ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A REALIZAR POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CMA-SIM-017-2024

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

INFORME ESTUDIO HIDROLOGIA, HIDRAULICO Y SOCAVACIÓN GRUPO PROYECTO 2

Versión 1

DICIEMBRE DE 2024
BOGOTÁ D.C.

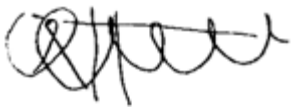
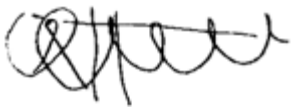
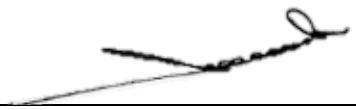
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

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

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Noviembre - 2024	Versión Inicial	49

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

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

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

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

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

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 10
2 OBJETIVOS 11
2.1 OBJETIVO GENERAL 11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 12
4 METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS 15
5 LOCALIZACIÓN 16
6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE 20
7 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA 21
7.1 ANÁLISIS DE LLUVIAS 22
7.1.1 VARIACIÓN TEMPORAL DE PRECIPITACIÓN 22
7.1.2 CURVA DE INTENSIDAD, DURACIÓN Y FRECUENCIA 26
7.2 DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS DE DRENAJE POR ESTRUCTURA 30
7.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 37
7.4 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA 37
7.5 PERIODO DE RETORNO 46
7.6 INTENSIDAD DE LLUVIAS 47
7.7 CAUDALES DE DISEÑO 47
8 INFORMACIÓN HIDRÁULICA 57
8.1 ANÁLISIS HIDRÁULICO 57
8.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD 58
8.3 PENDIENTE 58
8.4 VELOCIDADES MÍNIMAS 58
8.5 VELOCIDADES MÁXIMAS 59
9 SISTEMA PLUVIAL 75
9.1 CONSIDERACIONES GENERALES 75
9.2 DRENAJE SUPERFICIAL 75
9.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS CUNETAS Y CANALETAS 77

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

10 SUMIDEROS DE REJILLA SOBRE UN PUNTO BAJO O UNA DEPRESIÓN 80
10.1.1 ANÁLISIS DE NIVEL DE SALIDAS DE AGUAS LLUVIAS DOMICILIARIAS 89
11 DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS 90
11.1 CÁLCULO HIDRÁULICO DE BOX CULVERTS 92
11.2 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES 93
11.3 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS PROPUESTAS 93
12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 97
13 BIBLIOGRAFÍA 98

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tramos viales para diseñar ----------16
Tabla 2. Parámetros Climáticos Promedio AEROPUERTO LOS GARZONES (Montería) ----------19
Tabla 3. Información de la Estación Hidro climatológica Identificada.--------21
Tabla 4: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación BOCA DE LA CEIBA_EST ---------- 22
Tabla 5. Resultados Prueba Smirnov Kolmogorov estación Boca de La Ceiba. ----------24
Tabla 6. Resultados Prueba Chi² estación Boca de La Ceiba. ----------24
Tabla 7. Precipitaciones máximas para la distribución de frecuencia Log Normal Estación Boca de La Ceiba. ---------- 26
Tabla 8. Parámetros de Construcción de Curvas IDF Estación Boca de La Ceiba ---------- 27
Tabla 9. Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas Boca de La Ceiba.- 28
Tabla 10. Valores de Intensidad para Diferentes Periodos de Retorno, Estación Bocas de La Ceiba ---------- 29
Tabla 11. Áreas Tributarias Eje 1. ---------- 33
Tabla 12. Áreas Tributarias Eje 2. ---------- 33
Tabla 13. Áreas Tributarias Eje 3. ---------- 33
Tabla 14. Áreas Tributarias Eje 4. ---------- 33
Tabla 15. Áreas Tributarias Eje 5. ----------34
Tabla 16. Áreas Tributarias Eje 6.----------34
Tabla 17. Áreas Tributarias Eje 7.---------- 35
Tabla 18. Áreas Tributarias Eje 8. ---------- 35
Tabla 19. Áreas Tributarias Eje 9.---------- 35
Tabla 20. Áreas Tributarias Eje 10.---------- 36
Tabla 21. Áreas Tributarias Eje 11. ---------- 36
Tabla 22. Áreas Tributarias Eje 12. ---------- 36
Tabla 23. Valores del Coeficiente de Escorrentía en Áreas Urbanas.---------- 38
Tabla 24. Coeficientes de escorrentía eje 1. ---------- 39
Tabla 25. Coeficientes de escorrentía eje 2.---------- 39

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 26. Coeficientes de escorrentía eje 3.----40
Tabla 27. Coeficientes de escorrentía eje 4. ----40
Tabla 28. Coeficientes de escorrentía eje 5.---- 41
Tabla 29. Coeficientes de escorrentía eje 6. ---- 41
Tabla 30. Coeficientes de escorrentía eje 7. ----42
Tabla 31. Coeficientes de escorrentía eje 8. ----43
Tabla 32. Coeficientes de escorrentía eje 9.----44
Tabla 33. Coeficientes de escorrentía eje 10.----44
Tabla 34. Coeficientes de escorrentía eje 11. ----45
Tabla 35. Coeficientes de escorrentía eje 12.----45
Tabla 36. Valores de periodo de retorno para diferentes obras----46
Tabla 37. Cálculo de caudales Eje 1.----49
Tabla 38. Cálculo de caudales Eje 2.----49
Tabla 39. Cálculo de caudales Eje 3.----50
Tabla 40. Cálculo de caudales Eje 4. ----50
Tabla 41. Cálculo de caudales Eje 5. ----51
Tabla 42. Cálculo de caudales Eje 6.----51
Tabla 43. Cálculo de caudales Eje 7.---- 53
Tabla 44. Cálculo de caudales Eje 8. ---- 53
Tabla 45. Cálculo de caudales Eje 9.----54
Tabla 46. Cálculo de caudales Eje 10.---- 55
Tabla 47. Cálculo de caudales Eje 11. ---- 56
Tabla 48. Cálculo de caudales Eje 12.---- 56
Tabla 49. Velocidades y fuerza tractiva máximas permisibles.----60
Tabla 50. Velocidades máximas en canales revestidos (m/s)----60
Tabla 51. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 1.----61
Tabla 52. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 2. ---- 62
Tabla 53. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 3. ---- 62
Tabla 54. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 4. ---- 63
Tabla 55. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 5. ----64
Tabla 56. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 6. ---- 65

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 57. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 7. ---------- 68
Tabla 58. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 8. ---------- 69
Tabla 59. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 9. ---------- 70
Tabla 60. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 10. ---------- 72
Tabla 61. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 11. ---------- 72
Tabla 62. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 12. ---------- 73
Tabla 63. Límites de Inundación permisibles de cunetas en vías urbanas. - 77
Tabla 64. Parámetros de diseño zona de Inundación. ---------- 77
Tabla 65. Longitud máxima de saturación Cuña para un ancho de calzada de 6.00 m. ---------- 78
Tabla 66: Comprobación hidráulica de sumidero lateral para drenaje. ------ 83
Tabla 67. Análisis de sumideros.---------- 84
Tabla 64: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje 3. ------- 86
Tabla 65: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje 1. -------- 86
Tabla 66: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje .6 ------- 86
Tabla 67: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje .8.------- 87
Tabla 67: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje 12. ------ 88
Tabla 71. Características de caudal en alcantarillas de cajón. ---------- 92
Tabla 69: Inventario de obras existentes. ---------- 93
Tabla 70: Inventario de obras propuestas. ---------- 93
Tabla 71. Comprobación hidráulica obras de drenaje transversal.---------- 94

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

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

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sector----------17
Figura 2. Localización del sector ----------17
Figura 3. Localización del sector ---------- 18
Figura 3. Localización del sector ---------- 18
Figura 4. Hidrografía Municipio de Montería.----------20
Figura 5. Localización de las Estaciones Cercanas al Área de -estudio (Boca de La Ceiba). ----------21
Figura 6. Variación mensual de la precipitación en la estación Boca de La Ceiba.---------- 23
Figura 7. Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de probabilidad en la estación Boca de La Ceiba. ---- 25
Figura 8. Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a funciones de probabilidad Log Normal y Log Pearson III. en la estación Boca de La Ceiba.---------- 25
Figura 9. Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia, Estación Boca de la Ceiba.---------- 29
Figura 10. Sección trasversal zonas de inundación ----------30
Figura 11. Áreas tributarias comunas 6.----------31
Figura 12. Áreas tributarias comuna 2.----------31
Figura 13. Áreas tributarias comuna 7 ---------- 32
Figura 13. Áreas tributarias comuna 7 ---------- 32
Figura 14. Curva Capacidad Vs Pendiente para un ancho de calzada de 6.00 m.---------- 79
Figura 15. Zona de Inundación en Sección de Vía.----------80
Figura 16: Detalle de sumidero y canal anden propuesto. ---------- 85
Figura 18. Perfil de box culvert de 1.7X1.5m del eje 8 en Hy8.---------- 95
Figura 19. Sección transversal de box culvert de1.7X1.5m del eje 8. ---------- 95
Figura 20. Perfil de box culvert de 1.5x1.5m del eje 6 en Hy8.----------96
Figura 21. Sección transversal de box culvert de 1.5x1.5m del eje 6. ----------96

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

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

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Datos originales estación climatológica.

Anexo 2. Análisis hidro-estadísticos.

Anexo 3. Cálculos hidráulicos.

Anexo 4. Evaluación de áreas aferentes.

Anexo 5. Planos hidráulicos.

Anexo 6. Análisis de cuencas.

Anexo 7. Análisis HY8.

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

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

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe correspondiente al volumen VII de los estudios y diseños de hidrología e hidráulica requeridos en el proyecto de "DISEÑO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA" conforme al contrato de obra No. ICCU-1246 de 2023; contiene los resultados hidrológicos e hidráulicos para los diferentes segmentos viales urbanos correspondientes al grupo de prioridad 3 de la comuna 2,6,7 y 8 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba.

El desarrollo de los estudios se efectúa a partir de la información cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) e información hidroclimatológica de la red de estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y Del San Jorge en el departamento de Córdoba.

El alcance de los estudios hidrológicos comprende el análisis de lluvias de los tramos en estudio y la obtención de caudales a diferentes periodos de retorno para el diseño de las estructuras de drenaje, así como también comprende la valoración de los parámetros morfométricos principales de la cuenca, la evaluación de lluvias de diseño, proyección de caudales, a través de la aplicación de modelos Lluvia-Caudal, como lo es el propuesto por el Soil Conservation Service.

Respecto a los cálculos hidráulicos, se determinan en primera instancia las estructuras existentes a partir de la actualización del inventario de obras del corredor. Posteriormente, se realiza el diseño de las nuevas obras conforme a las variaciones del diseño geométrico o por requerimientos hidrológicos.

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

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

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio hidrológico, hidráulico y de drenaje para las comunas 2,6,7, y 8 según el contrato de obra No. ICCU-1246 de 2023 cuyo objeto es “DISEÑO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA”.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar estudios hidrológicos de los tramos urbanos en el municipio de Montería dispuestos en el grupo 3 de intervención, con el fin de determinar el régimen de lluvias y definir los caudales de las áreas que aportan al proyecto.

- Desarrollar estudios hidráulicos de las estructuras necesarias para el manejo y control de las aguas superficiales dentro del área de influencia del corredor vial. Esto incluye la definición de los parámetros hidráulicos requeridos para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje y obras de protección, en cumplimiento con la normativa vigente establecida en el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2009).

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

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

3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Dado que el presente informe relaciona un abundante lenguaje técnico, la Consultoría ha considerado incluir una breve explicación, a manera de definición, de algunos conceptos y términos técnicos para compresión del lector.

Área tributaria. Superficie que drena hacia un tramo o un punto determinado.

Arcilla. Partículas cuyo diámetro es del orden de 0,00024 a 0,004 mm.

Arena. Fragmento de roca, cuyo diámetro es del orden de 0,062 a 2,0 mm.

Caudal. Relación entre el volumen de agua contra el tiempo producido por una corriente de agua.

Coeficiente de escorrentía. Relación que existe entre la escorrentía y la cantidad de agua lluvia que cae en una determinada área.

Coeficiente de rugosidad. Parámetro que representa el efecto friccional del contorno del lecho en un río o de un conducto sobre el flujo.

Contracción. Efecto natural de reducción en un cauce o la constricción que ejerce un puente sobre las líneas del flujo de la corriente.

Cuenca. Una cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a traes de una salida simple.

Curvas intensidad – duración - frecuencia. Curvas que relacionan la intensidad de precipitación contra la frecuencia (periodo de retorno) y el tiempo de duración de la lluvia.

Diámetro medio aritmético, D50. Corresponde al diámetro del material promedio en peso; es decir, el tamaño del material en las abscisas de la curva granulométrica que corresponde al 50 por ciento en las ordenadas.

Drenaje. Remoción natural o artificial del agua superficial y subsuperficial de un área determinada.

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

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

Escorrentía. Agua que escurre por los terrenos de la hoya hidrográfica superficialmente (escorrentía superficial) o subterráneamente (escorrentía subterránea).

Estación limnigráfica. Estación en una sección transversal de una corriente de agua en la cual se llevan a cabo medidas continúas de lecturas de mira.

Estación limnimétrica. Estación en una sección transversal de una corriente de agua en la cual se llevan a cabo medidas discontinuas de lecturas de mira.

Granulometría. Distribución dimensional de las partículas de un suelo o agregado, la cual se expresa por la proporción en peso de material existente de cada tamaño.

Grava. Fragmento de roca, cuyo diámetro oscila entre 2 a 64 mm

Hidrograma de creciente. Es la relación entre el caudal y el tiempo para un evento de creciente en una hoya hidrográfica.

Hietograma de precipitación. Es la relación entre la lluvia y el tiempo en un diagrama de barras.

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

Infiltración: Formación de un paso de agua en forma de conducto a través de materiales naturales o artificiales, cuando las resultantes de todas las fuerzas que actúan sobre las partículas del suelo tienen una componente vertical en el sentido de la gravedad.

Limo. Partículas cuyo diámetro es del orden de 0,004 a 0,062 mm.

Lluvia neta o efectiva. Es la lluvia que causa escorrentía superficial. Es igual a la lluvia total menos la intercepción menos la detención superficial y menos la infiltración.

Longitud resultante. Longitud de la trayectoria de flujo que sigue la línea de la pendiente resultante, medida desde el punto más alto de la pendiente hasta que el punto en que el agua abandona la corona.

Márgenes, a la izquierda (o la derecha). Lados de un cauce como se ve en la dirección hacia aguas abajo. Lados de un cauce entre los que el flujo es normalmente confinado.

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

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

Material del lecho. Material encontrado en y sobre el lecho de una corriente (puede ser transportado como carga de fondo o en suspensión).

Orientación de la trayectoria de flujo. Ángulo entre la pendiente transversal de la carretera y la pendiente resultante.

Pendiente resultante. Pendiente a través de la cual fluye el agua superficial, que se obtiene como resultado de la combinación de las pendientes transversal y longitudinal de la corona.

Periodo de retorno. Número de años que en promedio la magnitud de un evento extremo es igualada o excedida.

Precipitación. Caída del agua desde la atmósfera al suelo en forma líquida y sólida.

Profundidad de socavación. Distancia vertical que desciende un cauce por socavación a partir de un nivel de referencia.

Registro pluviográfico. Registro de precipitación obtenido por medio de un pluviógrafo (aparato que registra medidas continuas en el tiempo de precipitación).

Registro pluviométrico. Registro de precipitación obtenido por medio de un pluviómetro (aparato que registra medidas discontinuas en el tiempo de precipitación).

Socavación. Erosión del lecho o de las márgenes debido a corrientes de agua; frecuentemente se considera como localizada (ver socavación local, socavación por contracción y socavación total).

Thalweg. Línea a lo largo de una corriente que sigue la mayor profundidad del lecho en el cauce.

Tiempo al pico de la hoya. Tiempo entre el inicio de la lluvia efectiva y el caudal pico del hidrograma unitario de escorrentía superficial.

Tiempo de concentración. Tiempo de recorrido de la escorrentía superficial desde el punto más alejado de la cuenca de drenaje hasta el punto de salida considerado. En alcantarillados es la suma del tiempo de entrada y de recorrido.

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

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

Vallado. Depresión del terreno natural o artificial destinada a conducir aguas producto de las lluvias. Sistema de drenaje tipo canales en tierra.

4 METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS

El procedimiento para la realización de los estudios de hidrología e hidráulica contempla los siguientes parámetros:

- Realización de una visita técnica en las vías en estudio, ubicadas en el municipio de Montería, en el departamento de Córdoba.
- Análisis de la información hidrometeorológica y cartográfica recopilada de la zona de estudio, con el fin de identificar las variables involucradas en el estudio hidrológico.
- Evaluación de la precipitación media mediante un análisis de la distribución temporal y espacial de la lluvia que podría afectar las actividades de construcción.
- Determinación de las áreas de drenaje tributarias correspondientes al tramo a diseñar.
- Cálculo de los caudales máximos para el periodo de retorno de 10 años, a través de la construcción de un modelo lluvia-caudal o mediante la proyección de caudales, dependiendo de la disponibilidad de información hidrométrica.
- Diseño del drenaje vial basado en los levantamientos topográficos y el diseño geométrico del proyecto.
- Determinación de los parámetros hidráulicos de las obras diseñadas, utilizando la geometría obtenida de la topografía, el trabajo de oficina, y los registros y observaciones de campo.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta para los diseños de las demás disciplinas y actividades durante la etapa de construcción.

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

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

5 LOCALIZACIÓN

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del Municipio de Montería en las comunas 2, 6, 7 Y 8, en el Departamento de Córdoba. A partir de la condición actual de la vía y el análisis interdisciplinario, se realizó el análisis de la escorrentía y sistema de drenaje para cada uno de los corredores.

El diseño está orientado al mejoramiento del drenaje actual de los corredores.

A continuación, se presentan las vías objeto del estudio correspondientes al Grupo 3 y una imagen del sector en la Figura 1:

Tabla 1. Tramos viales para diseñar

CONSECUTIVO	N EJE	ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD (m)	BARRIO	DIRECCION
PROYECTO N°3					
1	8	5.00	250.57	LAS VIÑAS, CASITA NUEVA Y LA ESMERALDA	CALLE 29A ENTRE LAS CRAS 4W Y 9W
2	9	5.00	50.44		CRA 8EW ENTRE LAS CALLES 26 Y 30A
3	6	5.00	81.40	EL ALIVIO, VILLA ROCIO Y ED. LOPEZ	CALLE 10A ENTRE LA CALLE 22 Y CRA 16B
4	7	5.00	496.96		CARRERA 25 ENTRE LAS CALLES 9C Y 22
5	5	5.00	254.10	6 DE MARZO	CALLE 11D ENTRE LAS CRAS 16 Y 17A
6	4	4.00	855.16		CRA 16A ENTRE LA DIAGONAL 13 Y CALLE 10A
7	2	4.00	379.44		CALLE 10A ENTRE LAS CRAS 16A Y 16B
8	3	5.00	555.46		CRA 16B ENTRE LAS CALLES 10A Y 9B
9	1	5.00	333.01		CALLE 9B ENTRE LA TRANS 14 Y CRA 16B
10	11	4.00	43.35	VILLA DEL RIO	CALLE 48B ENTRE LA CRA 11 Y CALLE 48
11	10	6	100.53		CRA 8 ENTRE LAS CALLES 48 Y 49
12	12	4.00	897.17	VILLA CIELO	CALLE 53 ENTRE LAS CRAS 40 Y 44

Fuente. Esta consultoría, 2024

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

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

Figura 1. Localización del sector



Fuente. Google (2024). [comunas 6 de Montería Córdoba]. Google Earth. https://www.googleearth.com

Figura 2. Localización del sector



Fuente. Google (2024). [comuna 2 de Montería Córdoba]. Google Earth. https://www.googleearth.com

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

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

Figura 3. Localización del sector



Fuente. Google (2024). [comuna 7 de Montería Córdoba]. Google Earth. https://www.googleearth.com

Figura 4. Localización del sector



Fuente. Google (2024). [comuna 8 de Montería Córdoba]. Google Earth. https://www.googleearth.com

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

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

La topografía de Montería es básicamente plana, con algunas elevaciones de menor importancia. La parte occidental de la ciudad está surcada por la serranía de Las Palomas. Al norte limita con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete, Puerto Escondido y Los Córdobas.

La ciudad está surcada por numerosos caños y riachuelos, la principal fuente hídrica de Montería la constituye el río Sinú.

El clima de la ciudad de Montería es cálido tropical con una estación de sequía y una de lluvias a lo largo del año. La temperatura promedio anual de la ciudad es de 28°C con picos superiores a 40°C en temporada canicular. La humedad relativa promedio es de 78%

A continuación, se presentan los parámetros climáticos más comunes del municipio de Montería:

Tabla 2. Parámetros Climáticos Promedio AEROPUERTO LOS GARZONES (Montería)

MEDIOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PRECIPITACION	3.3	16.1	25.7	85.9	158	151	147	170	178	174	86.2	35.1
No. DIAS	1	1	1	5	9	8	8	10	10	9	6	2
T.MED MAX	34.6	35.3	35.8	35.6	35	35	34.6	34.5	34.3	33.6	33.1	33.5
TEMP. MEDIA	28.8	28	28.2	28.8	28.4	28.5	28.6	28	28.2	28.2	27.9	27.9
T.MED MIN	21.1	20.8	20.6	20.5	21	22.3	20.8	20.3	19.9	20.9	21.1	20.5
T.MAX ABS	35.6	37	37	36.9	35.5	35.8	35.8	35.3	36.5	34.6	34.2	35
T.MIN ABS	20	20	19.9	19	20	22	19.8	19.4	19.6	20	20	20
HUMEDAD	72	76	76	75	79	79	78	81	80	79	80	80
NUBOSIDAD	4	5	5	5	6	6	5	6	6	6	5	5
BRILLO	174	136	129	109	113	125	160	137	111	93.1	112	144

Fuente. IDEAM.

