1-S2n	0.04	0.08	0.04	0.07	1.76	0.48
2.68	2.68	73.23	1.13	0.50	0.75	1-S2n	0.31	0.69	0.45	0.47	3.99	1.53
4.08	4.08	73.61	1.51	0.88	1.01	5-S2n	0.41	0.91	0.62	0.60	4.36	1.74
6.07	5.96	74.16	2.06	1.60	1.37	5-S2n	0.54	1.17	0.84	0.75	4.75	1.96
8.06	6.69	74.40	2.30	1.80	1.53	5-S2n	0.58	1.27	0.91	0.88	4.88	2.13
10.05	7.21	74.59	2.49	1.94	1.66	5-S2n	0.62	1.33	0.97	0.99	4.96	2.27
12.04	7.63	74.75	2.65	2.07	1.77	5-S2n	0.64	1.38	1.01	1.09	5.03	2.38
14.03	8.00	74.90	2.80	2.18	1.87	5-S2n	0.67	1.43	1.05	1.18	5.08	2.49
16.02	8.33	75.04	2.94	2.29	1.96	5-S2n	0.69	1.46	1.08	1.27	5.13	2.58
18.01	8.62	75.17	3.07	2.38	2.05	5-S2n	0.70	1.50	1.11	1.35	5.17	2.66
20.00	8.89	75.30	3.20	2.46	2.13	5-S2n	0.72	1.50	1.14	1.42	5.21	2.74

Figura 29: Resultados hidráulicos de box culvert de 1.5x1.5 – K0+190_T6. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Crossing - K0+109, Design Discharge - 2.68 cms
Culvert - BOX, Culvert Discharge - 2.68 cms