El proyecto tiene como objetivo mejorar la infraestructura del casco urbano del municipio de Montería, permitiendo una mayor fluidez vehicular y peatonal. Asimismo, se espera que estas mejoras fomenten el desarrollo económico y social, al mejorar el acceso a comercios, servicios públicos y zonas residenciales.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

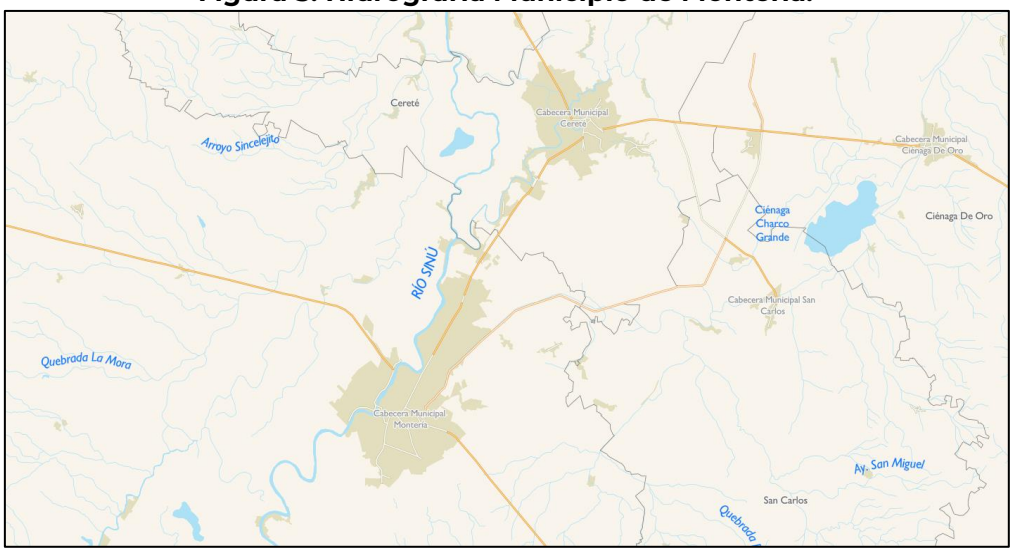
El proyecto de intervención vial se ubica en el centro urbano del municipio de Montería, con una longitud de aproximadamente 2.8 km. Las vías por intervenir, tiene un ancho de calzada variable entre 5 m y 10.5 m, compuesta por dos carriles de circulación pavimentados en concreto hidráulico.

El sistema de drenaje asociado al área de intervención se caracteriza por estar en una zona de relieve plano, donde predomina la vegetación típica de la región, con abundancia de pastos limpios y áreas de cultivos en las zonas aledañas. A lo largo de los corredores, se observan múltiples cruces de pequeños cuerpos de agua que forman parte de la red hídrica local, incluyendo canales y caños menores que desembocan en el río Sinú, así como zonas de escorrentía superficial.

La infraestructura de drenaje existente incluye una combinación de canales que permiten el paso de las aguas pluviales y la escorrentía de un lado al otro de la vía. Estos canales están distribuidos en puntos clave a lo largo del tramo intervenido, asegurando el manejo adecuado de las aguas que atraviesan el centro urbano y evitando posibles afectaciones a las áreas circundantes.

Además, se identifican varios cruces de quebradas y caños que interceptan la vía, donde se proyecta mejorar la capacidad de los sistemas de drenaje transversales para evitar posibles inundaciones en periodos de lluvia intensa, comunes en la región de Montería debido a su clima cálido y húmedo. Los sistemas de drenaje serán adecuados para permitir un flujo continuo de las aguas y mitigar riesgos de afectación a la infraestructura vial.

Figura 5. Hidrografía Municipio de Montería.



Fuente: IGAC.

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

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

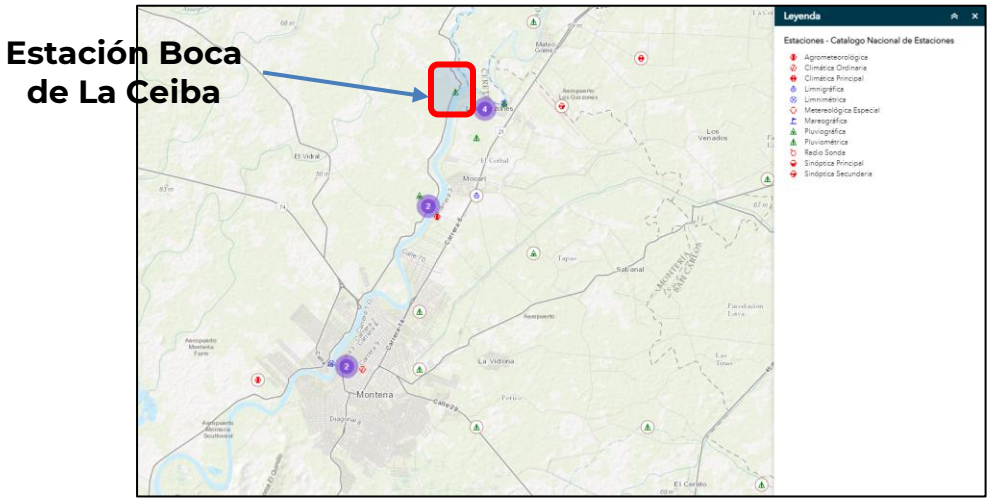
7 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

El desarrollo de los estudios se efectúa a partir de la información cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) e información hidroclimatológica de la red de estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

El alcance de los estudios hidrológicos comprende el análisis de lluvias del área en estudio y obtención de caudales a diferentes periodos de retorno para el diseño de las estructuras proyectadas.

En la Figura 3, se observa la localización de las estaciones cercanas a la zona del proyecto. En la Tabla 3 se relacionan las estaciones hidroclimatológicas de la zona de estudio seleccionadas. La estación empleada para la obtención de precipitaciones es la Estación Boca de Ceiba, esta estación es la más cercana al proyecto que se encuentra activa y con información de una serie de datos desde el año 1970 al 2023 que se encuentra en una elevación de 20 msnm, altura que representa la elevación en la que se encuentra el trazado de la vía de estudio. La información de los datos hidrológicos se encuentra en el **Anexo 1.** .

Figura 6. Localización de las Estaciones Cercanas al Área de -estudio (Boca de La Ceiba).



Fuente: IDEAM, editada por Autores

Tabla 3. Información de la Estación Hidro climatológica Identificada.

N	CÓDIGO	TIPO	NOMBRE	MUNICIPIO	COORDENADAS		ALTURA (msnm)	FECHA DE INSTALACIÓN	FECHA DE SUSPENCIÓN
					LATITUD	LONGITUD			
1	13070070	Pluviométrica	Boca de La Ceiba	Montería	8.829917	-75.856111	20	15/01/1970	

Fuente. IDEAM.

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

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

7.1 ANÁLISIS DE LLUVIAS

La caracterización de lluvias para la zona de estudio se realizó a partir de los registros de la estación Boca de La Ceiba del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, la cual se encuentra ubicada en una elevación de 20msnm; estación que cuentan con registro de datos desde el año 1994 al año 2023.

7.1.1 VARIACIÓN TEMPORAL DE PRECIPITACIÓN

Los valores de precipitación no presentan grandes cambios en la mayoría de los años, lo que contribuye a mantener un factor climático casi homogéneo, con precipitaciones mayores a 1000 mm. En las tablas siguientes se muestra el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación BOCA DE LA CEIBA_EST, la cual registra mayores valores de precipitación media anual.

Tabla 4: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación BOCA DE LA CEIBA_EST

AÑO	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)		
	MÁXIMA	MÍNIMA	TOTAL ANUAL
1994	109	0	1702
1995	82	0	1243
1996	94	0	1467
1997	90	0	1106
1998	86	0	1417
1999	105	0	1118
2000	130	0	1178
2001	102	0	4652
2002	84	0	3588
2003	112	0	4990
2004	84	0	4243
2005	84	0	4932
2006	98	0	5294
2007	86	0	5949
2008	110	0	5549
2009	80	0	4449
2010	97	0	5476
2011	90	0	5451
2011	90	0	5451
2012	130	0	4956
2013	108	0	4563
2014	135	0	4237
2015	95	0	4719
2016	100	0	5047
2017	106	0	4966
2018	137	0	5245
2019	120	0	4875
2020	140	0	4841
2021	90	0	5235
2022	85	0	5172
2023	96	0	6949
PROMEDIO	102	0	4154

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

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

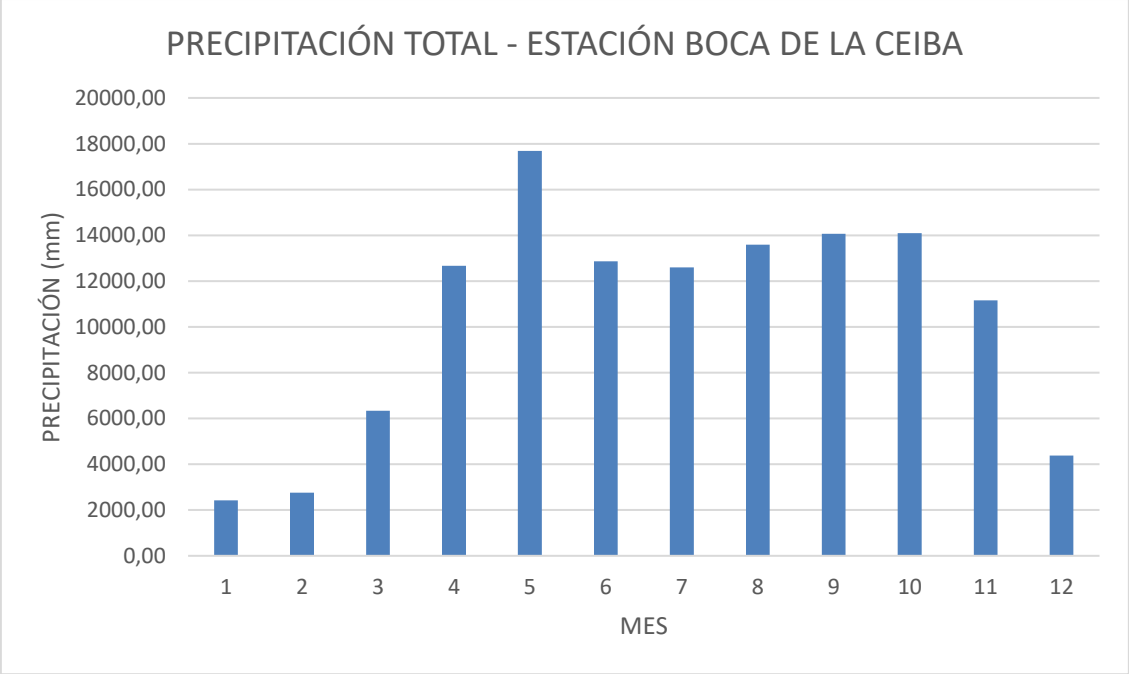
AÑO	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)		
	MÁXIMA	MÍNIMA	TOTAL ANUAL
MÍN	80	0	1106
MÁX	140	0	6949
D.E	17.52	0	1665.51
VARIANZA	306.88	0	2773896.66
COEF. ASIMETRIA	0.82		-0.9
CURTOSÍS	-0.38		-0.48

Fuente. Esta consultoría, 2024

7.1.1.1 PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MULTIANUAL (mm)

La estación Boca de La Ceiba registro una precipitación media total multianual de 4153.60 mm y un promedio mensual de 4153.62mm en el un régimen monomodal, donde los periodos de mayores de precipitación se presentan entre los meses de mayo a noviembre.

Figura 7. Variación mensual de la precipitación en la estación Boca de La Ceiba.



Fuente. Esta consultoría, 2024

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

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

7.1.1.2 PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS

A partir de los registros de precipitación máximos en 24 horas en cada estación de influencia sobre las cuencas, se realizó el ajuste estadístico mediante diferentes funciones de distribución de probabilidad, seleccionando el mejor ajuste, con el propósito de estimar las precipitaciones máximas asociadas a diferentes periodos de retorno, entre 2.33 y 100 años. El caudal con periodo de retorno de 2.33 años Q2.33 corresponde al caudal promedio en la distribución Gumbel de acuerdo con el numeral 2.5.4. Análisis regional de caudales máximos instantáneos anuales del manual de drenaje para carreteras.

A partir de los datos de precipitación registrados se realizó la prueba de datos dudosos según la metodología expuesta por Water Resources Council U.S. encontrando que no se presentan datos dudosos de la serie de registros.

Se realizó la prueba de Chi 2 y la prueba de Smirnov Kolgomorov para la distribución Normal, Log Normal, Pearson III, Log Pearson II, Gumbel. (Ver Anexo 2 Análisis Hidrológico)

Tabla 5. Resultados Prueba Smirnov Kolmogorov estación Boca de La Ceiba.

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59.9034%	0.10434
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.6400%	0.07291
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.9633%	0.07527
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.3865%	0.07328
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.8462%	0.09792

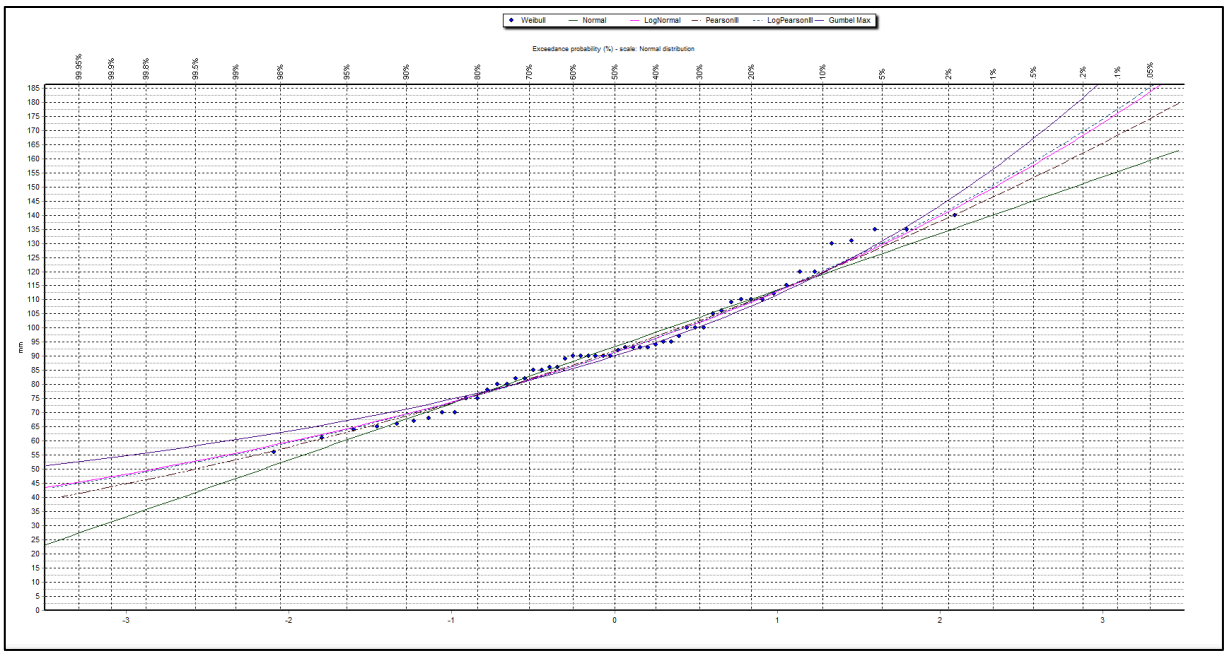
Tabla 6. Resultados Prueba Chi² estación Boca de La Ceiba.

X-Square test for All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	Pearson
Normal	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.37688%	8.22222
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.8568%	5.62963
Pearson III	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.62084%	10.2963
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.1088%	5.62963
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.6074%	4.07407

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

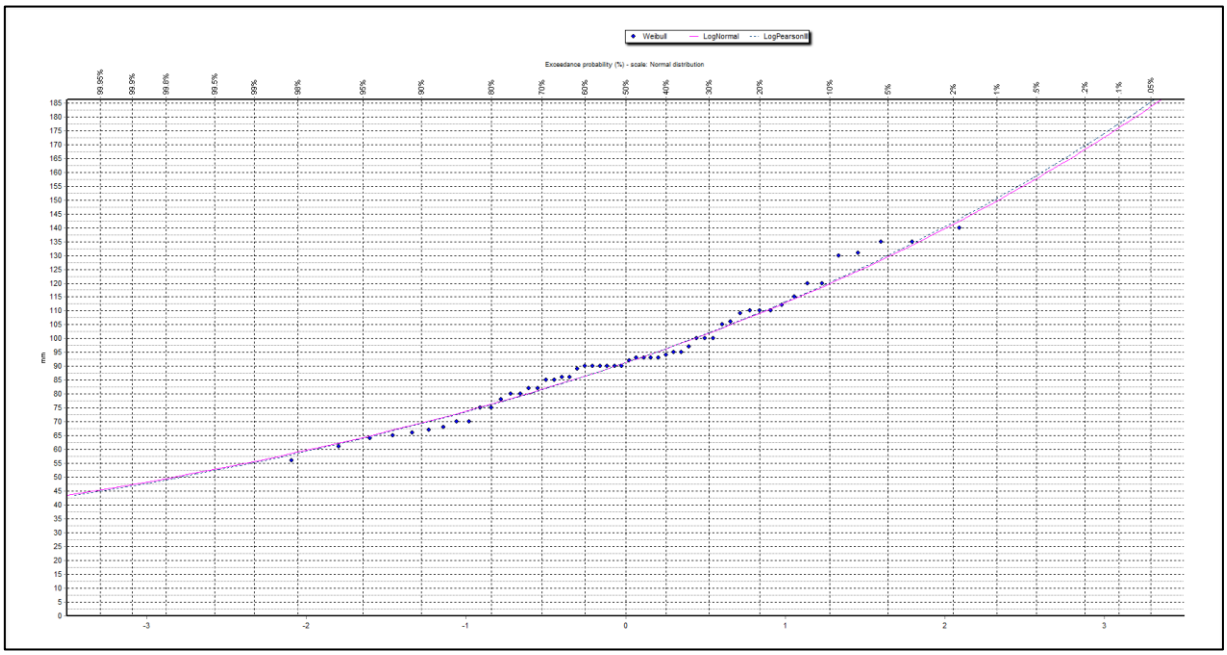
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 8. Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de probabilidad en la estación Boca de La Ceiba.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 9. Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a funciones de probabilidad Log Normal y Log Pearson III. en la estación Boca de La Ceiba.



Fuente. Esta consultoría, 2024

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

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

Para definir la serie que mejor se ajusta a los registros analizados de la estación Boca de La Ceiba se comprobó por Chi² obteniendo que la frecuencia que mejor se ajusta corresponde a la frecuencia Gumbel, en cuanto al análisis por la prueba de Smirnov Kolmogorov se obtiene que la frecuencia que mejor se ajusta corresponde a la de Log Normal, finalmente como tercer prueba de verificación de frecuencias se realiza en análisis gráfico de las diferentes funciones de distribución de probabilidad obteniendo que el mejor ajuste corresponde a Log Normal. En la Figura 5 se puede observar las diferentes funciones de distribución.

De acuerdo con el análisis de diferentes funciones de probabilidad para la estación Boca de La Ceiba se realiza la adopción de distribución Log Normal. En la Tabla 7 se presentan los valores de precipitaciones adoptados. (Ver anexo 2.)

Tabla 7. Precipitaciones máximas para la distribución de frecuencia Log Normal Estación Boca de La Ceiba.

TR	Precipitación (mm)	Probabilidad de no Excedencia P
2.33	59.85	0.57
5	64.40	0.80
10	69.56	0.90
20	76.37	0.95
25	79.13	0.96
50	91.31	0.98
100	91.35	0.99

Fuente. Esta consultoría, 2024

7.1.2 CURVA DE INTENSIDAD, DURACIÓN Y FRECUENCIA

Para la determinación de la intensidad media, inicialmente se consultó en el IDEAM la existencia de estas curvas para las estaciones analizadas, encontrando que no hay disponibilidad de esta información.

Se empleó la metodología para la obtención de curvas IDF incluida dentro del manual de drenaje de carreteras de INVIAS. La curva empleada fue construida a partir de los datos que se muestran en la Tabla 8 aplicando la ecuación de curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad – duración – y

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

frecuencia, Vargas, R. y Díaz Granados, M. 1998, como lo indica el Manual de Drenaje Vial del INVIAS. La estación seleccionada para el análisis de caudales es la estación Boca de La Ceiba, toda vez que lo expuesto en el análisis de distribución espacial de lluvias corresponde a la estación que mejor representa las condiciones pluviométricas del Sector y correspondía al área de influencia de cada estación aplicando la metodología de polígonos de Thiessen.

La ecuación para el cálculo de la Intensidad se relaciona a continuación:

$$i = a \cdot \frac{T^b}{t^c} \cdot M^d \cdot N^e \cdot PT^f$$

Donde,

i = Intensidad (mm/h)
a, b, c y d parámetros de la región
T = Periodo de Retorno (años)
t = Duración de la Lluvia (hora)
M = Promedio de Precipitación Máxima anual en 24 horas (mm)
N= Promedio de Número de días de Lluvia anual.
PT= Promedio del Total de Precipitaciones en el año.

Tabla 8. Parámetros de Construcción de Curvas IDF Estación Boca de La Ceiba

Parámetros Según la Región	
a	8.51
b	0.21
c	0.5
d	-0.01
e	-0.08
f	0.28
Parámetros Hidrológicos	
M	93.39
N	68.05
PT	1415.38

Fuente. Esta consultoría, 2024

Los parámetros utilizados para la construcción de la curva IDF corresponden a la región Caribe según la metodología de Vargas y Díaz Granados.

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

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

El valor de M fue establecido como el promedio de los valores de precipitación máxima anual en 24 horas, dichos valores se muestran en la Tabla 9 para la estación Boca de la Ceiba. En cuanto a los datos de las precipitaciones máximas mensuales en 24 horas, se encuentran en el anexo 2 análisis hidro-estadístico.

Tabla 9. Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas Boca de La Ceiba.

Año	No. Días Lluvia	Prec. Máx 24h
1994	79	109
1995	79	82
1996	76	94
1997	59	90
1998	74	86
1999	52	105
2000	73	130
2001	275	102
2002	250	84
2003	287	112
2004	253	84
2005	280	84
2006	288	98
2007	292	86
2008	280	110
2009	248	80
2010	274	97
2011	272	90
2012	262	130
2013	225	108
2014	211	135
2015	198	95
2016	219	100
2017	240	106
2018	238	137
2019	210	120
2020	221	140
2021	244	90
2022	250	85
2023	309	96
PROMEDIO	**210.6**	**102.17**

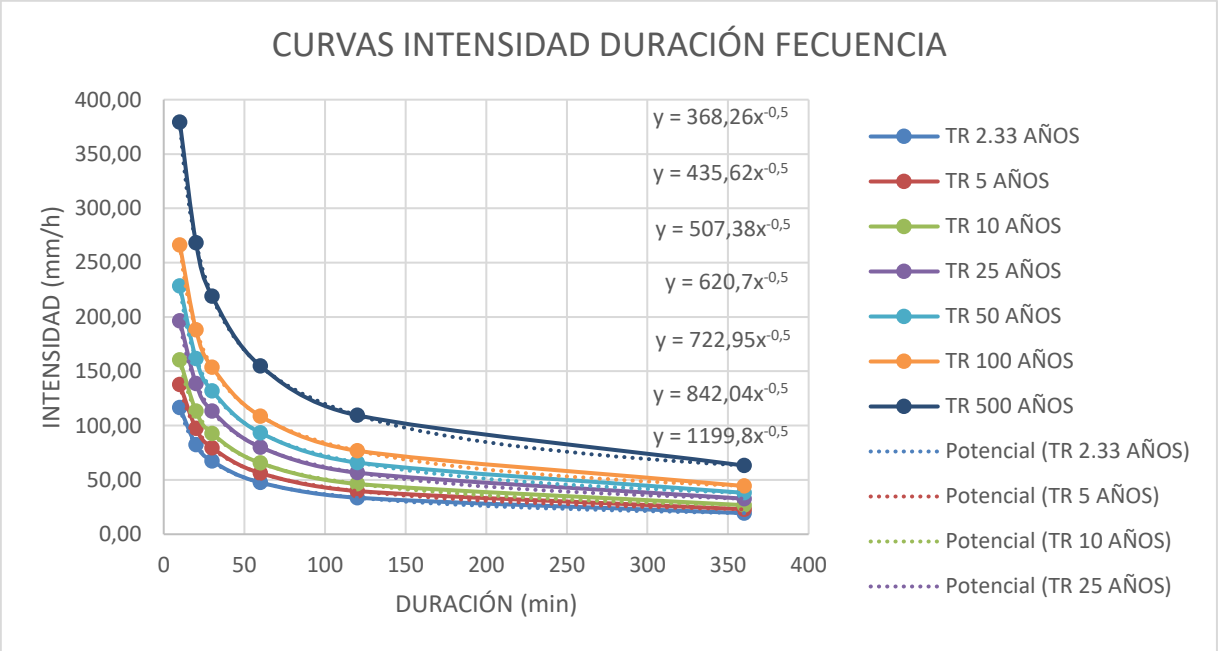
Fuente. Esta consultoría, 2024

En la Figura 7 se presentan las curvas de Intensidad, duración y frecuencia correspondientes a la estación Boca de La Ceiba para los periodos de retorno de 2.33, 5,10, 20, 25, 50 y 100 años acorde a los datos obtenidos y presentados en la Tabla 10.

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

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

Figura 10. Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia, Estación Boca de la Ceiba.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Los valores con los que se ha graficado las curvas IDF para la estación Bocas de La Ceiba corresponden a los datos presentados en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de Intensidad para Diferentes Periodos de Retorno, Estación Bocas de La Ceiba

	Intensidades (mm/h)					
Tr (años)	**10**	**20**	**30**	**60**	**120**	**360**
2.33	116.45	82.35	67.23	47.54	33.62	19.41
5	137.76	97.41	79.53	56.24	39.77	22.96
10	160.45	113.45	92.63	65.50	46.32	26.74
15	175.42	124.04	101.28	71.61	50.64	29.24
20	186.88	132.14	107.89	76.29	53.95	31.15
25	196.28	138.79	113.32	80.13	56.66	32.71
50	228.62	161.66	131.99	93.33	66.00	38.10
100	266.28	188.29	153.74	108.71	76.87	44.38
500	379.41	268.28	219.05	154.89	109.53	63.23

Fuente. Esta consultoría, 2024

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

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

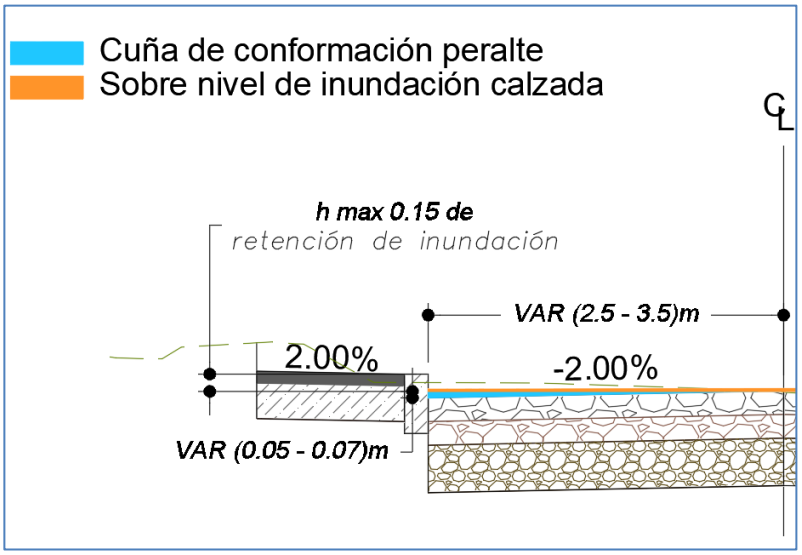
7.2 DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS DE DRENAJE POR ESTRUCTURA

Es necesario definir con precisión la extensión y tipo de áreas tributarias para cada tramo en diseño, asegurando que solo se consideren aquellas áreas que contribuyen efectivamente a la escorrentía del tramo en cuestión. Las áreas de drenaje deben delimitarse a partir de la interpretación directa de los planos topográficos del proyecto, garantizando que su delimitación sea coherente con las redes de drenaje natural existentes. Estas áreas tributarias se expresan en hectáreas para facilitar el cálculo del caudal de escorrentía.

Adicionalmente, es imprescindible verificar la correcta delimitación de las áreas de aporte, las cuales son producto del desarrollo del diseño. Para asegurar la precisión, se debe realizar una comparación entre los planos de diseño geométrico y los topográficos correspondientes, garantizando que las áreas de drenaje identificadas reflejen fielmente las condiciones reales del terreno. Este proceso es clave para asegurar un diseño hidráulico eficiente.

En cuanto a los elementos de confinamiento, en cada costado de la vía se disponen de sardineles de 0.20 metros de altura, los cuales, en combinación con un peralte del 2.0% en la longitud media de la vía de entre 2 y 5 metros, conforman el canal de escorrentía. Esta configuración permite controlar la inundación sobre la vía, según lo mostrado en el corte transversal adjunto.

Figura 11. Sección trasversal zonas de inundación

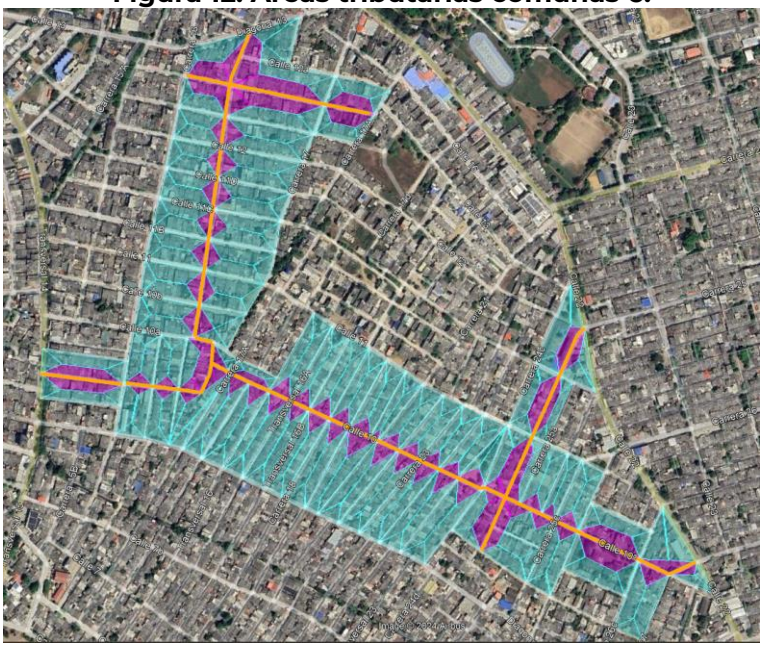


Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Por ende se plantean las siguientes áreas tributarias para cada uno de los ejes contemplados en esta consultoría:

Figura 12. Áreas tributarias comunas 6.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 13. Áreas tributarias comuna 2.



Fuente. Esta consultoría, 2024

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

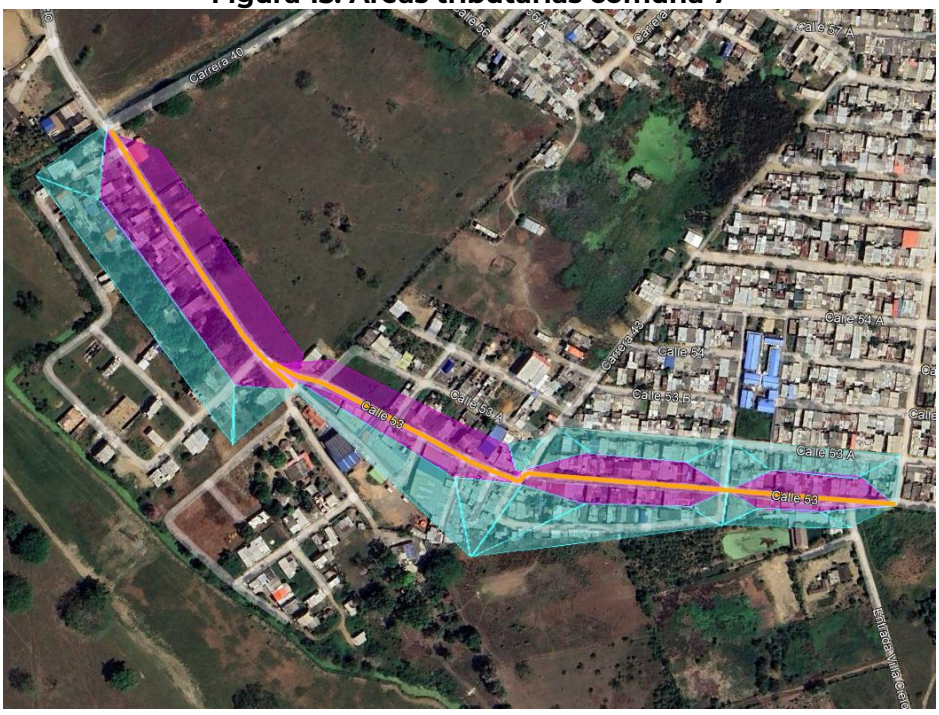
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 14. Áreas tributarias comuna 7



Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 15. Áreas tributarias comuna 7



Fuente. Esta consultoría, 2024

El establecimiento de los polígonos y sus respectivas áreas se encuentra detallado en el anexo 4 análisis de áreas tributarias.

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

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

Tabla 11. Áreas Tributarias Eje 1.

EJE 1											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+002.290	2.29	0.13%	0.001	0.002	11.45	54.39	65.84	0.000	17%	83%
K0+002.290	K0+003.270	0.98	3.59%	0.036	0.001	4.90	23.28	28.18	0.000	17%	83%
K0+003.270	K0+011.270	8.00	3.59%	0.036	0.008	40.00	190.03	230.03	0.000	17%	83%
K0+011.270	K0+019.270	8.00	0.22%	0.002	0.008	40.00	190.03	230.03	0.000	17%	83%
K0+019.270	K0+063.310	44.04	0.22%	0.002	0.044	220.20	1046.09	1266.29	0.001	17%	83%
K0+063.310	K0+124.060	60.75	-0.12%	-0.001	0.061	303.75	1443.01	1746.76	0.002	17%	83%
K0+124.060	K0+128.750	4.69	1.16%	0.012	0.005	23.45	111.40	134.85	0.000	17%	83%
K0+128.750	K0+134.200	5.45	-0.04%	0.000	0.005	27.25	129.46	156.71	0.000	17%	83%
K0+134.200	K0+205.990	71.79	0.52%	0.005	0.072	358.95	1705.24	2064.19	0.002	17%	83%
K0+205.990	K0+215.990	10.00	0.52%	0.005	0.010	50.00	237.53	287.53	0.000	17%	83%
K0+215.990	K0+225.990	10.00	-0.59%	-0.006	0.010	50.00	237.53	287.53	0.000	17%	83%
K0+225.990	K0+250.570	24.58	-0.59%	-0.006	0.025	122.90	583.85	706.75	0.001	17%	83%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 12. Áreas Tributarias Eje 2.

EJE 2											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+015.770	15.77	0.37%	0.004	0.016	63.08	299.10	362.18	0.0004	17%	83%
K0+015.770	K0+025.770	10.00	0.37%	0.004	0.010	40.00	189.67	229.67	0.0002	17%	83%
K0+025.770	K0+035.770	10.00	-0.96%	-0.010	0.010	40.00	189.67	229.67	0.0002	17%	83%
K0+035.770	K0+046.840	11.07	-0.96%	-0.010	0.011	44.28	209.96	254.24	0.0003	17%	83%
K0+046.840	K0+050.440	3.60	-1.95%	-0.020	0.004	14.40	68.28	82.68	0.0001	17%	83%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 13. Áreas Tributarias Eje 3.

EJE 3											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+002.680	2.68	-0.59%	-0.006	0.003	13.40	65.23	78.63	0.0001	17%	83%
K0+002.680	K0+044.850	42.17	-0.15%	-0.002	0.042	210.85	1026.45	1237.30	0.0012	17%	83%
K0+044.850	K0+054.850	10.00	-0.15%	-0.002	0.010	50.00	243.41	293.41	0.0003	17%	83%
K0+054.850	K0+064.850	10.00	-0.93%	-0.009	0.010	50.00	243.41	293.41	0.0003	17%	83%
K0+064.850	K0+078.840	13.99	-0.93%	-0.009	0.014	69.95	340.53	410.48	0.0004	17%	83%
K0+078.840	K0+081.400	2.56	-1.74%	-0.017	0.003	12.80	62.31	75.11	0.0001	17%	83%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 14. Áreas Tributarias Eje 4.

EJE 4											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+057.770	57.77	0.53%	0.005	0.058	231.08	1908.02	2139.10	0.0021	11%	89%
K0+057.770	K0+237.240	179.47	-0.22%	-0.002	0.179	717.88	5927.51	6645.39	0.0066	11%	89%
K0+237.240	K0+239.750	2.51	2.03%	0.020	0.003	10.04	82.90	92.94	0.0001	11%	89%
K0+239.750	K0+242.150	2.40	-2.06%	-0.021	0.002	9.60	79.27	88.87	0.0001	11%	89%
K0+242.150	K0+257.770	15.62	0.30%	0.003	0.016	62.48	515.89	578.37	0.0006	11%	89%
K0+257.770	K0+285.920	28.15	-0.31%	-0.003	0.028	112.60	929.73	1042.33	0.0010	11%	89%
K0+285.920	K0+289.190	3.27	1.78%	0.018	0.003	13.08	108.00	121.08	0.0001	11%	89%
K0+289.190	K0+292.610	3.42	-2.05%	-0.021	0.003	13.68	112.96	126.64	0.0001	11%	89%
K0+292.610	K0+350.640	58.03	0.33%	0.003	0.058	232.12	1916.61	2148.73	0.0021	11%	89%
K0+350.640	K0+440.430	89.79	-0.30%	-0.003	0.090	359.16	2965.57	3324.73	0.0033	11%	89%
K0+440.430	K0+443.720	3.29	1.91%	0.019	0.003	13.16	108.66	121.82	0.0001	11%	89%
K0+443.720	K0+447.360	3.64	-2.17%	-0.022	0.004	14.56	120.22	134.78	0.0001	11%	89%
K0+447.360	K0+492.340	44.98	0.50%	0.005	0.045	179.92	1485.59	1665.51	0.0017	11%	89%
K0+492.340	K0+496.960	4.62	2.22%	0.022	0.005	18.48	152.59	171.07	0.0002	11%	89%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 15. Áreas Tributarias Eje 5.

EJE 5											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+004.010	4.01	-0.59%	-0.006	0.004	20.05	186.38	206.43	0.0002	10%	90%
K0+004.010	K0+027.130	23.12	0.64%	0.006	0.023	115.60	1074.61	1190.21	0.0012	10%	90%
K0+027.130	K0+037.130	10.00	0.64%	0.006	0.010	50.00	464.79	514.79	0.0005	10%	90%
K0+037.130	K0+047.130	10.00	-0.70%	-0.007	0.010	50.00	464.79	514.79	0.0005	10%	90%
K0+047.130	K0+082.510	35.38	-0.70%	-0.007	0.035	176.90	1644.44	1821.34	0.0018	10%	90%
K0+082.510	K0+085.010	2.50	2.07%	0.021	0.003	12.50	116.20	128.70	0.0001	10%	90%
K0+085.010	K0+087.520	2.51	-1.92%	-0.019	0.003	12.55	116.66	129.21	0.0001	10%	90%
K0+087.520	K0+138.420	50.90	0.30%	0.003	0.051	254.50	2365.81	2620.31	0.0026	10%	90%
K0+138.420	K0+197.880	59.46	-0.20%	-0.002	0.059	297.30	2763.67	3060.97	0.0031	10%	90%
K0+197.880	K0+207.880	10.00	-0.20%	-0.002	0.010	50.00	464.79	514.79	0.0005	10%	90%
K0+207.880	K0+217.880	10.00	-1.31%	-0.013	0.010	50.00	464.79	514.79	0.0005	10%	90%
K0+217.880	K0+221.350	3.47	-1.31%	-0.013	0.003	17.35	161.28	178.63	0.0002	10%	90%
K0+221.350	K0+231.350	10.00	-0.33%	-0.003	0.010	50.00	464.79	514.79	0.0005	10%	90%
K0+231.350	K0+241.350	10.00	-0.33%	-0.003	0.010	50.00	464.79	514.79	0.0005	10%	90%
K0+241.350	K0+251.230	9.88	-0.33%	-0.003	0.010	49.40	459.22	508.62	0.0005	10%	90%
K0+251.230	K0+254.100	2.87	2.24%	0.022	0.003	14.35	133.40	147.75	0.0001	10%	90%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 16. Áreas Tributarias Eje 6.

EJE 6											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+004.830	4.83	-5.14%	-0.051	0.005	24.15	137.44	161.59	0.0002	15%	85%
K0+004.830	K0+029.110	24.28	-0.75%	-0.008	0.024	121.40	690.90	812.30	0.0008	15%	85%
K0+029.110	K0+051.200	22.09	-0.50%	-0.005	0.022	110.45	628.58	739.03	0.0007	15%	85%
K0+051.200	K0+065.920	14.72	0.50%	0.005	0.015	73.60	418.86	492.46	0.0005	15%	85%
K0+065.920	K0+131.670	65.75	0.50%	0.005	0.066	328.75	1870.95	2199.70	0.0022	15%	85%
K0+131.670	K0+141.670	10.00	0.50%	0.005	0.010	50.00	284.55	334.55	0.0003	15%	85%
K0+141.670	K0+151.670	10.00	-0.41%	-0.004	0.010	50.00	284.55	334.55	0.0003	15%	85%
K0+151.670	K0+184.960	33.29	-0.41%	-0.004	0.033	166.45	947.28	1113.73	0.0011	15%	85%
K0+184.960	K0+216.070	31.11	-0.91%	-0.009	0.031	155.55	885.25	1040.80	0.0010	15%	85%
K0+216.070	K0+283.020	66.95	-0.39%	-0.004	0.067	334.75	1905.09	2239.84	0.0022	15%	85%
K0+283.020	K0+298.750	15.73	0.74%	0.007	0.016	78.65	447.60	526.25	0.0005	15%	85%
K0+298.750	K0+327.100	28.35	-0.80%	-0.008	0.028	141.75	806.71	948.46	0.0009	15%	85%
K0+327.100	K0+350.550	23.45	-0.30%	-0.003	0.023	117.25	667.28	784.53	0.0008	15%	85%
K0+350.550	K0+355.270	4.72	-0.93%	-0.009	0.005	23.60	134.31	157.91	0.0002	15%	85%
K0+355.270	K0+359.860	4.59	0.64%	0.006	0.005	22.95	130.61	153.56	0.0002	15%	85%
K0+359.860	K0+369.860	10.00	0.64%	0.006	0.010	50.00	284.55	334.55	0.0003	15%	85%
K0+369.860	K0+379.860	10.00	-1.62%	-0.016	0.010	50.00	284.55	334.55	0.0003	15%	85%
K0+379.860	K0+388.720	8.86	-1.62%	-0.016	0.009	44.30	252.12	296.42	0.0003	15%	85%
K0+388.720	K0+412.240	23.52	0.43%	0.004	0.024	117.60	669.27	786.87	0.0008	15%	85%
K0+412.240	K0+496.260	84.02	-0.38%	-0.004	0.084	420.10	2390.83	2810.93	0.0028	15%	85%
K0+496.260	K0+498.260	2.00	1.92%	0.019	0.002	10.00	56.91	66.91	0.0001	15%	85%
K0+498.260	K0+500.260	2.00	-2.06%	-0.021	0.002	10.00	56.91	66.91	0.0001	15%	85%
K0+500.260	K0+535.570	35.31	0.25%	0.003	0.035	176.55	1004.76	1181.31	0.0012	15%	85%
K0+535.570	K0+579.520	43.95	-0.30%	-0.003	0.044	219.75	1250.62	1470.37	0.0015	15%	85%
K0+579.520	K0+589.100	9.58	-1.02%	-0.010	0.010	47.90	272.60	320.50	0.0003	15%	85%
K0+589.100	K0+731.090	141.99	0.11%	0.001	0.142	709.95	4040.39	4750.34	0.0048	15%	85%
K0+731.090	K0+765.960	34.87	0.85%	0.009	0.035	174.35	992.24	1166.59	0.0012	15%	85%
K0+765.960	K0+827.040	61.08	-0.33%	-0.003	0.061	305.40	1738.06	2043.46	0.0020	15%	85%
K0+827.040	K0+851.280	24.24	-0.98%	-0.010	0.024	121.20	689.76	810.96	0.0008	15%	85%
K0+851.280	K0+855.160	3.88	1.65%	0.017	0.004	19.40	110.41	129.81	0.0001	15%	85%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 17. Áreas Tributarias Eje 7.