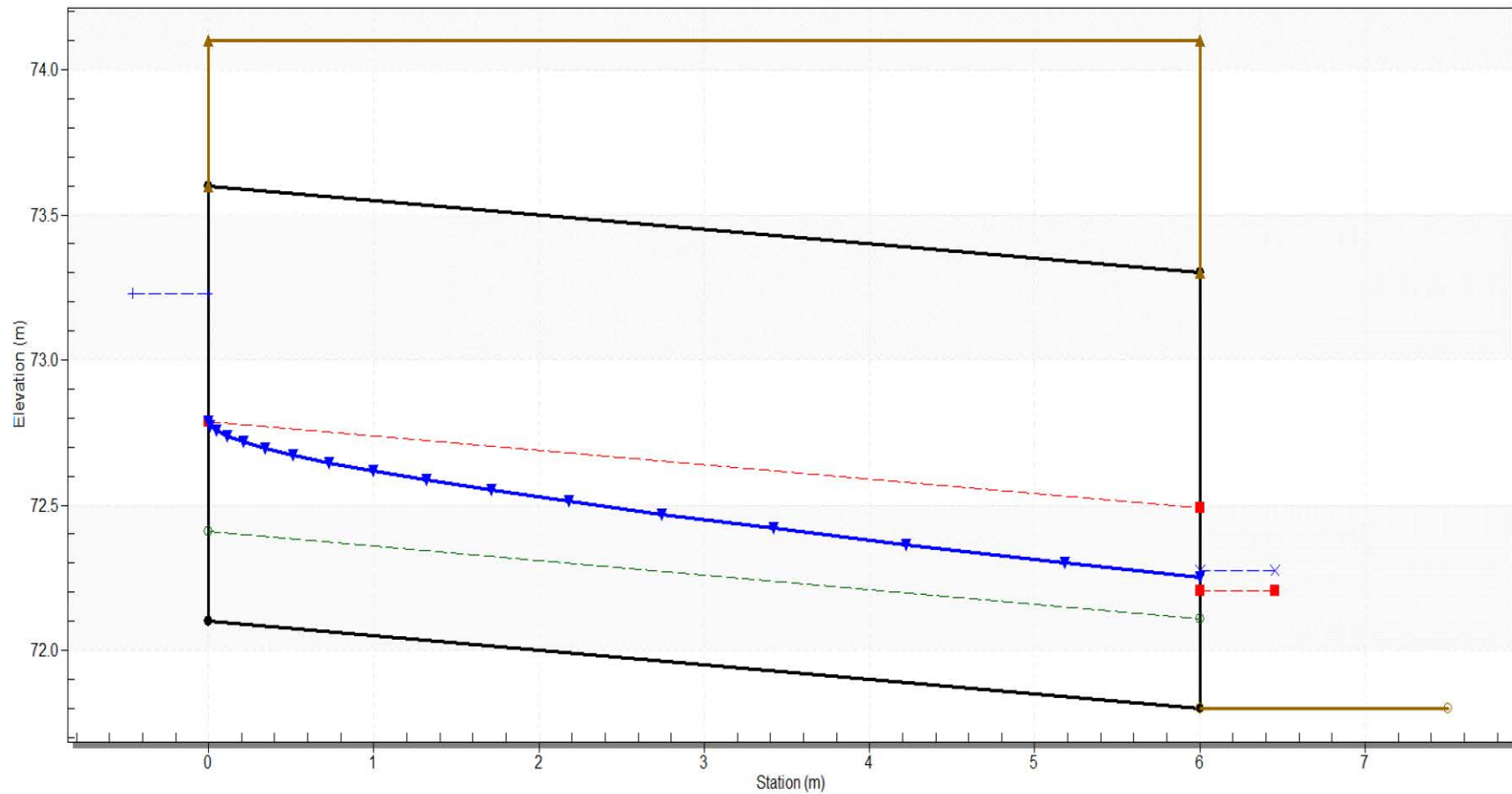


Figura 30: Perfil hidráulico de box culvert de 1.5x1.5 – K0+190_T6. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