EJE 07											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+088.040	88.04	-0.62%	-0.006	0.088	440.20	2311.20	2751.40	0.0028	16%	84%
K0+088.040	K0+090.040	2.00	2.00%	0.020	0.002	10.00	52.50	62.50	0.0001	16%	84%
K0+090.040	K0+092.040	2.00	-2.00%	-0.020	0.002	10.00	52.50	62.50	0.0001	16%	84%
K0+092.040	K0+136.340	44.30	1.09%	0.011	0.044	221.50	1162.95	1384.45	0.0014	16%	84%
K0+136.340	K0+184.220	47.88	0.28%	0.003	0.048	239.40	1256.93	1496.33	0.0015	16%	84%
K0+184.220	K0+188.150	3.93	-4.98%	-0.050	0.004	19.65	103.17	122.82	0.0001	16%	84%
K0+188.150	K0+193.900	5.75	0.08%	0.001	0.006	28.75	150.95	179.70	0.0002	16%	84%
K0+193.900	K0+196.020	2.12	7.32%	0.073	0.002	10.60	55.65	66.25	0.0001	16%	84%
K0+196.020	K0+241.420	45.40	0.75%	0.008	0.045	227.00	1191.83	1418.83	0.0014	16%	84%
K0+241.420	K0+357.280	115.86	-0.25%	-0.003	0.116	579.30	3041.52	3620.82	0.0036	16%	84%
K0+357.280	K0+379.440	22.16	-0.68%	-0.007	0.022	110.80	581.74	692.54	0.0007	16%	84%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 18. Áreas Tributarias Eje 8.

EJE 8											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+004.460	4.46	1.36%	0.014	0.004	22.30	136.62	158.92	0.0002	14%	86%
K0+004.460	K0+076.540	72.08	-0.30%	-0.003	0.072	360.40	2207.99	2568.39	0.0026	14%	86%
K0+076.540	K0+097.560	21.02	-1.07%	-0.011	0.021	105.10	643.89	748.99	0.0007	14%	86%
K0+097.560	K0+107.560	10.00	-1.07%	-0.011	0.010	50.00	306.32	356.32	0.0004	14%	86%
K0+107.560	K0+117.560	10.00	0.24%	0.002	0.010	50.00	306.32	356.32	0.0004	14%	86%
K0+117.560	K0+178.744	61.18	0.24%	0.002	0.061	305.92	1874.22	2180.14	0.0022	14%	86%
K0+178.744	K0+429.170	250.43	-0.20%	-0.002	0.250	1252.13	7671.16	8923.29	0.0089	14%	86%
K0+429.170	K0+432.170	3.00	1.89%	0.019	0.003	15.00	91.90	106.90	0.0001	14%	86%
K0+432.170	K0+435.170	3.00	-2.00%	-0.020	0.003	15.00	91.90	106.90	0.0001	14%	86%
K0+435.170	K0+529.860	94.69	0.07%	0.001	0.095	473.45	2900.59	3374.04	0.0034	14%	86%
K0+529.860	K0+539.860	10.00	0.07%	0.001	0.010	50.00	306.32	356.32	0.0004	14%	86%
K0+539.860	K0+549.860	10.00	7.21%	0.072	0.010	50.00	306.32	356.32	0.0004	14%	86%
K0+549.860	K0+551.940	2.08	7.21%	0.072	0.002	10.40	63.72	74.12	0.0001	14%	86%
K0+551.940	K0+555.460	3.52	0.58%	0.006	0.004	17.60	107.83	125.43	0.0001	14%	86%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 19. Áreas Tributarias Eje 9.

EJE 9											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+002.960	2.96	-1.69%	-0.017	0.003	14.80	85.97	100.77	0.0001	15%	85%
K0+002.960	K0+009.290	6.33	1.52%	0.015	0.006	31.65	185.50	217.15	0.0002	15%	85%
K0+009.290	K0+019.290	10.00	1.52%	0.015	0.010	50.00	298.78	348.78	0.0003	14%	86%
K0+019.290	K0+029.290	10.00	0.41%	0.004	0.010	50.00	308.30	358.30	0.0004	14%	86%
K0+029.290	K0+062.110	32.82	0.41%	0.004	0.033	164.10	1045.15	1209.25	0.0012	14%	86%
K0+062.110	K0+072.110	10.00	0.41%	0.004	0.010	50.00	351.82	401.82	0.0004	12%	88%
K0+072.110	K0+082.110	10.00	-1.53%	-0.015	0.010	50.00	339.21	389.21	0.0004	13%	87%
K0+082.110	K0+093.120	11.01	-1.53%	-0.015	0.011	55.05	361.90	416.95	0.0004	13%	87%
K0+093.120	K0+103.120	10.00	-1.53%	-0.015	0.010	50.00	341.48	391.48	0.0004	13%	87%
K0+103.120	K0+113.120	10.00	0.65%	0.007	0.010	50.00	353.97	403.97	0.0004	12%	88%
K0+113.120	K0+143.280	30.16	0.65%	0.007	0.030	150.80	1108.14	1258.94	0.0013	12%	88%
K0+143.280	K0+153.280	10.00	0.65%	0.007	0.010	50.00	414.96	464.96	0.0005	11%	89%
K0+153.280	K0+163.280	10.00	-0.34%	-0.003	0.010	50.00	429.08	479.08	0.0005	10%	90%
K0+163.280	K0+186.840	23.56	-0.34%	-0.003	0.024	117.80	950.93	1068.73	0.0011	11%	89%
K0+186.840	K0+189.340	2.50	2.00%	0.020	0.003	12.50	106.96	119.46	0.0001	10%	90%
K0+189.340	K0+191.840	2.50	-2.00%	-0.020	0.003	12.50	103.52	116.02	0.0001	11%	89%
K0+191.840	K0+250.520	58.68	0.36%	0.004	0.059	293.40	1991.05	2284.45	0.0023	13%	87%
K0+250.520	K0+272.720	22.20	-0.83%	-0.008	0.022	111.00	948.52	1059.52	0.0011	10%	90%
K0+272.720	K0+275.820	3.10	2.07%	0.021	0.003	15.50	146.85	162.35	0.0002	10%	90%

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 9											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+275.820	K0+278.610	2.79	-1.00%	-0.010	0.003	13.95	134.21	148.16	0.0001	9%	91%
K0+278.610	K0+294.810	16.20	0.92%	0.009	0.016	81.00	790.22	871.22	0.0009	9%	91%
K0+294.810	K0+304.810	10.00	0.92%	0.009	0.010	50.00	474.44	524.44	0.0005	10%	90%
K0+304.810	K0+314.810	10.00	-1.60%	-0.016	0.010	50.00	170.81	220.81	0.0002	23%	77%
K0+314.810	K0+329.940	15.13	-1.60%	-0.016	0.015	75.65	258.44	334.09	0.0003	23%	77%
K0+329.940	K0+333.010	3.07	1.00%	0.010	0.003	15.35	52.92	68.27	0.0001	22%	78%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 20. Áreas Tributarias Eje 10.

EJE 10											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+004.010	4.01	-1.41%	-0.014	0.004	24.06	66.61	90.67	0.0001	27%	73%
K0+004.010	K0+024.230	20.22	1.20%	0.012	0.020	121.32	335.86	457.18	0.0005	27%	73%
K0+024.230	K0+043.350	19.12	0.30%	0.003	0.019	114.72	317.59	432.31	0.0004	27%	73%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 21. Áreas Tributarias Eje 11.

EJE 11											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+002.330	2.33	-0.83%	-0.008	0.002	9.32	67.16	76.48	0.0001	12%	88%
K0+002.330	K0+026.550	24.22	0.83%	0.008	0.024	96.88	698.17	795.05	0.0008	12%	88%
K0+026.550	K0+036.550	10.00	0.83%	0.008	0.010	40.00	288.26	328.26	0.0003	12%	88%
K0+036.550	K0+046.550	10.00	-0.23%	-0.002	0.010	40.00	288.26	328.26	0.0003	12%	88%
K0+046.550	K0+100.530	53.98	-0.23%	-0.002	0.054	215.92	1556.03	1771.95	0.0018	12%	88%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 22. Áreas Tributarias Eje 12.

EJE 12											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+021.780	21.78	0.73%	0.007	0.022	87.12	593.17	680.29	0.0007	13%	87%
K0+021.780	K0+394.150	372.37	0.21%	0.002	0.372	1489.48	10141.39	11630.87	0.0116	13%	87%
K0+394.150	K0+404.150	10.00	0.21%	0.002	0.010	40.00	272.35	312.35	0.0003	13%	87%
K0+404.150	K0+414.150	10.00	-1.36%	-0.014	0.010	40.00	272.35	312.35	0.0003	13%	87%
K0+414.150	K0+428.080	13.93	-1.36%	-0.014	0.014	55.72	379.38	435.10	0.0004	13%	87%
K0+428.080	K0+438.800	10.72	-1.36%	-0.014	0.011	42.88	291.96	334.84	0.0003	13%	87%
K0+438.800	K0+448.080	9.28	0.87%	0.009	0.009	37.12	252.74	289.86	0.0003	13%	87%
K0+448.080	K0+467.400	19.32	0.87%	0.009	0.019	77.28	526.17	603.45	0.0006	13%	87%
K0+467.400	K0+477.400	10.00	0.87%	0.009	0.010	40.00	272.35	312.35	0.0003	13%	87%
K0+477.400	K0+487.400	10.00	-0.23%	-0.002	0.010	40.00	272.35	312.35	0.0003	13%	87%
K0+487.400	K0+663.030	175.63	-0.23%	-0.002	0.176	702.52	4783.23	5485.75	0.0055	13%	87%
K0+663.030	K0+727.670	64.64	-0.57%	-0.006	0.065	258.56	1760.45	2019.01	0.0020	13%	87%
K0+727.670	K0+897.170	169.50	-0.04%	0.000	0.170	678.00	4616.29	5294.29	0.0053	13%	87%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

7.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración se define como el intervalo necesario, a partir del inicio de la lluvia, para que toda la escorrentía superficial generada en la cuenca tributaria alcance el punto de interés. Para su determinación, se considera un tiempo mínimo inicial de 8 minutos, al cual se suma el tiempo de recorrido, que depende de la velocidad del flujo en las diferentes zonas. En áreas montañosas, este recorrido está influenciado por la pendiente del terreno y las características del flujo, mientras que en la zona urbana se considera el tiempo de recorrido en depresiones naturales, zanjas, cunetas, colectores y canales. El tiempo mínimo de concentración se establece en 15 minutos.

Es fundamental justificar el método empleado para el cálculo del tiempo de concentración, describiendo detalladamente las ecuaciones utilizadas en el proceso. Para el presente diseño, se ha adoptado un tiempo de concentración de 15 minutos, basándose en las condiciones características de la zona de estudio.

7.4 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El coeficiente de escorrentía (C) está directamente relacionado con el tipo de suelo, el grado de impermeabilidad de la zona y la pendiente del terreno. Estas características determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. Además, deben considerarse factores adicionales como el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre el uso del suelo, ya que estos elementos pueden afectar tanto la capacidad de infiltración como la generación de escorrentía.

Para áreas de drenaje que incluyen subáreas con diferentes coeficientes de escorrentía, el valor representativo de C se calcula como un promedio ponderado utilizando las respectivas áreas. La fórmula utilizada para este cálculo es:

$$C_{\text{prom}} = \frac{\sum(C_i \cdot A_i)}{\sum A_i}$$

Donde:

- Cprom es el coeficiente de escorrentía promedio ponderado.

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

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

- Ci es el coeficiente de escorrentía de la subárea i.
- Ai el área de la subárea i en Hectáreas.
- ∑Ai es la suma de las áreas de todas las subáreas.

Este cálculo asegura que las subáreas con mayores dimensiones tengan un impacto proporcional en el valor del coeficiente de escorrentía global del área de drenaje.

Los valores de coeficiente de escorrentía se toman de acuerdo con la Tabla 2.9 del manual de drenaje para carreteras del INVIAS, tal como se puede observar en la **Tabla 23**

Tabla 23. Valores del Coeficiente de Escorrentía en Áreas Urbanas.

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
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

Fuente. INVIAS

Para el presente diseño, se ha adoptado un coeficiente de escorrentía de C=0.9 para el pavimento, C=0.65 para casas multifamiliares unidas y C= 0.75 para techos

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 24. Coeficientes de escorrentía eje 1.

EJE 1													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+002.290	2.29	0.13%	0.0013	11.45	54.39	65.84	0.00007	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+002.290	K0+003.270	0.98	3.59%	0.0359	4.90	23.28	28.18	0.00003	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+003.270	K0+011.270	8.00	3.59%	0.0359	40.00	190.03	230.03	0.00023	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+011.270	K0+019.270	8.00	0.22%	0.0022	40.00	190.03	230.03	0.00023	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+019.270	K0+063.310	44.04	0.22%	0.0022	220.20	1046.09	1266.29	0.00127	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+063.310	K0+124.060	60.75	-0.12%	-0.0012	303.75	1443.01	1746.76	0.00175	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+124.060	K0+128.750	4.69	1.16%	0.0116	23.45	111.40	134.85	0.00013	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+128.750	K0+134.200	5.45	-0.04%	-0.0004	27.25	129.46	156.71	0.00016	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+134.200	K0+205.990	71.79	0.52%	0.0052	358.95	1705.24	2064.19	0.00206	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+205.990	K0+215.990	10.00	0.52%	0.0052	50.00	237.53	287.53	0.00029	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+215.990	K0+225.990	10.00	-0.59%	-0.0059	50.00	237.53	287.53	0.00029	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+225.990	K0+250.570	24.58	-0.59%	-0.0059	122.90	583.85	706.75	0.00071	17%	83%	0.9	0.65	0.693

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 25. Coeficientes de escorrentía eje 2.

EJE 2													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+015.770	15.77	0.37%	0.0037	63.08	299.10	362.18	0.00036	17%	83%	0.9	0.65	0.694
K0+015.770	K0+025.770	10.00	0.37%	0.0037	40.00	189.67	229.67	0.00023	17%	83%	0.9	0.65	0.694
K0+025.770	K0+035.770	10.00	-0.96%	-0.0096	40.00	189.67	229.67	0.00023	17%	83%	0.9	0.65	0.694
K0+035.770	K0+046.840	11.07	-0.96%	-0.0096	44.28	209.96	254.24	0.00025	17%	83%	0.9	0.65	0.694
K0+046.840	K0+050.440	3.60	-1.95%	-0.0195	14.40	68.28	82.68	0.00008	17%	83%	0.9	0.65	0.694

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 26. Coeficientes de escorrentía eje 3.

EJE 3													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+002.680	2.68	-0.59%	-0.0059	13.40	65.23	78.63	0.00008	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+002.680	K0+044.850	42.17	-0.15%	-0.0015	210.85	1026.45	1237.30	0.00124	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+044.850	K0+054.850	10.00	-0.15%	-0.0015	50.00	243.41	293.41	0.00029	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+054.850	K0+064.850	10.00	-0.93%	-0.0093	50.00	243.41	293.41	0.00029	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+064.850	K0+078.840	13.99	-0.93%	-0.0093	69.95	340.53	410.48	0.00041	17%	83%	0.9	0.65	0.693
K0+078.840	K0+081.400	2.56	-1.74%	-0.0174	12.80	62.31	75.11	0.00008	17%	83%	0.9	0.65	0.693

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 27. Coeficientes de escorrentía eje 4.

EJE 4													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+057.770	57.77	0.53%	0.0053	231.08	1908.02	2139.10	0.00214	11%	89%	0.9	0.65	0.677
K0+057.770	K0+237.240	179.47	-0.22%	-0.0022	717.88	5927.51	6645.39	0.00665	11%	89%	0.9	0.65	0.677
K0+237.240	K0+239.750	2.51	2.03%	0.0203	10.04	82.90	92.94	0.00009	11%	89%	0.9	0.65	0.677
K0+239.750	K0+242.150	2.40	-2.06%	-0.0206	9.60	79.27	88.87	0.00009	11%	89%	0.9	0.65	0.677
K0+242.150	K0+257.770	15.62	0.30%	0.0030	62.48	515.89	578.37	0.00058	11%	89%	0.9	0.65	0.677
K0+257.770	K0+285.920	28.15	-0.31%	-0.0031	112.60	929.73	1042.33	0.00104	11%	89%	0.9	0.65	0.677
K0+285.920	K0+289.190	3.27	1.78%	0.0178	13.08	108.00	121.08	0.00012	11%	89%	0.9	0.65	0.677

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 28. Coeficientes de escorrentía eje 5.

EJE 5													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+004.010	4.01	-0.59%	-0.0059	20.05	186.38	206.43	0.00021	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+004.010	K0+027.130	23.12	0.64%	0.0064	115.60	1074.61	1190.21	0.00119	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+027.130	K0+037.130	10.00	0.64%	0.0064	50.00	464.79	514.79	0.00051	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+037.130	K0+047.130	10.00	-0.70%	-0.0070	50.00	464.79	514.79	0.00051	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+047.130	K0+082.510	35.38	-0.70%	-0.0070	176.90	1644.44	1821.34	0.00182	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+082.510	K0+085.010	2.50	2.07%	0.0207	12.50	116.20	128.70	0.00013	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+085.010	K0+087.520	2.51	-1.92%	-0.0192	12.55	116.66	129.21	0.00013	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+087.520	K0+138.420	50.90	0.30%	0.0030	254.50	2365.81	2620.31	0.00262	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+138.420	K0+197.880	59.46	-0.20%	-0.0020	297.30	2763.67	3060.97	0.00306	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+197.880	K0+207.880	10.00	-0.20%	-0.0020	50.00	464.79	514.79	0.00051	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+207.880	K0+217.880	10.00	-1.31%	-0.0131	50.00	464.79	514.79	0.00051	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+217.880	K0+221.350	3.47	-1.31%	-0.0131	17.35	161.28	178.63	0.00018	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+221.350	K0+231.350	10.00	-0.33%	-0.0033	50.00	464.79	514.79	0.00051	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+231.350	K0+241.350	10.00	-0.33%	-0.0033	50.00	464.79	514.79	0.00051	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+241.350	K0+251.230	9.88	-0.33%	-0.0033	49.40	459.22	508.62	0.00051	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+251.230	K0+254.100	2.87	2.24%	0.0224	14.35	133.40	147.75	0.00015	10%	90%	0.9	0.65	0.674

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 29. Coeficientes de escorrentía eje 6.

EJE 6													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+004.830	4.83	-5.14%	-0.0514	24.15	137.44	161.59	0.00016	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+004.830	K0+029.110	24.28	-0.75%	-0.0075	121.40	690.90	812.30	0.00081	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+029.110	K0+051.200	22.09	-0.50%	-0.0050	110.45	628.58	739.03	0.00074	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+051.200	K0+065.920	14.72	0.50%	0.0050	73.60	418.86	492.46	0.00049	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+065.920	K0+131.670	65.75	0.50%	0.0050	328.75	1870.95	2199.70	0.00220	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+131.670	K0+141.670	10.00	0.50%	0.0050	50.00	284.55	334.55	0.00033	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+141.670	K0+151.670	10.00	-0.41%	-0.0041	50.00	284.55	334.55	0.00033	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+151.670	K0+184.960	33.29	-0.41%	-0.0041	166.45	947.28	1113.73	0.00111	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+184.960	K0+216.070	31.11	-0.91%	-0.0091	155.55	885.25	1040.80	0.00104	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+216.070	K0+283.020	66.95	-0.39%	-0.0039	334.75	1905.09	2239.84	0.00224	15%	85%	0.9	0.65	0.687

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 6														
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+283.020	K0+298.750	15.73	0.74%	0.0074	78.65	447.60	526.25	0.00053	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+298.750	K0+327.100	28.35	-0.80%	-0.0080	141.75	806.71	948.46	0.00095	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+327.100	K0+350.550	23.45	-0.30%	-0.0030	117.25	667.28	784.53	0.00078	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+350.550	K0+355.270	4.72	-0.93%	-0.0093	23.60	134.31	157.91	0.00016	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+355.270	K0+359.860	4.59	0.64%	0.0064	22.95	130.61	153.56	0.00015	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+359.860	K0+369.860	10.00	0.64%	0.0064	50.00	284.55	334.55	0.00033	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+369.860	K0+379.860	10.00	-1.62%	-0.0162	50.00	284.55	334.55	0.00033	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+379.860	K0+388.720	8.86	-1.62%	-0.0162	44.30	252.12	296.42	0.00030	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+388.720	K0+412.240	23.52	0.43%	0.0043	117.60	669.27	786.87	0.00079	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+412.240	K0+496.260	84.02	-0.38%	-0.0038	420.10	2390.83	2810.93	0.00281	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+496.260	K0+498.260	2.00	1.92%	0.0192	10.00	56.91	66.91	0.00007	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+498.260	K0+500.260	2.00	-2.06%	-0.0206	10.00	56.91	66.91	0.00007	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+500.260	K0+535.570	35.31	0.25%	0.0025	176.55	1004.76	1181.31	0.00118	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+535.570	K0+579.520	43.95	-0.30%	-0.0030	219.75	1250.62	1470.37	0.00147	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+579.520	K0+589.100	9.58	-1.02%	-0.0102	47.90	272.60	320.50	0.00032	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+589.100	K0+731.090	141.99	0.11%	0.0011	709.95	4040.39	4750.34	0.00475	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+731.090	K0+765.960	34.87	0.85%	0.0085	174.35	992.24	1166.59	0.00117	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+765.960	K0+827.040	61.08	-0.33%	-0.0033	305.40	1738.06	2043.46	0.00204	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+827.040	K0+851.280	24.24	-0.98%	-0.0098	121.20	689.76	810.96	0.00081	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+851.280	K0+855.160	3.88	1.65%	0.0165	19.40	110.41	129.81	0.00013	15%	85%	0.9	0.65	0.687

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 30. Coeficientes de escorrentía eje 7.

EJE 7													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+088.040	88.04	-0.62%	-0.0062	440.20	2311.20	2751.40	0.00275	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+088.040	K0+090.040	2.00	2.00%	0.0200	10.00	52.50	62.50	0.00006	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+090.040	K0+092.040	2.00	-2.00%	-0.0200	10.00	52.50	62.50	0.00006	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+092.040	K0+136.340	44.30	1.09%	0.0109	221.50	1162.95	1384.45	0.00138	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+136.340	K0+184.220	47.88	0.28%	0.0028	239.40	1256.93	1496.33	0.00150	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+184.220	K0+188.150	3.93	-4.98%	-0.0498	19.65	103.17	122.82	0.00012	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+188.150	K0+193.900	5.75	0.08%	0.0008	28.75	150.95	179.70	0.00018	16%	84%	0.9	0.65	0.690

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 7													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+193.900	K0+196.020	2.12	7.32%	0.0732	10.60	55.65	66.25	0.00007	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+196.020	K0+241.420	45.40	0.75%	0.0075	227.00	1191.83	1418.83	0.00142	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+241.420	K0+357.280	115.86	-0.25%	-0.0025	579.30	3041.52	3620.82	0.00362	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+357.280	K0+379.440	22.16	-0.68%	-0.0068	110.80	581.74	692.54	0.00069	16%	84%	0.9	0.65	0.690

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 31. Coeficientes de escorrentía eje 8.

EJE 8													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+004.460	4.46	1.36%	0.0136	22.30	136.62	158.92	0.00016	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+004.460	K0+076.540	72.08	-0.30%	-0.0030	360.40	2207.99	2568.39	0.00257	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+076.540	K0+097.560	21.02	-1.07%	-0.0107	105.10	643.89	748.99	0.00075	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+097.560	K0+107.560	10.00	-1.07%	-0.0107	50.00	306.32	356.32	0.00036	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+107.560	K0+117.560	10.00	0.24%	0.0024	50.00	306.32	356.32	0.00036	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+117.560	K0+178.744	61.18	0.24%	0.0024	305.92	1874.22	2180.14	0.00218	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+178.744	K0+429.170	250.43	-0.20%	-0.0020	1252.13	7671.16	8923.29	0.00892	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+429.170	K0+432.170	3.00	1.89%	0.0189	15.00	91.90	106.90	0.00011	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+432.170	K0+435.170	3.00	-2.00%	-0.0200	15.00	91.90	106.90	0.00011	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+435.170	K0+529.860	94.69	0.07%	0.0007	473.45	2900.59	3374.04	0.00337	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+529.860	K0+539.860	10.00	0.07%	0.0007	50.00	306.32	356.32	0.00036	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+539.860	K0+549.860	10.00	7.21%	0.0721	50.00	306.32	356.32	0.00036	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+549.860	K0+551.940	2.08	7.21%	0.0721	10.40	63.72	74.12	0.00007	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+551.940	K0+555.460	3.52	0.58%	0.0058	17.60	107.83	125.43	0.00013	14%	86%	0.9	0.65	0.685

Fuente. Esta consultoría, 2024

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

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

Tabla 32. Coeficientes de escorrentía eje 9.

EJE 9														
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+002.960	2.96	-1.69%	-0.0169	14.80	85.97	100.77	0.00010	15%	85%	0.9	0.65	0.687
K0+002.960	K0+009.290	6.33	1.52%	0.0152	31.65	185.50	217.15	0.00022	15%	85%	0.9	0.65	0.686
K0+009.290	K0+019.290	10.00	1.52%	0.0152	50.00	298.78	348.78	0.00035	14%	86%	0.9	0.65	0.686
K0+019.290	K0+029.290	10.00	0.41%	0.0041	50.00	308.30	358.30	0.00036	14%	86%	0.9	0.65	0.685
K0+029.290	K0+062.110	32.82	0.41%	0.0041	164.10	1045.15	1209.25	0.00121	14%	86%	0.9	0.65	0.684
K0+062.110	K0+072.110	10.00	0.41%	0.0041	50.00	351.82	401.82	0.00040	12%	88%	0.9	0.65	0.681
K0+072.110	K0+082.110	10.00	-1.53%	-0.0153	50.00	339.21	389.21	0.00039	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+082.110	K0+093.120	11.01	-1.53%	-0.0153	55.05	361.90	416.95	0.00042	13%	87%	0.9	0.65	0.683
K0+093.120	K0+103.120	10.00	-1.53%	-0.0153	50.00	341.48	391.48	0.00039	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+103.120	K0+113.120	10.00	0.65%	0.0065	50.00	353.97	403.97	0.00040	12%	88%	0.9	0.65	0.681
K0+113.120	K0+143.280	30.16	0.65%	0.0065	150.80	1108.14	1258.94	0.00126	12%	88%	0.9	0.65	0.680
K0+143.280	K0+153.280	10.00	0.65%	0.0065	50.00	414.96	464.96	0.00046	11%	89%	0.9	0.65	0.677
K0+153.280	K0+163.280	10.00	-0.34%	-0.0034	50.00	429.08	479.08	0.00048	10%	90%	0.9	0.65	0.676
K0+163.280	K0+186.840	23.56	-0.34%	-0.0034	117.80	950.93	1068.73	0.00107	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+186.840	K0+189.340	2.50	2.00%	0.0200	12.50	106.96	119.46	0.00012	10%	90%	0.9	0.65	0.676
K0+189.340	K0+191.840	2.50	-2.00%	-0.0200	12.50	103.52	116.02	0.00012	11%	89%	0.9	0.65	0.677
K0+191.840	K0+250.520	58.68	0.36%	0.0036	293.40	1991.05	2284.45	0.00228	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+250.520	K0+272.720	22.20	-0.83%	-0.0083	111.00	948.52	1059.52	0.00106	10%	90%	0.9	0.65	0.676
K0+272.720	K0+275.820	3.10	2.07%	0.0207	15.50	146.85	162.35	0.00016	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+275.820	K0+278.610	2.79	-1.00%	-0.0100	13.95	134.21	148.16	0.00015	9%	91%	0.9	0.65	0.674
K0+278.610	K0+294.810	16.20	0.92%	0.0092	81.00	790.22	871.22	0.00087	9%	91%	0.9	0.65	0.673
K0+294.810	K0+304.810	10.00	0.92%	0.0092	50.00	474.44	524.44	0.00052	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+304.810	K0+314.810	10.00	-1.60%	-0.0160	50.00	170.81	220.81	0.00022	23%	77%	0.9	0.65	0.707
K0+314.810	K0+329.940	15.13	-1.60%	-0.0160	75.65	258.44	334.09	0.00033	23%	77%	0.9	0.65	0.707
K0+329.940	K0+333.010	3.07	1.00%	0.0100	15.35	52.92	68.27	0.00007	22%	78%	0.9	0.65	0.706

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 33. Coeficientes de escorrentía eje 10.

EJE 10													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+004.010	4.01	-1.41%	-0.0141	24.06	66.61	90.67	0.00009	27%	73%	0.9	0.65	0.716
K0+004.010	K0+024.230	20.22	1.20%	0.0120	121.32	335.86	457.18	0.00046	27%	73%	0.9	0.65	0.716

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 10														
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+024.230	K0+043.350	19.12	0.30%	0.0030	114.72	317.59	432.31	0.00043	27%	73%	0.9	0.65	0.716

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 34. Coeficientes de escorrentía eje 11.

EJE 11													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+002.330	2.33	-0.83%	-0.0083	9.32	67.16	76.48	0.00008	12%	88%	0.9	0.65	0.680
K0+002.330	K0+026.550	24.22	0.83%	0.0083	96.88	698.17	795.05	0.00080	12%	88%	0.9	0.65	0.680
K0+026.550	K0+036.550	10.00	0.83%	0.0083	40.00	288.26	328.26	0.00033	12%	88%	0.9	0.65	0.680
K0+036.550	K0+046.550	10.00	-0.23%	-0.0023	40.00	288.26	328.26	0.00033	12%	88%	0.9	0.65	0.680
K0+046.550	K0+100.530	53.98	-0.23%	-0.0023	215.92	1556.03	1771.95	0.00177	12%	88%	0.9	0.65	0.680

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 35. Coeficientes de escorrentía eje 12.

EJE 12													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+021.780	21.78	0.73%	0.0073	87.12	593.17	680.29	0.00068	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+021.780	K0+394.150	372.37	0.21%	0.0021	1489.48	10141.39	11630.87	0.01163	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+394.150	K0+404.150	10.00	0.21%	0.0021	40.00	272.35	312.35	0.00031	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+404.150	K0+414.150	10.00	-1.36%	-0.0136	40.00	272.35	312.35	0.00031	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+414.150	K0+428.080	13.93	-1.36%	-0.0136	55.72	379.38	435.10	0.00044	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+428.080	K0+438.800	10.72	-1.36%	-0.0136	42.88	291.96	334.84	0.00033	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+438.800	K0+448.080	9.28	0.87%	0.0087	37.12	252.74	289.86	0.00029	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+448.080	K0+467.400	19.32	0.87%	0.0087	77.28	526.17	603.45	0.00060	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+467.400	K0+477.400	10.00	0.87%	0.0087	40.00	272.35	312.35	0.00031	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+477.400	K0+487.400	10.00	-0.23%	-0.0023	40.00	272.35	312.35	0.00031	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+487.400	K0+663.030	175.63	-0.23%	-0.0023	702.52	4783.23	5485.75	0.00549	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+663.030	K0+727.670	64.64	-0.57%	-0.0057	258.56	1760.45	2019.01	0.00202	13%	87%	0.9	0.65	0.682
K0+727.670	K0+897.170	169.50	-0.04%	-0.0004	678.00	4616.29	5294.29	0.00529	13%	87%	0.9	0.65	0.682

Fuente. Esta consultoría, 2024

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

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

7.5 PERIODO DE RETORNO

El período de retorno de diseño debe seleccionarse en función de la importancia de las áreas a proteger, así como de los posibles daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan causar a los habitantes, el tráfico vehicular, el comercio, la industria, entre otros. La elección del período de retorno está directamente relacionada con las características de protección requeridas y la relevancia del área de estudio.

Para efectos de diseño, el período de retorno o la frecuencia del evento pluvial de diseño se establecerá conforme a los siguientes criterios técnicos:

En este caso particular, dado que el canal propuesto se desarrollará a lo largo de un corredor vial, se ha seleccionado un período de retorno de 10 años, en concordancia con lo especificado en la tabla 2.8 del Manual de Drenaje del INVÍAS y la metodología de análisis para zonas inundables permisibles en áreas urbanas. A continuación, en la Tabla 36 se presentan los valores de periodo de retorno.

Tabla 36. Valores de periodo de retorno para diferentes obras

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO
Cunetas	5 años
Zanjas de coronación y canales de guarda	10 años
Estructuras de caída	10 años
Alcantarillas circulares de 0.90m de diámetro	10 años
Alcantarillas circulares mayores de 0.90m de diámetro	20 años
Puentes menores (luz menor a 10 m).	25 años
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m.	50 años
Puentes de luz mayor o igual a 50 m.	100 años
Drenaje sub-superficial	2 años

Fuente. INVIAS, 2009

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

7.6 INTENSIDAD DE LLUVIAS

Para este caso en particular, se ha adoptado una intensidad de lluvia de **160.45 mm/h**, calculada en el diseño hidráulico previo, para un período de retorno de 10 años. Este valor ha sido seleccionado en función de las características específicas de la cuenca y del corredor vial en el cual se desarrolla el proyecto, considerando tanto las condiciones climáticas locales como las normas vigentes para el diseño de infraestructura vial en zonas urbanas.

La intensidad de 160.45 mm/h refleja la magnitud de las lluvias extremas esperadas durante un evento que se presenta, en promedio, una vez cada 10 años, y se ha calculado utilizando los registros históricos de precipitaciones y los análisis hidrológicos correspondientes. Este valor no solo asegura que el sistema de drenaje sea capaz de manejar las escorrentías generadas por este tipo de eventos, sino que también se ajusta a los lineamientos establecidos en el Manual de Drenaje de INVÍAS y la metodología recomendada para áreas urbanas con zonas de inundación permisible.

La elección de un período de retorno de 10 años es adecuada para el diseño de este canal, dado su desarrollo a lo largo de un corredor vial de importancia, donde las inundaciones podrían generar interrupciones significativas en el tráfico vehicular y afectar las actividades comerciales e industriales cercanas.

7.7 CAUDALES DE DISEÑO

Para la determinación del caudal de diseño de los colectores y canales se empleará el método racional, aplicable en proyectos donde el área de drenaje sea inferior a 1000 hectáreas. La ecuación del método racional es la siguiente:

$$Q = C\ I\ A$$

Donde:

- **Q:** Caudal estimado en un punto determinado (l/s).
- **C:** Coeficiente de escorrentía (adimensional), determinado según las características del suelo y el uso del terreno, tal como se detalla en apartados anteriores.

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

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

- **I:** Intensidad de la lluvia, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y para el período de retorno seleccionado (mm/h).
- **A:** Área de la cuenca de drenaje (hectáreas).

En este diseño, se ha considerado un período de retorno de 10 años, conforme a las recomendaciones para áreas urbanas con zonas de inundación permisible. Según el estudio hidrológico e hidráulico realizado, la intensidad de lluvia asociada a dicho período de retorno es de **160.45mm/h**.

Este valor de intensidad de lluvia y los parámetros correspondientes aseguran un diseño adecuado para el manejo de las escorrentías generadas por las lluvias extremas esperadas durante el período de diseño.

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

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

Tabla 37. Cálculo de caudales Eje 1.

EJE 1											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc Kirpich promedio	Tc Kirpich Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INCIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+002.290	0.0013	0.002	0.00007	0.693	10	1.050	15.000	131.00	0.0017	0.046
K0+002.290	K0+003.270	0.0359	0.001	0.00003	0.693	10	0.232	15.000	131.00	0.0007	0.044
K0+003.270	K0+011.270	0.0359	0.008	0.00023	0.693	10	1.104	15.000	131.00	0.0058	0.044
K0+011.270	K0+019.270	0.0022	0.008	0.00023	0.693	10	2.293	15.000	131.00	0.0058	0.038
K0+019.270	K0+063.310	0.0022	0.044	0.00127	0.693	10	8.289	15.000	131.00	0.0320	0.032
K0+063.310	K0+124.060	-0.0012	0.061	0.00175	0.693	10	12.433	15.000	131.00	0.0441	0.044
K0+124.060	K0+128.750	0.0116	0.005	0.00013	0.693	10	0.992	15.000	131.00	0.0034	0.003
K0+128.750	K0+134.200	-0.0004	0.005	0.00016	0.693	10	2.741	15.000	131.00	0.0040	0.004
K0+134.200	K0+205.990	0.0052	0.072	0.00206	0.693	10	9.629	15.000	131.00	0.0521	0.059
K0+205.990	K0+215.990	0.0052	0.010	0.00029	0.693	10	2.155	15.000	131.00	0.0073	0.007
K0+215.990	K0+225.990	-0.0059	0.010	0.00029	0.693	10	2.085	15.000	131.00	0.0073	0.007
K0+225.990	K0+250.570	-0.0059	0.025	0.00071	0.693	10	4.108	15.000	131.00	0.0178	0.025

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 38. Cálculo de caudales Eje 2.

EJE 2											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+015.770	0.0037	0.016	0.00036	0.694	10	3.339	15.000	131.00	0.0091	0.015
K0+015.770	K0+025.770	0.0037	0.010	0.00023	0.694	10	2.371	15.000	131.00	0.0058	0.006
K0+025.770	K0+035.770	-0.0096	0.010	0.00023	0.694	10	1.846	15.000	131.00	0.0058	0.006
K0+035.770	K0+046.840	-0.0096	0.011	0.00025	0.694	10	1.991	15.000	131.00	0.0064	0.012
K0+046.840	K0+050.440	-0.0195	0.004	0.00008	0.694	10	0.714	15.000	131.00	0.0021	0.014

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 39. Cálculo de caudales Eje 3.

EJE 3											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+002.680	-0.0059	0.003	0.00008	0.693	10	0.783	15.000	131.00	0.0020	0.002
K0+002.680	K0+044.850	-0.0015	0.042	0.00124	0.693	10	8.868	15.000	131.00	0.0312	0.033
K0+044.850	K0+054.850	-0.0015	0.010	0.00029	0.693	10	2.998	15.000	131.00	0.0074	0.041
K0+054.850	K0+064.850	-0.0093	0.010	0.00029	0.693	10	1.849	15.000	131.00	0.0074	0.048
K0+064.850	K0+078.840	-0.0093	0.014	0.00041	0.693	10	2.381	15.000	131.00	0.0104	0.058
K0+078.840	K0+081.400	-0.0174	0.003	0.00008	0.693	10	0.568	15.000	131.00	0.0019	0.060

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 40. Cálculo de caudales Eje 4.

EJE 4											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+057.770	0.0053	0.058	0.00214	0.677	10	8.048	15.000	131.00	0.0527	0.053
K0+057.770	K0+237.240	-0.0022	0.179	0.00665	0.677	10	24.222	24.222	103.09	0.1289	0.129
K0+237.240	K0+239.750	0.0203	0.003	0.00009	0.677	10	0.536	15.000	131.00	0.0023	0.002
K0+239.750	K0+242.150	-0.0206	0.002	0.00009	0.677	10	0.516	15.000	131.00	0.0022	0.002
K0+242.150	K0+257.770	0.0030	0.016	0.00058	0.677	10	3.461	15.000	131.00	0.0143	0.014
K0+257.770	K0+285.920	-0.0031	0.028	0.00104	0.677	10	5.352	15.000	131.00	0.0257	0.026
K0+285.920	K0+289.190	0.0178	0.003	0.00012	0.677	10	0.675	15.000	131.00	0.0030	0.003
K0+289.190	K0+292.610	-0.0205	0.003	0.00013	0.677	10	0.671	15.000	131.00	0.0031	0.003
K0+292.610	K0+350.640	0.0033	0.058	0.00215	0.677	10	9.134	15.000	131.00	0.0530	0.053
K0+350.640	K0+440.430	-0.0030	0.090	0.00332	0.677	10	13.088	15.000	131.00	0.0820	0.082
K0+440.430	K0+443.720	0.0191	0.003	0.00012	0.677	10	0.664	15.000	131.00	0.0030	0.003
K0+443.720	K0+447.360	-0.0217	0.004	0.00013	0.677	10	0.693	15.000	131.00	0.0033	0.003
K0+447.360	K0+492.340	0.0050	0.045	0.00167	0.677	10	6.747	15.000	131.00	0.0411	0.045
K0+492.340	K0+496.960	0.0222	0.005	0.00017	0.677	10	0.822	15.000	131.00	0.0042	0.004

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 41. Cálculo de caudales Eje 5.

EJE 5											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+004.010	-0.0059	0.004	0.00021	0.674	10	1.043	15.000	131.00	0.0051	0.005
K0+004.010	K0+027.130	0.0064	0.023	0.00119	0.674	10	3.782	15.000	131.00	0.0292	0.042
K0+027.130	K0+037.130	0.0064	0.010	0.00051	0.674	10	2.013	15.000	131.00	0.0126	0.013
K0+037.130	K0+047.130	-0.0070	0.010	0.00051	0.674	10	1.966	15.000	131.00	0.0126	0.013
K0+047.130	K0+082.510	-0.0070	0.035	0.00182	0.674	10	5.102	15.000	131.00	0.0447	0.057
K0+082.510	K0+085.010	0.0207	0.003	0.00013	0.674	10	0.529	15.000	131.00	0.0032	0.003
K0+085.010	K0+087.520	-0.0192	0.003	0.00013	0.674	10	0.540	15.000	131.00	0.0032	0.003
K0+087.520	K0+138.420	0.0030	0.051	0.00262	0.674	10	8.392	15.000	131.00	0.0643	0.064
K0+138.420	K0+197.880	-0.0020	0.059	0.00306	0.674	10	10.507	15.000	131.00	0.0752	0.075
K0+197.880	K0+207.880	-0.0020	0.010	0.00051	0.674	10	2.740	15.000	131.00	0.0126	0.088
K0+207.880	K0+217.880	-0.0131	0.010	0.00051	0.674	10	1.670	15.000	131.00	0.0126	0.100
K0+217.880	K0+221.350	-0.0131	0.003	0.00018	0.674	10	0.759	15.000	131.00	0.0044	0.105
K0+221.350	K0+231.350	-0.0033	0.010	0.00051	0.674	10	2.398	15.000	131.00	0.0126	0.117
K0+231.350	K0+241.350	-0.0033	0.010	0.00051	0.674	10	2.398	15.000	131.00	0.0126	0.130
K0+241.350	K0+251.230	-0.0033	0.010	0.00051	0.674	10	2.378	15.000	131.00	0.0125	0.143
K0+251.230	K0+254.100	0.0224	0.003	0.00015	0.674	10	0.573	15.000	131.00	0.0036	0.004

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 42. Cálculo de caudales Eje 6.