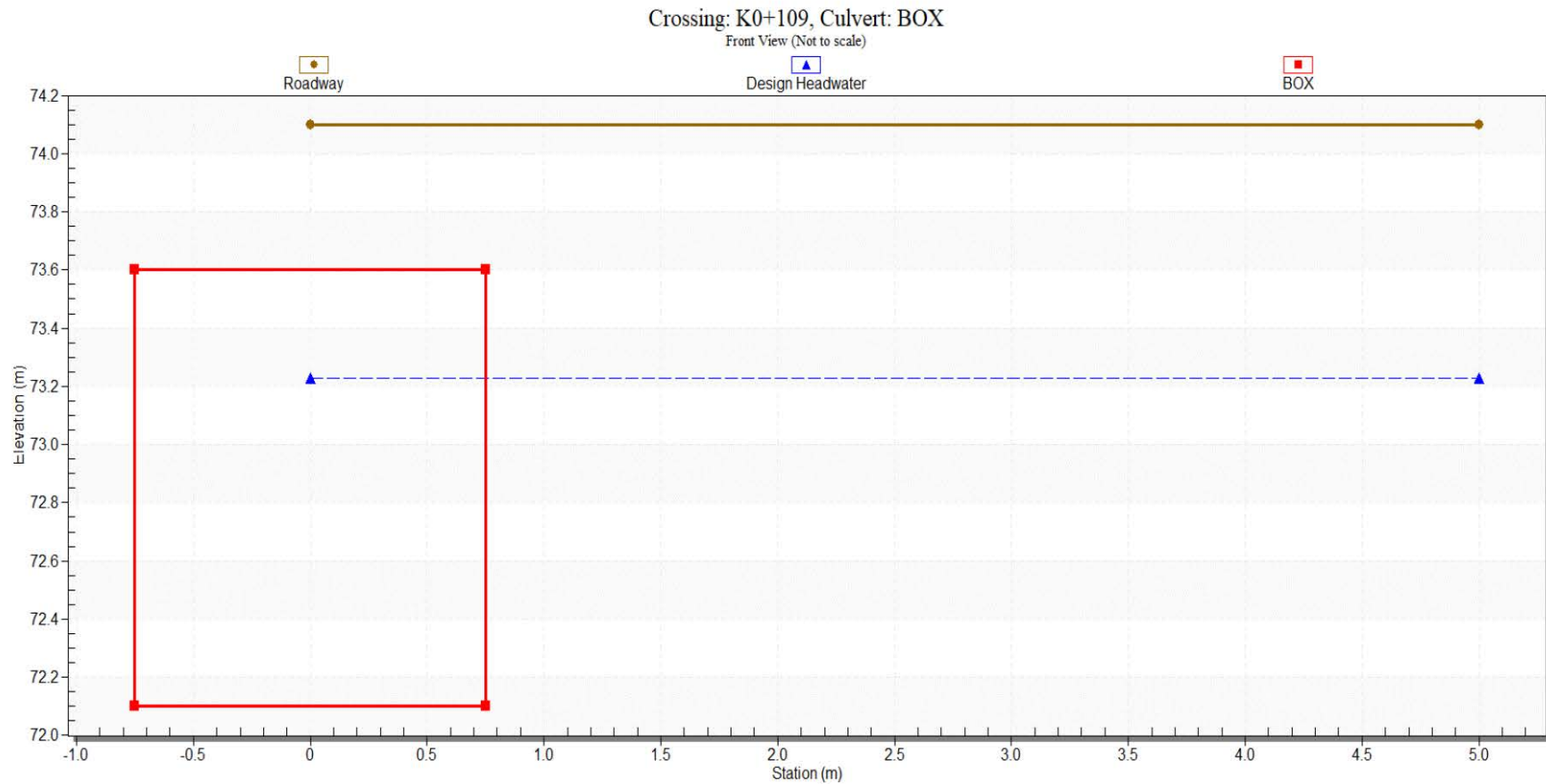


Figura 31: Sección transversal hidráulica de box culvert de 1.5x1.5 – K0+190_T6. Fuente: Elaborado en HY8 (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

Tabla 5-1. Funcionamiento hidráulico para pendiente del 0.5 % y lleno entre 0 y 1 metro bajo el nivel de la vía.

Box Culvert	Caudal (m³/s)	Profundidad a la entrada (m)	HW/D	Tipo de control	Profundidad normal (m)	Profundidad crítica (m)	Profundidad a la salida (m)	Velocidad de salida (m/s)
1.0 X 1.0	0.77	1.00	1	Control Salida	0.41	0.39	0.99	0.78
1.5 X 1.5	1.33	1.51	1	Control Salida	0.42	0.43	1.50	0.59
2.0 X 2.0	1.90	2.01	1	Control Salida	0.42	0.45	2.00	0.48
2.5 X 2.5	2.47	2.51	1	Control Salida	0.42	0.46	2.50	0.40
3.0 X 3.0	3.06	3.01	1	Control Salida	0.42	0.47	3.00	0.34
4.0 X 4.0	4.23	4.01	1	Control Salida	0.42	0.49	4.00	0.26
1.0 X 2.0	0.80	1.00	1	Control Salida	0.24	0.25	1.00	0.40
2.0 X 3.0	1.91	2.01	1	Control Salida	0.31	0.35	2.00	0.32
2.0 X 4.0	1.91	2.01	1	Control Salida	0.26	0.29	2.00	0.24
3.0 X 4.0	3.06	3.01	1	Control Salida	0.34	0.39	3.00	0.26
2.5 X 2.5 Doble	2.49	2.52	1	Control Salida	0.27	0.29	2.50	0.20
3.0 X 3.0 Doble	3.07	3.02	1	Control Salida	0.27	0.30	3.00	0.17
3.5 X 3.5 Doble	3.64	3.50	1	Control Salida	0.27	0.30	3.50	0.15
4.0 X 4.0 Doble	4.24	4.02	1	Control Salida	0.27	0.31	4.00	0.13

Figura 32. Funcionamiento hidráulico de box culvert. Fuente: Guía de obras menores, INVIAS (2020).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