EJE 6											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+004.830	-0.0514	0.005	0.00016	0.687	10	0.687	15.000	131.00	0.0040	0.004
K0+004.830	K0+029.110	-0.0075	0.024	0.00081	0.687	10	3.808	15.000	131.00	0.0203	0.024
K0+029.110	K0+051.200	-0.0050	0.022	0.00074	0.687	10	3.940	15.000	131.00	0.0185	0.043

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 6											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+051.200	K0+065.920	0.0050	0.015	0.00049	0.687	10	2.901	15.000	131.00	0.0123	0.076
K0+065.920	K0+131.670	0.0050	0.066	0.00220	0.687	10	9.050	15.000	131.00	0.0551	0.063
K0+131.670	K0+141.670	0.0050	0.010	0.00033	0.687	10	2.170	15.000	131.00	0.0084	0.008
K0+141.670	K0+151.670	-0.0041	0.010	0.00033	0.687	10	2.286	15.000	131.00	0.0084	0.008
K0+151.670	K0+184.960	-0.0041	0.033	0.00111	0.687	10	5.665	15.000	131.00	0.0279	0.036
K0+184.960	K0+216.070	-0.0091	0.031	0.00104	0.687	10	4.374	15.000	131.00	0.0261	0.062
K0+216.070	K0+283.020	-0.0039	0.067	0.00224	0.687	10	9.788	15.000	131.00	0.0561	0.118
K0+283.020	K0+298.750	0.0074	0.016	0.00053	0.687	10	2.751	15.000	131.00	0.0132	0.013
K0+298.750	K0+327.100	-0.0080	0.028	0.00095	0.687	10	4.213	15.000	131.00	0.0237	0.024
K0+327.100	K0+350.550	-0.0030	0.023	0.00078	0.687	10	4.715	15.000	131.00	0.0196	0.043
K0+350.550	K0+355.270	-0.0093	0.005	0.00016	0.687	10	1.052	15.000	131.00	0.0040	0.047
K0+355.270	K0+359.860	0.0064	0.005	0.00015	0.687	10	1.137	15.000	131.00	0.0038	0.012
K0+359.860	K0+369.860	0.0064	0.010	0.00033	0.687	10	2.033	15.000	131.00	0.0084	0.008
K0+369.860	K0+379.860	-0.0162	0.010	0.00033	0.687	10	1.596	15.000	131.00	0.0084	0.008
K0+379.860	K0+388.720	-0.0162	0.009	0.00030	0.687	10	1.457	15.000	131.00	0.0074	0.016
K0+388.720	K0+412.240	0.0043	0.024	0.00079	0.687	10	4.300	15.000	131.00	0.0197	0.020
K0+412.240	K0+496.260	-0.0038	0.084	0.00281	0.687	10	11.732	15.000	131.00	0.0704	0.070
K0+496.260	K0+498.260	0.0192	0.002	0.00007	0.687	10	0.460	15.000	131.00	0.0017	0.002
K0+498.260	K0+500.260	-0.0206	0.002	0.00007	0.687	10	0.452	15.000	131.00	0.0017	0.002
K0+500.260	K0+535.570	0.0025	0.035	0.00118	0.687	10	6.745	15.000	131.00	0.0296	0.030
K0+535.570	K0+579.520	-0.0030	0.044	0.00147	0.687	10	7.596	15.000	131.00	0.0368	0.037
K0+579.520	K0+589.100	-0.0102	0.010	0.00032	0.687	10	1.743	15.000	131.00	0.0080	0.045
K0+589.100	K0+731.090	0.0011	0.142	0.00475	0.687	10	24.303	24.303	102.92	0.0934	0.123
K0+731.090	K0+765.960	0.0085	0.035	0.00117	0.687	10	4.856	15.000	131.00	0.0292	0.029
K0+765.960	K0+827.040	-0.0033	0.061	0.00204	0.687	10	9.528	15.000	131.00	0.0512	0.051
K0+827.040	K0+851.280	-0.0098	0.024	0.00081	0.687	10	3.550	15.000	131.00	0.0203	0.071
K0+851.280	K0+855.160	0.0165	0.004	0.00013	0.687	10	0.783	15.000	131.00	0.0032	0.003

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 43. Cálculo de caudales Eje 7.

EJE 7											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+088.040	-0.0062	0.088	0.00275	0.690	10	10.739	15.000	131.00	0.0691	0.069
K0+088.040	K0+090.040	0.0200	0.002	0.00006	0.690	10	0.456	15.000	131.00	0.0016	0.002
K0+090.040	K0+092.040	-0.0200	0.002	0.00006	0.690	10	0.456	15.000	131.00	0.0016	0.002
K0+092.040	K0+136.340	0.0109	0.044	0.00138	0.690	10	5.480	15.000	131.00	0.0348	0.072
K0+136.340	K0+184.220	0.0028	0.048	0.00150	0.690	10	8.273	15.000	131.00	0.0376	0.038
K0+184.220	K0+188.150	-0.0498	0.004	0.00012	0.690	10	0.595	15.000	131.00	0.0031	0.003
K0+188.150	K0+193.900	0.0008	0.006	0.00018	0.690	10	2.354	15.000	131.00	0.0045	0.042
K0+193.900	K0+196.020	0.0732	0.002	0.00007	0.690	10	0.341	15.000	131.00	0.0017	0.037
K0+196.020	K0+241.420	0.0075	0.045	0.00142	0.690	10	6.148	15.000	131.00	0.0357	0.036
K0+241.420	K0+357.280	-0.0025	0.116	0.00362	0.690	10	16.794	16.794	123.81	0.0860	0.086
K0+357.280	K0+379.440	-0.0068	0.022	0.00069	0.690	10	3.653	15.000	131.00	0.0174	0.103

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 44. Cálculo de caudales Eje 8.

EJE 8											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+004.460	0.0136	0.004	0.00016	0.685	10	0.911	15.000	131.00	0.0040	0.004
K0+004.460	K0+076.540	-0.0030	0.072	0.00257	0.685	10	11.068	15.000	131.00	0.0641	0.064
K0+076.540	K0+097.560	-0.0107	0.021	0.00075	0.685	10	3.109	15.000	131.00	0.0187	0.083
K0+097.560	K0+107.560	-0.0107	0.010	0.00036	0.685	10	1.775	15.000	131.00	0.0089	0.092
K0+107.560	K0+117.560	0.0024	0.010	0.00036	0.685	10	2.632	15.000	131.00	0.0089	0.063
K0+117.560	K0+178.744	0.0024	0.061	0.00218	0.685	10	10.349	15.000	131.00	0.0544	0.054
K0+178.744	K0+429.170	-0.0020	0.250	0.00892	0.685	10	32.210	32.210	89.40	0.1519	0.152
K0+429.170	K0+432.170	0.0189	0.003	0.00011	0.685	10	0.623	15.000	131.00	0.0027	0.003
K0+432.170	K0+435.170	-0.0200	0.003	0.00011	0.685	10	0.613	15.000	131.00	0.0027	0.003

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 8											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+435.170	K0+529.860	0.0007	0.095	0.00337	0.685	10	20.014	20.014	113.42	0.0729	0.096
K0+529.860	K0+539.860	0.0007	0.010	0.00036	0.685	10	3.668	15.000	131.00	0.0089	0.023
K0+539.860	K0+549.860	0.0721	0.010	0.00036	0.685	10	1.088	15.000	131.00	0.0089	0.014
K0+549.860	K0+551.940	0.0721	0.002	0.00007	0.685	10	0.335	15.000	131.00	0.0018	0.005
K0+551.940	K0+555.460	0.0058	0.004	0.00013	0.685	10	0.957	15.000	131.00	0.0031	0.003

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 45. Cálculo de caudales Eje 9.

EJE 9											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+002.960	-0.0169	0.003	0.00010	0.687	10	0.637	15.000	131.00	0.0025	0.003
K0+002.960	K0+009.290	0.0152	0.006	0.00022	0.686	10	1.150	15.000	131.00	0.0054	0.063
K0+009.290	K0+019.290	0.0152	0.010	0.00035	0.686	10	1.620	15.000	131.00	0.0087	0.058
K0+019.290	K0+029.290	0.0041	0.010	0.00036	0.685	10	2.283	15.000	131.00	0.0089	0.049
K0+029.290	K0+062.110	0.0041	0.033	0.00121	0.684	10	5.590	15.000	131.00	0.0301	0.040
K0+062.110	K0+072.110	0.0041	0.010	0.00040	0.681	10	2.277	15.000	131.00	0.0100	0.010
K0+072.110	K0+082.110	-0.0153	0.010	0.00039	0.682	10	1.613	15.000	131.00	0.0097	0.010
K0+082.110	K0+093.120	-0.0153	0.011	0.00042	0.683	10	1.737	15.000	131.00	0.0104	0.020
K0+093.120	K0+103.120	-0.0153	0.010	0.00039	0.682	10	1.613	15.000	131.00	0.0097	0.030
K0+103.120	K0+113.120	0.0065	0.010	0.00040	0.681	10	2.017	15.000	131.00	0.0100	0.053
K0+113.120	K0+143.280	0.0065	0.030	0.00126	0.680	10	4.634	15.000	131.00	0.0312	0.043
K0+143.280	K0+153.280	0.0065	0.010	0.00046	0.677	10	2.010	15.000	131.00	0.0115	0.011
K0+153.280	K0+163.280	-0.0034	0.010	0.00048	0.676	10	2.383	15.000	131.00	0.0118	0.012
K0+163.280	K0+186.840	-0.0034	0.024	0.00107	0.678	10	4.542	15.000	131.00	0.0264	0.038
K0+186.840	K0+189.340	0.0200	0.003	0.00012	0.676	10	0.534	15.000	131.00	0.0029	0.003

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 9											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+189.340	K0+191.840	-0.0200	0.003	0.00012	0.677	10	0.534	15.000	131.00	0.0029	0.003
K0+191.840	K0+250.520	0.0036	0.059	0.00228	0.682	10	8.992	15.000	131.00	0.0567	0.057
K0+250.520	K0+272.720	-0.0083	0.022	0.00106	0.676	10	3.434	15.000	131.00	0.0261	0.026
K0+272.720	K0+275.820	0.0207	0.003	0.00016	0.674	10	0.619	15.000	131.00	0.0040	0.004
K0+275.820	K0+278.610	-0.0100	0.003	0.00015	0.674	10	0.693	15.000	131.00	0.0036	0.004
K0+278.610	K0+294.810	0.0092	0.016	0.00087	0.673	10	2.628	15.000	131.00	0.0214	0.034
K0+294.810	K0+304.810	0.0092	0.010	0.00052	0.674	10	1.830	15.000	131.00	0.0129	0.013
K0+304.810	K0+314.810	-0.0160	0.010	0.00022	0.707	10	1.617	15.000	131.00	0.0057	0.006
K0+314.810	K0+329.940	-0.0160	0.015	0.00033	0.707	10	2.212	15.000	131.00	0.0086	0.014
K0+329.940	K0+333.010	0.0100	0.003	0.00007	0.706	10	0.756	15.000	131.00	0.0018	0.002

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 46. Cálculo de caudales Eje 10.

EJE 10											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+004.010	-0.0141	0.004	0.00009	0.716	10	0.842	15.000	131.00	0.0024	0.002
K0+004.010	K0+024.230	0.0120	0.020	0.00046	0.716	10	2.965	15.000	131.00	0.0119	0.023
K0+024.230	K0+043.350	0.0030	0.019	0.00043	0.716	10	4.083	15.000	131.00	0.0113	0.011

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 47. Cálculo de caudales Eje 11.

EJE 11											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INCIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+002.330	-0.0083	0.002	0.00008	0.680	10	0.644	15.000	131.00	0.0019	0.002
K0+002.330	K0+026.550	0.0083	0.024	0.00080	0.680	10	3.704	15.000	131.00	0.0197	0.028
K0+026.550	K0+036.550	0.0083	0.010	0.00033	0.680	10	1.901	15.000	131.00	0.0081	0.008
K0+036.550	K0+046.550	-0.0023	0.010	0.00033	0.680	10	2.668	15.000	131.00	0.0081	0.008
K0+046.550	K0+100.530	-0.0023	0.054	0.00177	0.680	10	9.533	15.000	131.00	0.0439	0.052

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 48. Cálculo de caudales Eje 12.

EJE 12											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INCIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+021.780	0.0073	0.022	0.00068	0.682	10	3.539	15.000	131.00	0.0169	0.194
K0+021.780	K0+394.150	0.0021	0.372	0.01163	0.682	10	43.576	43.576	76.86	0.1695	0.177
K0+394.150	K0+404.150	0.0021	0.010	0.00031	0.682	10	2.736	15.000	131.00	0.0078	0.008
K0+404.150	K0+414.150	-0.0136	0.010	0.00031	0.682	10	1.673	15.000	131.00	0.0078	0.008
K0+414.150	K0+428.080	-0.0136	0.014	0.00044	0.682	10	2.147	15.000	131.00	0.0108	0.019
K0+428.080	K0+438.800	-0.0136	0.011	0.00033	0.682	10	1.762	15.000	131.00	0.0083	0.027
K0+438.800	K0+448.080	0.0087	0.009	0.00029	0.682	10	1.776	15.000	131.00	0.0072	0.030
K0+448.080	K0+467.400	0.0087	0.019	0.00060	0.682	10	3.087	15.000	131.00	0.0150	0.023
K0+467.400	K0+477.400	0.0087	0.010	0.00031	0.682	10	1.879	15.000	131.00	0.0078	0.008
K0+477.400	K0+487.400	-0.0023	0.010	0.00031	0.682	10	2.671	15.000	131.00	0.0078	0.008
K0+487.400	K0+663.030	-0.0023	0.176	0.00549	0.682	10	23.682	23.682	104.26	0.1084	0.116
K0+663.030	K0+727.670	-0.0057	0.065	0.00202	0.682	10	8.653	15.000	131.00	0.0501	0.166
K0+727.670	K0+897.170	-0.0004	0.170	0.00529	0.682	10	36.501	36.501	83.98	0.0843	0.251

Fuente. Esta consultoría, 2024

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

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

8 INFORMACIÓN HIDRÁULICA

8.1 ANÁLISIS HIDRÁULICO

Los canales y bordillos diseñados para este proyecto deberán funcionar como conducciones a flujo libre por gravedad. Para su diseño hidráulico, los cálculos se realizarán utilizando el caudal máximo horario, considerando un flujo uniforme en las áreas de drenaje que sean menores a 10 hectáreas. En caso de áreas mayores, se recomienda realizar los cálculos con flujo no permanente, adaptando las hipótesis a las características de la cuenca y a las variaciones temporales del caudal.

El diseño de los canales y bordillos se basará en la fórmula de Manning, que permite calcular la velocidad del flujo según las características hidráulicas del sistema de drenaje. La ecuación de Manning es:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

- **v:** velocidad del flujo (m/s),
- **n:** coeficiente de rugosidad de Manning, determinado según el material del canal o bordillo,
- **R:** radio hidráulico (m),
- **S:** pendiente del canal o bordillo (m/m).

El caudal se calculará con la ecuación de continuidad:

$$Q = v \cdot A$$

Donde:

- **Q:** caudal (m^3/s),
- **v:** velocidad del flujo (m/s),
- **A:** área de la sección transversal del canal o bordillo (m^2).

Estas fórmulas permiten dimensionar adecuadamente los canales y bordillos para garantizar un flujo eficiente, evitando desbordamientos durante eventos de precipitación intensa. La selección de los parámetros hidráulicos se ajustará a las condiciones del terreno y a las características constructivas de los canales y bordillos proyectados.

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

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

8.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

El coeficiente de rugosidad de Manning, que se utiliza para calcular la pérdida de energía por fricción en las conducciones, debe ser seleccionado cuidadosamente en función del tipo de material y la condición interna de las tuberías o canales. En lugar de utilizar los valores de la norma NS-085 de Bogotá, se han adoptado los coeficientes de rugosidad recomendados en el libro Hidráulica de Ven Te Chow, que ofrece una referencia ampliamente aceptada a nivel internacional.

A continuación, se presentan los valores típicos de n según Ven Te Chow para diferentes materiales:

- **Superficie muy lisa (PVC, PEAD):** n=0.009−0.010n = 0.009 - 0.010n=0.009−0.010
- **Tuberías de concreto prefabricado:** n=0.012−0.013n = 0.012 - 0.013n=0.012−0.013
- **Concreto fundido in situ o superficies rugosas:** n=0.015−0.017n = 0.015 - 0.017n=0.015−0.017

Estos valores ofrecen una mayor precisión en el cálculo hidráulico, especialmente cuando se diseñan sistemas de drenaje que involucran distintos materiales y condiciones de superficie. El uso de estos coeficientes asegura un dimensionamiento adecuado y una mayor confiabilidad en la predicción de la capacidad hidráulica del sistema.

8.3 PENDIENTE

La pendiente de los conductos y canales deberá seleccionarse de manera que se ajuste a la topografía del terreno, evitando generar velocidades fuera de los rangos recomendados para sistemas de alcantarillado pluvial o sanitario. En tramos donde la pendiente natural sea pronunciada y pueda causar velocidades excesivas, se deben incorporar estructuras de caída que permitan controlar la pendiente y mantener las velocidades dentro de los límites permitidos.

8.4 VELOCIDADES MÍNIMAS

La velocidad mínima en el sistema debe ser tal que garantice condiciones de autolimpieza, evitando la acumulación de sedimentos. Para ello, se emplea el criterio de esfuerzo tractivo, que se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

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

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$$

Donde:

- **τ:** esfuerzo cortante (N/m²),
- **γ:** peso específico del agua (N/m³),
- **R:** radio hidráulico de la sección (m),
- **S:** pendiente de la tubería (m/m).

Para garantizar la eficiencia del sistema pluvial, el esfuerzo cortante medio debe ser igual o superior a 3.0 N/m² para el caudal de diseño, en caso de requerirse tubería se debe garantizar que al menos 1.5 N/m² para el 10% de la capacidad de la tubería a flujo lleno. Estos valores aseguran que la velocidad mínima sea suficiente para mantener el flujo en condiciones de autolimpieza, evitando obstrucciones y acumulación de sólidos.

Para los canales se tomarán valores de 0.60 y 0.90 m/s según lo indica el manual de drenaje para carreteras en el numeral 4.6.1 Diseño de canales.

8.5 VELOCIDADES MÁXIMAS

Los valores máximos permitidos para la velocidad en los canales dependen del tipo de material y su sensibilidad a la abrasión. En el caso de canales construidos con materiales resistentes, como el concreto, es posible soportar velocidades relativamente altas sin comprometer la integridad de la estructura. No obstante, para velocidades superiores a 6 m/s, se deben considerar medidas adicionales, como la instalación de estructuras disipadoras de energía y la correcta cimentación de los canales para evitar daños estructurales.

Para canales excavados en tierra, las velocidades deben ser cuidadosamente controladas para evitar erosión, pero en ningún caso se permitirá que superen los 2 m/s. Esta limitación se establece para garantizar la estabilidad del canal y prevenir la degradación de sus paredes. Los valores de velocidad máxima y fuerza tractiva permisibles para distintos tipos de material se encuentran detallados en la tabla 4.9 del *Manual de Drenaje para Carreteras* del INVÍAS, que debe ser consultada para establecer los valores específicos en cada caso.

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

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

Tabla 49. Velocidades y fuerza tractiva máximas permisibles.

TIPO DE TERRENO	AGUA CLARA		AGUA CON SEDIMENTOS COLOIDALES (*)	
	V(m/s)	$\tau(kg/m^2)$	V(m/s)	$\tau(kg/m^2)$
Arena fina coloidal	0.45	0.13	0.75	0.37
Limo arenoso no coloidal	0.50	0.18	0.75	0.37
Sedimentos limosos	0.60	0.23	0.90	0.54
Sedimentos aluviales no coloidal	0.60	0.23	1.00	0.73
Limo	0.75	0.37	1.00	0.73
Ceniza volcánica	0.75	0.37	1.00	0.73
Arcilla dura	1.15	1.27	1.50	2.25
Sedimentos aluviales coloidal	1.15	1.27	1.50	2.25
Pizarras	1.80	3.27	1.80	3.27
Grava	0.75	0.37	1.50	1.56
Limo a ripio, suelo no coloidales	1.15	1.86	1.50	3.23
Limo a ripio, suelo coloidal	1.20	2.10	1.60	3.91
Grava gruesa	1.20	1.47	1.80	3.27
Bolos	1.50	4.44	1.60	5.38

(*) Por partículas coloidales se entienden aquellas de diámetro menor a 2 micrones en las cuales los efectos de las fuerzas de superficie prevalecen sobre los de las fuerzas gravitacionales.

Fuente. INVIAS

Sin embargo el canal ande propuesto por esta consultoría está revestida en concreto, por ende, se debe tomar en consideración la velocidad máxima establecida en el RAS 2000 en el titulo D, en el apartado 4.5.3.1 “velocidades en los canales de drenaje de aguas lluvias.

Tabla 50. Velocidades máximas en canales revestidos (m/s)

Tipo de revestimiento	Características del material	Velocidad máxima
Revestimiento de hormigón (agua libre de arenas y piedras)		12,5
Mampostería convencional o en piedra		3,7
Gaviones (0.5 m y mayor)		4,7
Piedras grandes		3,0
Capas de piedra o arcilla (100 mm a 150 mm)		2,4
Suelo apisonado con piedra	Piedra de 150 - 200 mm	2,6
Capa doble de piedra	Piedra de 200 - 300 mm	3,0
Capa doble de piedra	Piedra de 150 - 200 mm	3,0
Capa doble de piedra	Piedra de 200 - 300 mm	3,1

Fuente. RAS (2016)

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

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

Tabla 51. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 1.

EJE 1																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+002.29	2.29	0.0013	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.756	0.643	0.001663	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+002.29	K0+003.27	0.98	0.0359	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.975	3.379	0.000712	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+003.27	K0+011.27	8.00	0.0359	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.975	3.379	0.005809	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+011.27	K0+019.27	8.00	0.0022	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.984	0.836	0.005809	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+019.27	K0+063.31	44.04	0.0022	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.984	0.836	0.031980	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+063.31	K0+124.06	60.75	0.0012	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.727	0.618	0.044114	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+124.06	K0+128.75	4.69	0.0116	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.260	1.921	0.003406	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+128.75	K0+134.20	5.45	0.0004	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.420	0.357	0.003958	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+134.20	K0+205.99	71.79	0.0052	0.07	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.513	1.286	0.052131	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+205.99	K0+215.99	10.00	0.0052	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.513	1.286	0.007262	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+215.99	K0+225.99	10.00	0.0059	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.611	1.370	0.007262	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+225.99	K0+250.57	24.58	0.0059	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.611	1.370	0.017849	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 52. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 2.

EJE 2																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+015.77	15.77	0.0037	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.276	1.085	0.009148	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+015.77	K0+025.77	10.00	0.0037	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.276	1.085	0.005801	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+025.77	K0+035.77	10.00	0.0096	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.056	1.747	0.005801	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+035.77	K0+046.84	11.07	0.0096	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.056	1.747	0.006421	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+046.84	K0+050.44	3.60	0.0195	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.930	2.490	0.002088	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 53. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 3.

EJE 3																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+002.68	2.68	0.0059	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.611	1.370	0.001983	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+002.68	K0+044.85	42.17	0.0015	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.813	0.691	0.031209	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+044.85	K0+054.85	10.00	0.0015	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.813	0.691	0.007401	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+054.85	K0+064.85	10.00	0.0093	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.023	1.720	0.007401	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+064.85	K0+078.84	13.99	0.0093	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.023	1.720	0.010354	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 3																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+078.84	K0+081.40	2.56	0.0174	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	1.014	0.038	0.032	0.001895	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 54. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 4.

EJE 4																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+057.77	57.77	0.0053	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.527	1.298	0.052740	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+057.77	K0+237.24	179.47	0.0022	0.18	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.984	0.836	0.128936	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+237.24	K0+239.75	2.51	0.0203	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.989	2.541	0.002291	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+239.75	K0+242.15	2.40	0.0206	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.011	2.559	0.002191	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+242.15	K0+257.77	15.62	0.0030	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.149	0.977	0.014260	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+257.77	K0+285.92	28.15	0.0031	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.168	0.993	0.025699	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+285.92	K0+289.19	3.27	0.0178	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.799	2.379	0.002985	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+289.19	K0+292.61	3.42	0.0205	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.004	2.553	0.003122	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+292.61	K0+350.64	58.03	0.0033	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.205	1.024	0.052977	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+350.64	K0+440.43	89.79	0.0030	0.09	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.149	0.977	0.081972	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 4																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+440.43	K0+443.72	3.29	0.0191	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.899	2.464	0.003004	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+443.72	K0+447.36	3.64	0.0217	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.090	2.627	0.003323	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+447.36	K0+492.34	44.98	0.0050	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.483	1.261	0.041064	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+492.34	K0+496.96	4.62	0.0222	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.126	2.657	0.004218	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 55. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 5.

EJE 5																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+004.01	4.01	0.0059	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.611	1.370	0.005069	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+004.01	K0+027.13	23.12	0.0064	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.678	1.427	0.029227	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+027.13	K0+037.13	10.00	0.0064	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.678	1.427	0.012641	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+037.13	K0+047.13	10.00	0.0070	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.755	1.492	0.012641	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+047.13	K0+082.51	35.38	0.0070	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.755	1.492	0.044725	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+082.51	K0+085.01	2.50	0.0207	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.018	2.566	0.003160	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+085.01	K0+087.52	2.51	0.0192	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.907	2.471	0.003173	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 5																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+087.52	K0+138.42	50.90	0.0030	0.05	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.149	0.977	0.064344	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+138.42	K0+197.88	59.46	0.0020	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.938	0.797	0.075165	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+197.88	K0+207.88	10.00	0.0020	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.938	0.797	0.012641	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+207.88	K0+217.88	10.00	0.0131	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.401	2.041	0.012641	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+217.88	K0+221.35	3.47	0.0131	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.401	2.041	0.004387	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+221.35	K0+231.35	10.00	0.0033	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.205	1.024	0.012641	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+231.35	K0+241.35	10.00	0.0033	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.205	1.024	0.012641	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+241.35	K0+251.23	9.88	0.0033	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.205	1.024	0.012490	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+251.23	K0+254.10	2.87	0.0224	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.140	2.669	0.003628	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 56. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 6.

EJE 6																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+004.83	4.83	0.0514	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	4.756	4.043	0.004045	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+004.83	K0+029.11	24.28	0.0075	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.817	1.544	0.020334	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 6																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+029.11	K0+051.20	22.09	0.0050	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.483	1.261	0.018500	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+051.20	K0+065.92	14.72	0.0050	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.483	1.261	0.012328	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+065.92	K0+131.67	65.75	0.0050	0.07	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.483	1.261	0.055064	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+131.67	K0+141.67	10.00	0.0050	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.483	1.261	0.008375	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+141.67	K0+151.67	10.00	0.0041	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.343	1.142	0.008375	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+151.67	K0+184.96	33.29	0.0041	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.343	1.142	0.027879	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+184.96	K0+216.07	31.11	0.0091	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.001	1.701	0.026054	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+216.07	K0+283.02	66.95	0.0039	0.07	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.310	1.114	0.056069	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+283.02	K0+298.75	15.73	0.0074	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.805	1.534	0.013173	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+298.75	K0+327.10	28.35	0.0080	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.876	1.595	0.023742	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+327.10	K0+350.55	23.45	0.0030	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.149	0.977	0.019639	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+350.55	K0+355.27	4.72	0.0093	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.023	1.720	0.003953	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+355.27	K0+359.86	4.59	0.0064	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.678	1.427	0.003844	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+359.86	K0+369.86	10.00	0.0064	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.678	1.427	0.008375	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 6																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+369.86	K0+379.86	10.00	0.0162	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.670	2.270	0.008375	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+379.86	K0+388.72	8.86	0.0162	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.670	2.270	0.007420	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+388.72	K0+412.24	23.52	0.0043	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.376	1.169	0.019697	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+412.24	K0+496.26	84.02	0.0038	0.08	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.293	1.099	0.070364	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+496.26	K0+498.26	2.00	0.0192	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.907	2.471	0.001675	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+498.26	K0+500.26	2.00	0.0206	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.011	2.559	0.001675	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+500.26	K0+535.57	35.31	0.0025	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.049	0.892	0.029571	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+535.57	K0+579.52	43.95	0.0030	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.149	0.977	0.036807	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+579.52	K0+589.10	9.58	0.0102	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.119	1.801	0.008023	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+589.10	K0+731.09	141.99	0.0011	0.14	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.696	0.591	0.093423	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+731.09	K0+765.96	34.87	0.0085	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.934	1.644	0.029203	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+765.96	K0+827.04	61.08	0.0033	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.205	1.024	0.051153	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+827.04	K0+851.28	24.24	0.0098	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.077	1.765	0.020300	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+851.28	K0+855.16	3.88	0.0165	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	1.014	0.037	0.032	0.003249	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 57. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 7.

EJE 7																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+088.04	88.04	0.0062	0.09	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.652	1.404	0.069138	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+088.04	K0+090.04	2.00	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.967	2.522	0.001571	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+090.04	K0+092.04	2.00	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.967	2.522	0.001571	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+092.04	K0+136.34	44.30	0.0109	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.190	1.862	0.034789	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+136.34	K0+184.22	47.88	0.0028	0.05	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.110	0.944	0.037600	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+184.22	K0+188.15	3.93	0.0498	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	4.680	3.978	0.003086	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+188.15	K0+193.90	5.75	0.0008	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.593	0.504	0.004515	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+193.90	K0+196.02	2.12	0.0732	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	5.676	4.825	0.001665	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+196.02	K0+241.42	45.40	0.0075	0.05	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.817	1.544	0.035653	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+241.42	K0+357.28	115.86	0.0025	0.12	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.049	0.892	0.085991	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+357.28	K0+379.44	22.16	0.0068	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.730	1.470	0.017402	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 58. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 8.

EJE 8																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+004.46	4.46	0.0136	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.447	2.080	0.003965	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+004.46	K0+076.54	72.08	0.0030	0.07	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.149	0.977	0.064079	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+076.54	K0+097.56	21.02	0.0107	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.170	1.845	0.018687	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+097.56	K0+107.56	10.00	0.0107	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.170	1.845	0.008890	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+107.56	K0+117.56	10.00	0.0024	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.028	0.874	0.008890	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+117.56	K0+178.74	61.18	0.0024	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.028	0.874	0.054393	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+178.74	K0+429.17	250.43	0.0020	0.25	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.938	0.797	0.151932	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+429.17	K0+432.17	3.00	0.0189	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.884	2.452	0.002667	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+432.17	K0+435.17	3.00	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.967	2.522	0.002667	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+435.17	K0+529.86	94.69	0.0007	0.09	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.555	0.472	0.072883	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+529.86	K0+539.86	10.00	0.0007	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.555	0.472	0.008890	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+539.86	K0+549.86	10.00	0.0721	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	5.633	4.788	0.008890	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+549.86	K0+551.94	2.08	0.0721	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	5.633	4.788	0.001849	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 8																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+551.94	K0+555.46	3.52	0.0058	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	1.014	0.022	0.019	0.003129	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 59. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 9.

EJE 9																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+002.96	2.96	0.0169	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.727	2.318	0.002520	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+002.96	K0+009.29	6.33	0.0152	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.586	2.199	0.005428	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+009.29	K0+019.29	10.00	0.0152	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.586	2.199	0.008711	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+019.29	K0+029.29	10.00	0.0041	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.343	1.142	0.008937	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+029.29	K0+062.11	32.82	0.0041	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.343	1.142	0.030119	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+062.11	K0+072.11	10.00	0.0041	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.343	1.142	0.009967	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+072.11	K0+082.11	10.00	0.0153	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.595	2.206	0.009669	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+082.11	K0+093.12	11.01	0.0153	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.595	2.206	0.010371	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+093.12	K0+103.12	10.00	0.0153	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.595	2.206	0.009722	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+103.12	K0+113.12	10.00	0.0065	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.691	1.438	0.010018	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 9																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+113.12	K0+143.28	30.16	0.0065	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.691	1.438	0.031174	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+143.28	K0+153.28	10.00	0.0065	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.691	1.438	0.011462	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+153.28	K0+163.28	10.00	0.0034	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.223	1.040	0.011796	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+163.28	K0+186.84	23.56	0.0034	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.223	1.040	0.026371	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+186.84	K0+189.34	2.50	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.967	2.522	0.002942	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+189.34	K0+191.84	2.50	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.967	2.522	0.002860	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+191.84	K0+250.52	58.68	0.0036	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.259	1.070	0.056748	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+250.52	K0+272.72	22.20	0.0083	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.911	1.625	0.026091	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+272.72	K0+275.82	3.10	0.0207	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	3.018	2.566	0.003984	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+275.82	K0+278.61	2.79	0.0100	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.098	1.783	0.003634	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+278.61	K0+294.81	16.20	0.0092	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.012	1.710	0.021361	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+294.81	K0+304.81	10.00	0.0092	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.012	1.710	0.012870	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+304.81	K0+314.81	10.00	0.0160	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.654	2.256	0.005682	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+314.81	K0+329.94	15.13	0.0160	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.654	2.256	0.008597	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 9																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+329.94	K0+333.01	3.07	0.0100	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.098	1.783	0.001756	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 60. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 10.

EJE 10																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+004.01	4.01	0.0141	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.491	2.117	0.002365	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+004.01	K0+024.23	20.22	0.0120	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.298	1.953	0.011927	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+024.23	K0+043.35	19.12	0.0030	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.149	0.977	0.011278	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 61. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 11.

EJE 11																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+002.33	2.33	0.0083	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.911	1.625	0.001895	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+002.33	K0+026.55	24.22	0.0083	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.911	1.625	0.019702	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+026.55	K0+036.55	10.00	0.0083	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.911	1.625	0.008135	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 11																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+036.55	K0+046.55	10.00	0.0023	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.006	0.855	0.008135	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+046.55	K0+100.53	53.98	0.0023	0.05	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.006	0.855	0.043911	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 62. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 12.

EJE 12																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	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+021.78	21.78	0.0073	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.792	1.524	0.016897	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+021.78	K0+394.15	372.37	0.0021	0.37	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.961	0.817	0.169493	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+394.15	K0+404.15	10.00	0.0021	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.961	0.817	0.007758	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+404.15	K0+414.15	10.00	0.0136	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.447	2.080	0.007758	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+414.15	K0+428.08	13.93	0.0136	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.447	2.080	0.010807	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+428.08	K0+438.80	10.72	0.0136	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.447	2.080	0.008317	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+438.80	K0+448.08	9.28	0.0087	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.957	1.663	0.007199	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+448.08	K0+467.40	19.32	0.0087	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.957	1.663	0.014988	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+467.40	K0+477.40	10.00	0.0087	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.957	1.663	0.007758	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 12																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+477.40	K0+487.40	10.00	0.0023	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.006	0.855	0.007758	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+487.40	K0+663.03	175.63	0.0023	0.18	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.006	0.855	0.108441	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+663.03	K0+727.67	64.64	0.0057	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	1.584	1.346	0.050148	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+727.67	K0+897.17	169.50	0.0004	0.17	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	0.420	0.357	0.084299	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

9 SISTEMA PLUVIAL

9.1 CONSIDERACIONES GENERALES

No todos los sectores requieren necesariamente un sistema de drenaje pluvial. Dependiendo de las condiciones topográficas, las características de las vías, la estructura urbana y el desarrollo de la zona, la evacuación de la escorrentía podría lograrse de manera efectiva a través de las calles o cunetas. En aquellos sectores donde sea necesario, los sistemas pluviales pueden cubrir toda la zona o enfocarse en las áreas específicas que presentan problemas de inundación.

Los sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales se diseñarán y construirán con el objetivo de:

- Facilitar la evacuación adecuada de la escorrentía pluvial de las vías públicas.
- Prevenir la generación de caudales excesivos en las calzadas.
- Evitar la entrada de aguas pluviales a propiedades públicas y privadas.
- Impedir la acumulación de aguas en vías de tránsito.
- Asegurar la continuidad del tráfico vehicular y peatonal durante eventos de precipitación intensa.
- Evitar conexiones incorrectas hacia el sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.
- Mitigar los efectos negativos sobre los cuerpos de agua receptores causados por la contaminación de la escorrentía pluvial urbana.

Algunos de los factores clave a considerar en el estudio de los problemas de recolección y evacuación de aguas pluviales en áreas urbanas incluyen:

- Evaluación de soluciones utilizando canales abiertos o conductos cerrados.
- Determinación de la profundidad adecuada para los colectores.
- Selección de los tipos de tuberías más adecuados para el sistema.

9.2 DRENAJE SUPERFICIAL

El objetivo principal del drenaje superficial es captar y desalojar las aguas lluvias que corren directamente sobre la calzada y sus zonas aledañas. Un

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

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

sistema de drenaje superficial está constituido por los siguientes elementos:

- Pendiente longitudinal
- Cunetas o canaletas
- Sumideros
- Pendiente transversal

Las cunetas longitudinales deben proyectarse para satisfacer una o varias finalidades siguientes:

- Recoger las aguas de escorrentía procedentes de calzada, de taludes de cortes y laderas adyacentes.
- Recoger las aguas infiltradas en base, sub-base y terrenos adyacentes.
- Controlar el nivel freático.
- Al proyectarse una cuneta, mediante los cálculos hidráulicos, se debe tener en cuenta su sección transversal, pendiente longitudinal, puntos de drenaje, así como el tipo de revestimiento en caso de requerirse.
- La velocidad de circulación de agua debe limitarse para evitar erosión, sin reducirla tanto que pueda dar origen a depósitos de sedimentos. La velocidad mínima recomendable 0.35 m/s.
- El cálculo hidráulico de las cunetas debe realizarse según los requisitos establecidos en la normas RAS.
- Cálculo de escorrentía, o sea, caudales a eliminar - Determinación de capacidad hidráulica de la cuneta con el fin de definir sus dimensiones.

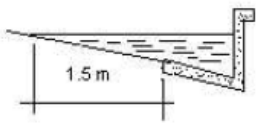
Aparte del aspecto estructural del pavimento, el drenaje es absolutamente indispensable para facilitar el tránsito de los peatones y vehículos en épocas de lluvia, disminuir los accidentes y evitar la reducción de la capacidad de la vía por anegación de la calzada. Los límites tolerables de inundación de cunetas en vías urbanas se indican en la Tabla 63.

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

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

Tabla 63. Límites de Inundación permisibles de cunetas en vías urbanas.

Cuadro 1. Limites de inundación permisible de cunetas en vías urbanas

CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE	LÍMITE PERMISIBLE DE LA ZONA INUNDABLE	FRECUENCIA DE LA LLUVIA DE DISEÑO (años)		
		VÍAS RÁPIDAS	AVENIDAS	CALLES
Sardineles, cunetas	 Un metro y medio del ancho de la calzada	15	10	10

Fuente. INVIAS

NOTA: El drenaje superficial de las vías en zonas urbanas debe ser coordinado con las autoridades competentes de la localidad.

9.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS CUNETAS Y CANALETAS

Las cunetas y canaletas deben ubicarse según lo indicado en los planos de diseño o en las áreas donde sea necesaria su construcción o reconstrucción, de acuerdo con el criterio técnico del proyecto.

En el presente diseño, se consideró que la pendiente transversal de la vía, en conjunto con el sardinel, formaban una cuneta longitudinal. Esta configuración se complementa con una pendiente longitudinal en la vía, y se ha garantizado la ausencia de puntos bajos. Con base en este criterio, se adoptó una pendiente transversal (bombeo normal) del 2.0 %.

De acuerdo con los cálculos presentados en el Anexo *3*,
Cálculos hidráulicos se confina en los sardineles por cada costado de la vía y en algunas casos supera la cuña conformada por el peralte, pero nunca presenta desborde por encima de los sardineles.

A continuación, se detallan los parámetros de diseño utilizados para el cálculo de las zonas de inundación sobre la vía.

Tabla 64. Parámetros de diseño zona de Inundación.

DRENAJE SUPERFICIAL

Base 1	3.00	m
Base 2	0.00	m

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Altura	0.06	m
1/n	66.67	
Área	0.27	m2
Perímetro	6.181	m
Radio H	0.044	m
Intensidad	175.76	mm/h
c	0.75	
Ancho de zona	20.00	m

Fuente. Esta consultoría, 2024

De acuerdo con las pendientes que se pudiecen considerar de acuerdo a la zona del proyecto se presenta la curva de capacidad y longitud de saturacion correspondiente.

Tabla 65. Longitud máxima de saturación Cuña para un ancho de calzada de 6.00 m.

Pendiente	Caudal m3/s	V (m/s)	Froud	L max Cuneta
0.05	0.05	0.18	0.24	68.0
0.1	0.07	0.26	0.34	96.0
0.15	0.09	0.32	0.42	118.0
0.2	0.10	0.37	0.48	136.0
0.25	0.11	0.41	0.54	152.0
0.3	0.12	0.45	0.59	167.0
0.35	0.13	0.49	0.64	180.0
0.4	0.14	0.52	0.68	193.0
0.45	0.15	0.55	0.72	205.0
0.5	0.16	0.58	0.76	216.0
0.55	0.17	0.61	0.80	226.0
0.6	0.17	0.64	0.83	236.0
0.65	0.18	0.67	0.87	246.0
0.7	0.19	0.69	0.90	255.0
0.75	0.19	0.72	0.93	264.0
0.8	0.20	0.74	0.96	273.0
0.85	0.21	0.76	0.99	281.0
0.9	0.21	0.78	1.02	289.0
0.95	0.22	0.81	1.05	297.0
1	0.22	0.83	1.08	305.0

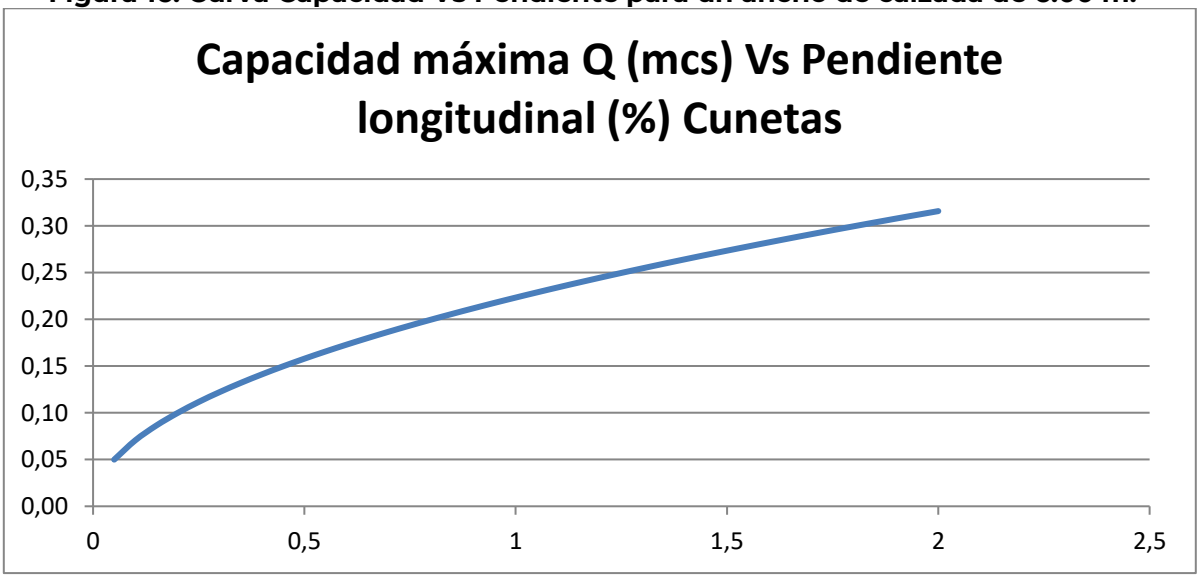
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

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

Pendiente	Caudal m3/s	V (m/s)	Froud	L max Cuneta
1.05	0.23	0.85	1.10	312.0
1.1	0.23	0.87	1.13	320.0
1.15	0.24	0.89	1.16	327.0
1.2	0.24	0.91	1.18	334.0
1.25	0.25	0.92	1.21	341.0
1.3	0.25	0.94	1.23	348.0
1.35	0.26	0.96	1.25	354.0
1.4	0.26	0.98	1.28	361.0
1.45	0.27	1.00	1.30	367.0
1.5	0.27	1.01	1.32	373.0
1.55	0.28	1.03	1.34	380.0
1.6	0.28	1.05	1.36	386.0
1.65	0.29	1.06	1.38	392.0
1.7	0.29	1.08	1.41	397.0
1.75	0.30	1.09	1.43	403.0
1.8	0.30	1.11	1.45	409.0
1.85	0.30	1.12	1.47	415.0
1.9	0.31	1.14	1.49	420.0
1.95	0.31	1.15	1.51	426.0
2	0.32	1.17	1.52	431.0

Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 16. Curva Capacidad Vs Pendiente para un ancho de calzada de 6.00 m.

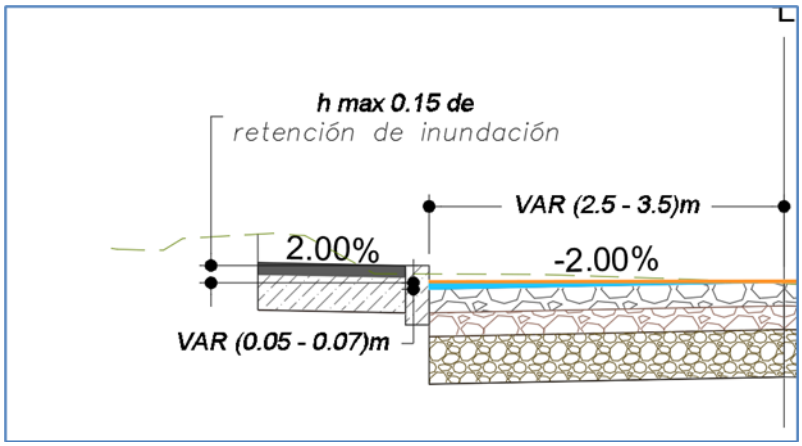


Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Fuente. Esta consultoría, 2024

A continuación se presenta disposición de la inundacion en la sección de la vía proyectada:

Figura 17. Zona de Inundación en Sección de Vía.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Como se puede observar en la figura 16 la inundación se produce de forma variable de acuerdo con el ancho de calzada, la pendiente longitudinal y la longitud de captación.