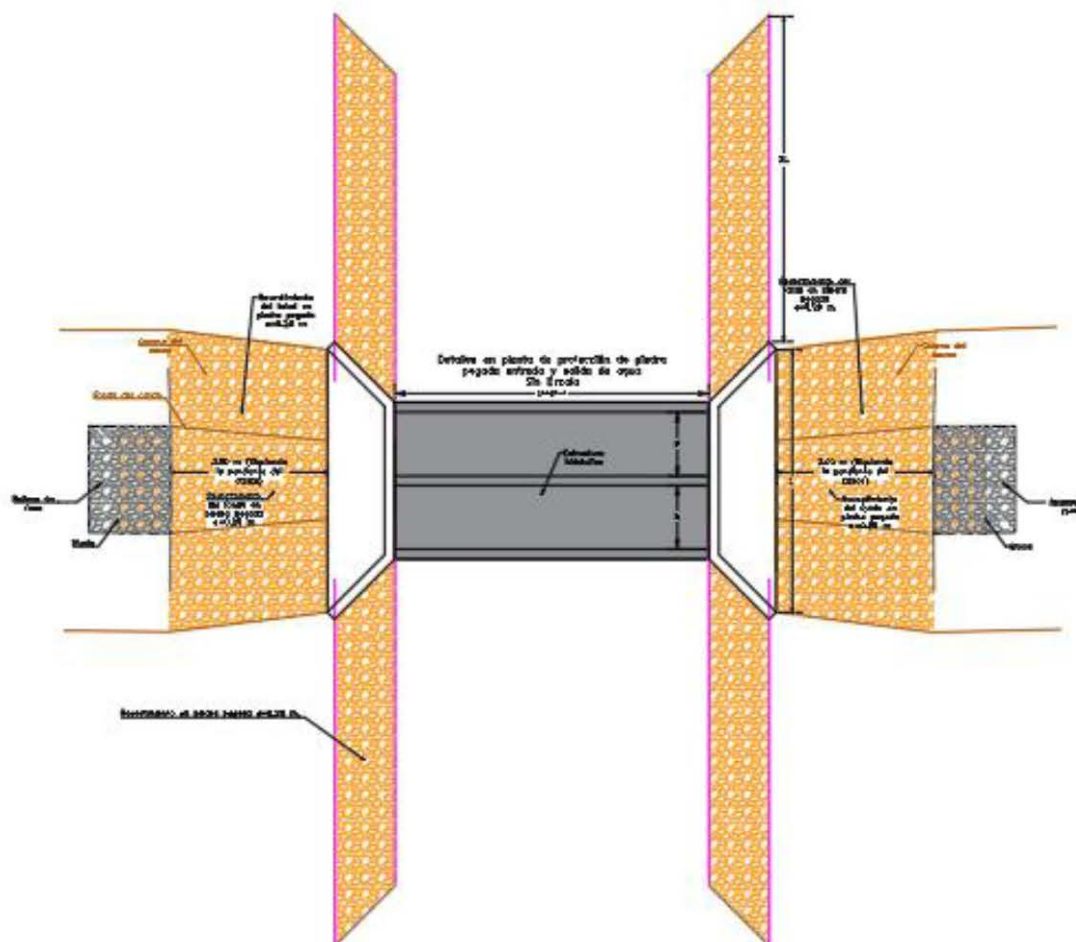


Figura 34. Protección con encofrado en planta para obras de drenaje transversal. Fuente: PECN (2026).

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

11.RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Se le recomienda al contratista seguir todas las recomendaciones y diseños de la presente consultoría.

Se recomienda durante el análisis estructural conservar los parámetros calculados durante el análisis hidrológico y modelación hidráulica; cualquier modificación debe ser comunicada al consultor para evaluar las posibles alternativas de diseño.

Se recomienda durante la etapa de revisión al estudio, ser informado al consultor cualquier observación ya que este es el responsable del estudio.

Se recomienda durante la etapa constructiva conservar todos los parámetros de diseño establecidos por esta consultoría, cualquier modificación debe ser informada para su aprobación.

Se recomienda considerar las observaciones del apartado 8 y sucesivos. Mantener la rasante de la vía que las casas no queden enterradas y que en los casos donde constructivamente no se pueda ejecutar de esa manera deben hacer un sifón invertido con una caja para evacuar las aguas lluvias provenientes de los tejados y en ningún momento se pueden conectar las aguas residuales a los drenajes de aguas lluvias.

Se debe realizar mantenimiento continuo a las obras existentes, con el fin de que la acumulación de residuos no afecte la capacidad hidráulica y de esta manera evitar que se produzcan inundaciones o encharcamientos.

Los caudales de diseño se calcularon utilizando la metodología propuesta en el método racional.

En el estudio hidrológico e hidráulico de la vía, se proyectaron los caudales de escorrentía que se generaba en cada tramo proyectado y se verificó la capacidad

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	 Handasa INGENIERÍA
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

de transporte de la vía, verificando que el tirante normal de la lámina de agua no sobrepasa la altura del bordillo de la berma cuneta por ende los caudales pueden ser evacuados por la sección de la vía y el bordillo.

La capacidad de la vía se realizó conservando las pendientes longitudinales del diseño geométrico.

Las especificaciones técnicas de diseño se soportan en resoluciones, normatividad y bibliografía existente.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

12. REFERENCIAS

- Chow, V. (1959). Hidráulica de Canales Abiertos. Recuperado el 08 de 10 de 2021
- Chow, V. T. (1994). Hidrología Aplicada. Bogotá, D.C.
- Chow, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2000). Hidrología Aplicada. Bogotá: McGRAW-HILL. Recuperado el 26 de 09 de 2021
- Díaz, H. A. (2019). DRENAJE URBANO ELEMENTOS DE DISEÑO. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO.
- Google. (2024). Google Earth Pro. Recuperado el febrero de 2024
- Gupta, R. S. (2017). Hydrology & Hydraulic Systems. Estados Unidos de América.
- IDEAM. (2023). Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. Recuperado el 2 de agosto de 2023, de <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- IDEAM. (2024). Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. Recuperado el febrero de 2024, de <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2017). Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de Inundación. Recuperado el 20 de 04 de 2022
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá, Colombia. Recuperado el 03 de junio de 2021

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

- Ministerio de Transporte de Colombia. (2009). Manual de drenaje para carreteras. Bogotá.
- Ministerio de Transporte; Instituto Nacional de Vías - INVÍAS. (2013). Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRGD - CCP 14.
- Ministerio de Transporte; Instituto Nacional de Vías - INVÍAS. (2022). Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales PROGRAMA COLOMBIA RURAL.
- Ministerio de Transporte; INVÍAS. (2011). Manual de Drenaje de Carreteras.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009". Bogotá, D. C.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). Resolución 0799 de 2021 - "Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017". Bogotá, D. C.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). ♣ Resolución 0908 de 2021 – "Por medio de la cual se corrigen errores formales de la Resolución 0799 de 2021" . Bogotá, D. C.
- Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- Ponce, V. M. (2014). Engineering Hydrology: Principles and Practices. San Diego.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

- Rodríguez Díaz, H. A. (2010). Hidráulica Fluvial. Fundamentos y aplicaciones Socavación. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rodríguez, H. (2010). Hidráulica Fluvial. Fundamentos y aplicaciones Socavación. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Saldarriaga, J. (2019). Hidráulica de tuberías 4a Edición. Bogotá, D.C.
- United States Department of Agriculture. (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds (TR - 55).
- Vargas, & Díaz - Granados. (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad-duración-frecuencia para Colombia.

CÓDIGO: CO-F-002	FORMATO ESTUDIOS HEH	
Fecha: 13/02/2026	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA.	
Versión: 001		

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Montería, mayo de 2026

Yo **JUAN FRANCISCO DURANGO GRISALES**, realice el estudio hidráulico e hidrológico del contrato de referencia siguiendo los requisitos del Manual drenaje de INVIAS (2009, 2013, 2019), y asumo toda la responsabilidad por el alcance de este. Informe requerido para la **“CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO CENTRO ALEGRE, VEREDA SANTANA Y NUEVO PARAISO, EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PLANETA RICA, CÓRDOBA”**, siempre y cuando el constructor cumpla las recomendaciones dichas en el presente informe.

Cualquier modificación al Estudio hidráulico e hidrológico, únicamente con mi autorización directa.

**VALIDO PARA HEH PAV URBANO
EN CENTRO ALEGRE**

JUAN FRANCISCO DURANGO GRISALES
ING. CIVIL - M.SC. RECURSOS HÍDRICOS
C.C. 1067939423 - M.P. 22202339714COR