10 SUMIDEROS DE REJILLA SOBRE UN PUNTO BAJO O UNA DEPRESIÓN

Un sumidero de rejilla en una depresión opera como un vertedero bajo una pequeña profundidad. Esta capacidad es estimada por:

$$Q_i = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g(P_e)} * (Y_s + Y)^{1,5}$$

$$Q_i = C_w P_e (Y_s + Y)^{1,5}$$

Dónde: Cd = coeficiente de descarga. Cw = coeficiente de vertedero según unidades: Sistema Internacional 1,66 y Sistema Inglés 3,0. Y = altura de la lámina de agua frente a la estructura. Ys= altura de la depresión. Pe perímetro efectivo alrededor del sumidero de rejilla, que se define como:

$$P_e = (1 - C)_P$$

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Dónde: C = factor de obstrucción, para rejillas generalmente C = 0,5. P = perímetro mojado de la rejilla (m). P = 2(L + W) Sumidero en sitios sin cordón de andén. P = 2L + W Sumidero en sitios con cordón de andén.
Cuando en el sumidero de rejilla, la rejilla está sumergida, opera como un orificio; lacapacidad de evacuación se puede estimar por la siguiente expresión:

$$Q_i = CoA_e\sqrt{2g}Y = 0{,}67A_e\sqrt{2g}\ (Y + Y_s)$$

Dónde: C_0 = coeficiente del orificio, para este caso 0,67. A_e= área libre de la rejilla (m^2), igual al área total de la rejilla menos el área cubiertapor las barras de hierro.

$$A_e = (1 - C)\ mWL$$

m = relación del área de la apertura de la rejilla menos el área de las barras de acero yel área total de la apertura.

Para aplicar la ecuación anterior para una rejilla en un punto bajo, la profundidad del flujo es determinada por la hidráulica de la calle. Posteriormente se muestra la profundidad adicional del estancamiento Ys, la cual se puede determinar basándose en la condición de punto bajo. Por ejemplo, en la esquina de una calle la máxima profundidad de estancamiento es la altura del cordón de andén (aproximadamente 0,20 m). Cuando el esparcimiento de diseño tiene una profundidad de 0,15 m, la profundidad de encharcamiento adicional es la esquina de la calle de 0,05 m. También es posible considerar una profundidad de encharcamiento adicional observada cuando se presenta una tormenta mayor que la de diseño.

La transición entre el flujo en una rejilla operando como vertedero y el flujo en una rejilla operando como un orificio no se puede definir claramente. No obstante, la presentación de la curva de descarga de una rejilla dada muestra que la curva de la rejilla operando como vertedero intercepta la curva de la rejilla operando como orificio.

El siguiente criterio se usa para determinar la condición del flujo de un sumidero de rejilla en punto bajo:

- Si se desea determinar la capacidad de interceptación del sumidero de rejilla de acuerdo con el tipo de flujo sobre la

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

estructura, para una altura de lámina de agua, debe calcularse el caudal de la rejilla operando como vertedero y como orificio; el menor de ambos caudales determina el tipo de flujo en el sumidero.

$$Q_a = \min (Q_{(i\ vertedero)}, Q_{(i\ orificio)})$$

Donde Q_a = Caudal captado por el sumidero de rejilla en punto bajo.

Teniendo en cuenta la transición entre un flujo como vertedero y un flujo como orifico y la necesidad de establecer cómo está funcionando el sumidero, también se sugiere la siguiente expresión para la evaluación:

$$\text{Si } (Y_s + Y) > 1{,}792 \left(\frac{A_g}{P}\right)$$

El sumidero opera como un orificio. En esta expresión todas las variables ya se han definido. (Rodríguez Diaz, 2013).

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

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

Tabla 66: Comprobación hidráulica de sumidero lateral para drenaje.

Datos					
	1. Calle				
	Pendiente Longitudinal de la Vía	**S_0[%]**		=	1.00
	Bombeo o Pendiente Transversal	**S_x [%]**		=	2.00
	Pendiente Transversal en la Cuneta	**S_w [%]**		=	0.50
	Coef. Rugosidad de Manning	**n**		=	0.015
	2. Capacidad de la vía				
	Flujo Frontal transportado por ancho cuneta W	**QW [m3/s]**		=	0.0874
	Flujo lateral transportado por ancho vía	**QX [m3/s]**		=	0.0902
	Flujo transportado por la calle	**Qsmc [m3/s]**		=	0.1776
	3. Constantes				
	Factor de obstrucción de sumidero lateral			=	0.1000
	2. Geometría				
	Longitud de la ventana	**L[m]**		=	0.87
	Numero de ventanas				1.0
Resultados					
	Capacidad de intercepción del sumidero lateral				
	Longitud de la ventana para intercepción completa del flujo Qs				
	Relación de flujo frontal Qw/Qs		Ew	=	0.4920
	Pendiente equivalente	Se [%]		=	19.3843
	Longitud para intercepción 100% de Qs	Lt[m]		=	4.5915
	Longitud efectiva de la ventana	Le[m]		=	0.7830
	Capacidad del sumidero lateral con longitud Le	Qa[m3/s]		=	0.0507
	Flujo de arrastre		Qc[m3/s]	=	0.1268

Fuente: esta consultoría, 2024

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

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

Tabla 67. Análisis de sumideros.

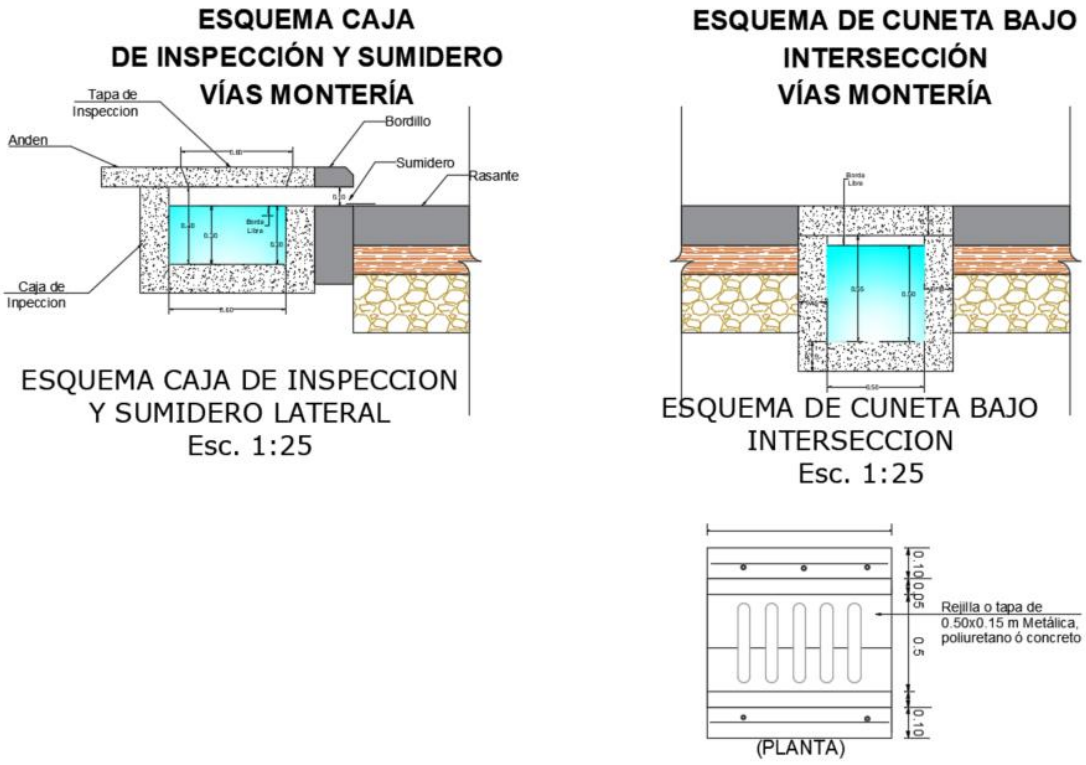
ALINEAMIENTO	LONGITUD	UBICACIÓN	SEPARACIÓN	ABCISA	Y	Ys	Cw	W	L	Qi (vertedero)	Ae	Qi (Orificio)	Qi (sumidero)
ID	(m)		(m)					(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m3/s)	(m3/s)
3	81.400	Derecho e izquierdo	30	INICIO TRAMO L/2 TRAMO FINAL TRAMO	0.07	0.01	1.66	0.6	0.8	0.133	0.144	0.13	0.13
1	250.570	Derecho e izquierdo	30	INICIO TRAMO L/2 TRAMO FINAL TRAMO	0.07	0.01	1.66	0.6	0.8	0.133	0.144	0.13	0.13
6	815.250	Derecho e izquierdo	30	INICIO TRAMO L/2 TRAMO FINAL TRAMO	0.07	0.01	1.66	0.6	0.8	0.133	0.144	0.13	0.13
8	376.716	Derecho e izquierdo	30	INICIO TRAMO L/2 TRAMO FINAL TRAMO	0.07	0.01	1.66	0.6	0.8	0.133	0.144	0.13	0.13
12	404.150	Derecho e izquierdo	30	INICIO TRAMO L/2 TRAMO FINAL TRAMO	0.07	0.01	1.66	0.6	0.8	0.133	0.144	0.13	0.13

Fuente: esta consultoría, 2024

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

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

Figura 18: Detalle de sumidero y canal anden propuesto.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 68: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje 3.

EJE 3													
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	BASE	TIRANTE	ÁREA HIDRÁULICA	PERIMÉTRO MOJADO	RADIO HIDRÁULICO	COEF. MANNING	VELOCIDAD	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	n	m/s	m3/s	m3/s	
K0+081.400	K0+078.840	2.56	-0.0174	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.91	0.698	0.002	CUMPLE
K0+078.840	K0+064.850	13.99	-0.0093	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.13	0.510	0.01	CUMPLE
K0+064.850	K0+054.850	10.00	-0.0093	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.13	0.510	0.02	CUMPLE
K0+054.850	K0+044.850	10.00	-0.0015	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	0.85	0.205	0.03	CUMPLE
K0+044.850	K0+002.680	42.17	-0.0015	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	0.85	0.205	0.06	CUMPLE
K0+002.680	K0+000.000	2.68	-0.0059	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.69	0.406	0.06	CUMPLE

Fuente. Esta consultoría, 2024

SE UNE CON EL EJE 1 Y SALE AL CANAL DE 6 DE MARZO.

Tabla 69: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje 1.

EJE 1													
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	BASE	TIRANTE	ÁREA HIDRÁULICA	PERIMÉTRO MOJADO	RADIO HIDRÁULICO	COEF. MANNING	VELOCIDAD	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	n	m/s	m3/s	m3/s	
K0+250.570	K0+225.990	24.58	-0.0059	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.69	0.406	0.078	CUMPLE
K0+225.990	K0+215.990	10.00	-0.0059	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.69	0.406	0.085	CUMPLE
K0+215.990	K0+205.990	10.00	-0.0052	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.59	0.381	0.093	CUMPLE
K0+205.990	K0+134.200	71.79	-0.0052	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.59	0.381	0.145	CUMPLE
K0+134.200	K0+128.750	5.45	-0.0052	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.59	0.381	0.149	CUMPLE
K0+128.750	K0+124.060	4.69	-0.0116	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.37	0.570	0.152	CUMPLE
K0+124.060	K0+063.310	60.75	-0.0012	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	0.76	0.183	0.156	CUMPLE
K0+063.310	K0+019.270	44.04	-0.0022	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.03	0.248	0.200	CUMPLE
K0+019.270	K0+011.270	8.00	-0.0022	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.03	0.248	0.232	CUMPLE
K0+011.270	K0+003.270	8.00	-0.0359	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	4.18	1.002	0.237	CUMPLE
K0+003.270	K0+002.290	0.98	-0.0359	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	4.18	1.002	0.243	CUMPLE
K0+002.290	K0+000.000	2.29	-0.0259	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	3.55	0.851	0.244	CUMPLE

Fuente. Esta consultoría, 2024

SALIDA HACIA EL CANAL 6 DE MARZO

Tabla 70: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje .6

EJE 6													
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	BASE	TIRANTE	ÁREA HIDRÁULICA	PERIMÉTRO MOJADO	RADIO HIDRÁULICO	COEF. MANNING	VELOCIDAD	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	n	m/s	m3/s	m3/s	
K0+000.000	K0+004.830	4.83	-0.0514	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	5.00	1.199	0.004	CUMPLE
K0+004.830	K0+029.110	24.28	-0.0075	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.91	0.458	0.024	CUMPLE
K0+029.110	K0+051.200	22.09	-0.005	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.56	0.374	0.043	CUMPLE
K0+051.200	K0+065.920	14.72	-0.005	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.56	0.374	0.055	CUMPLE
K0+065.920	K0+131.670	65.75	-0.005	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.56	0.374	0.110	CUMPLE
K0+131.670	K0+141.670	10.00	-0.005	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.56	0.374	0.119	CUMPLE

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 6													
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	BASE	TIRANTE	ÁREA HIDRÁULICA	PERIMÉTRO MOJADO	RADIO HIDRÁULICO	COEF. MANNING	VELOCIDAD	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	n	m/s	m3/s	m3/s	
K0+141.670	K0+151.670	10.00	-0.0041	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.41	0.339	0.127	CUMPLE
K0+151.670	K0+184.960	33.29	-0.0041	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.41	0.339	0.155	CUMPLE
K0+184.960	K0+216.070	31.11	-0.0091	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.10	0.505	0.181	CUMPLE
K0+216.070	K0+283.020	66.95	-0.0039	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.38	0.330	0.237	CUMPLE
K0+283.020	K0+298.750	15.73	-0.0074	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.90	0.455	0.250	CUMPLE
K0+298.750	K0+327.100	28.35	-0.008	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.97	0.473	0.274	CUMPLE
K0+327.100	K0+350.550	23.45	-0.004	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.39	0.335	0.294	CUMPLE
K0+350.550	K0+355.270	4.72	-0.0093	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.13	0.510	0.298	CUMPLE
K0+355.270	K0+359.860	4.59	-0.0064	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.76	0.423	0.301	CUMPLE
K0+359.860	K0+369.860	10.00	-0.0064	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.76	0.423	0.310	CUMPLE
K0+369.860	K0+379.860	10.00	-0.0162	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.81	0.673	0.318	CUMPLE
K0+379.860	K0+388.720	8.86	-0.0162	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.81	0.673	0.326	CUMPLE
K0+388.720	K0+412.240	23.52	-0.0043	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.45	0.347	0.345	CUMPLE
K0+412.240	K0+452.320	40.08	-0.0138	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.59	0.621	0.416	CUMPLE
K0+464.110	K0+498.260	34.15	0.0192	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	3.05	0.733	0.252	CUMPLE
K0+498.260	K0+500.260	2.00	0.0206	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	3.16	0.759	0.250	CUMPLE
K0+500.260	K0+535.570	35.31	0.0025	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.10	0.265	0.248	CUMPLE
K0+535.570	K0+579.520	43.95	0.003	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.21	0.290	0.219	CUMPLE
K0+579.520	K0+589.100	9.58	0.0102	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.23	0.534	0.182	CUMPLE
K0+589.100	K0+731.090	141.99	0.0011	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	0.73	0.175	0.174	CUMPLE
K0+731.090	K0+765.960	34.87	0.0085	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.03	0.488	0.080	CUMPLE
K0+765.960	K0+827.040	61.08	0.0033	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.27	0.304	0.051	CUMPLE

Fuente. Esta consultoría, 2024

SALIDA AL CANAL DEL ALIVIO.

Tabla 71: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje .8.

EJE 8													
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	BASE	TIRANTE	ÁREA HIDRÁULICA	PERIMÉTRO MOJADO	RADIO HIDRÁULICO	COEF. MANNING	VELOCIDAD	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	n	m/s	m3/s	m3/s	
K0+178.744	K0+429.170	250.43	-0.002	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	0.99	0.237	0.152	CUMPLE
K0+429.170	K0+432.170	3.00	-0.0189	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	3.03	0.727	0.155	CUMPLE
K0+432.170	K0+435.170	3.00	-0.02	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	3.12	0.748	0.157	CUMPLE
K0+435.170	K0+529.860	94.69	-0.0027	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.15	0.275	0.230	CUMPLE
K0+529.860	K0+539.860	10.00	-0.0027	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.15	0.275	0.239	CUMPLE
K0+539.860	K0+549.860	10.00	0.0721	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	5.92	1.420	0.014	CUMPLE
K0+549.860	K0+551.940	2.08	0.0721	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	5.92	1.420	0.005	CUMPLE
K0+551.940	K0+555.460	3.52	0.0058	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.68	0.403	0.003	CUMPLE

Fuente. Esta consultoría, 2024

SALIDA AL CANAL DE LAS VIÑAS.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 72: Comprobación hidráulica de canal anden propuesto eje 12.

EJE 12													
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	BASE	TIRANTE	ÁREA HIDRÁULICA	PERIMÉTRO MOJADO	RADIO HIDRÁULICO	COEF. MANNING	VELOCIDAD	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)	n	m/s	m3/s	m3/s	
K0+404.150	K0+394.150	10.00	-0.0021	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	1.01	0.242	0.007	CUMPLE
K0+394.150	K0+021.780	372.37	-0.0136	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.57	0.617	0.177	CUMPLE
K0+021.780	K0+000.000	21.78	-0.0136	0.60	0.40	0.24	1.40	0.17	0.014	2.57	0.617	0.194	CUMPLE

Fuente. Esta consultoría, 2024

SALE CANAL DE VILLA CIELO

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

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

10.1.1 ANÁLISIS DE NIVEL DE SALIDAS DE AGUAS LLUVIAS DOMICILIARIAS

- **Eje 2:** Es necesario que se analicen las salidas de agua lluvia provenientes de los tejados y patios de las casas para corroborar la necesidad de instalar sifones invertidos que permita la salida del agua por rebose sobre el nivel de la capa de rodadura de la vía, en aquellas viviendas que están ubicadas desde la abscisa K0+010 a la K0+025 en el lado izquierdo.
- **Eje 4:** Es necesario que se analicen las salidas de agua lluvia provenientes de los tejados y patios de las casas para corroborar la necesidad de instalar sifones invertidos que permita la salida del agua por rebose sobre el nivel de la capa de rodadura de la vía, en aquellas viviendas que están ubicadas desde la abscisa K0+000 a la K0+000 a la K0+095.
- **Eje 5:** Es necesario que se analicen las salidas de agua lluvia provenientes de los tejados y patios de las casas para corroborar la necesidad de instalar sifones invertidos que permita la salida del agua por rebose sobre el nivel de la capa de rodadura de la vía, en aquellas viviendas que están ubicadas desde la abscisa K0+120 a la K0+150 al lado derecho.
- **Eje 7:** Es necesario que se analicen las salidas de agua lluvia provenientes de los tejados y patios de las casas para corroborar la necesidad de instalar sifones invertidos que permita la salida del agua por rebose sobre el nivel de la capa de rodadura de la vía, en aquellas viviendas que están ubicadas desde la abscisa K0+015 a la K0+035.
- **Eje 9:** Es necesario que se analicen las salidas de agua lluvia provenientes de los tejados y patios de las casas para corroborar la necesidad de instalar sifones invertidos que permita la salida del agua por rebose sobre el nivel de la capa de rodadura de la vía, en aquellas viviendas que están ubicadas desde la abscisa K0+295 a la K0+310.
- **Eje 10:** Es necesario que se analicen las salidas de agua lluvia provenientes de los tejados y patios de las casas para corroborar la necesidad de instalar sifones invertidos que permita la salida del agua por rebose sobre el nivel de la capa de rodadura de la vía, en aquellas viviendas que están ubicadas desde la abscisa K0+035 a la K0+045.
- **Eje 11:** Es necesario que se analicen las salidas de agua lluvia provenientes de los tejados y patios de las casas para corroborar la

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

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

necesidad de instalar sifones invertidos que permita la salida del agua por rebose sobre el nivel de la capa de rodadura de la vía, en aquellas viviendas que están ubicadas desde la abscisa K0+037 a la K0+032.

11 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.

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 aguas 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:

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

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

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:

$$B_{mín} = \frac{Q_{máx}}{\sqrt{g}}\left(\frac{2}{3}(H_1 - Z_{ent})\right)^{-3/2}$$

La profundidad crítica en el barril es igual a:

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

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:

$$q_{máx} = \sqrt{g}\left(\frac{2}{3}(H_1 - Z_{ent} + \text{ŋ})\right)^{2/3}$$

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

$$B_{mín} = \frac{Q_{máx}}{\sqrt{g}}\left(\frac{2}{3}(H_1 - Z_{ent} + \Delta Z_0)\right)^{-3/2}$$

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

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

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

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

11.1 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 siguiente tabla se resumen algunas consideraciones de diseño para alcantarillas en cajón:

Tabla 73. 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	$\frac{Q}{B} = CD\sqrt{2g(H_1 - z_{ent} - CD)}$ $C_D = 0.8$ $C_D = 0.9$	$\frac{H_1 - Z_{ent}}{D} > 1.2$ Bordes de corona redondeados Corona de bordes cuadrados

Fuente. Esta consultoría, 2024

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.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

11.2 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

Dentro de la topografía suministrada se evidencia la prexistencia de obras hidráulicas de drenaje transversal.

Tabla 74: Inventario de obras existentes.

No.	Coordenadas		Dimensiones			Tipo de obra	Observaciones
	Latitud	Longitud	Diámetro (m)	Base (m)	Altura (m)		
1	8°44'13.34"N	75°52'59.64"O		4.5	2	PUENTE-MENOR	OBRA EXISTENTE
2	8°45'42.53"N	75°53'40.77"O		1.7	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	OBRA EXISTENTE

Fuente. Esta consultoría, 2024

11.3 INVENTARIO DE ESTRUCTURAS PROPUESTAS

Se evidencian cruces de drenajes o cuerpos de aguas sobre el eje de la vía, por ende se tiene el siguiente inventario.

Tabla 75: Inventario de obras propuestas.

No.	Coordenadas		Dimensiones			Tipo de obra	Observaciones
	Latitud	Longitud	Diámetro (m)	Base (m)	Altura (m)		
1	8°44'13.34"N	75°52'59.64"O		4.5	2	BOX CULVERT - SENCILLO	OBRA PROPUESTA
2	8°45'42.53"N	75°53'40.77"O		1.7	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	OBRA PROPUESTA
3	8°44'5.69"N	75°52'38.04"O		1.7	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	OBRA PROPUESTA
4	8°44'4.93"N	75°52'36.87"O		1.5	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	OBRA PROPUESTA
5	8°44'3.53"N	75°52'34.56"O		1.5	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	OBRA PROPUESTA
6	8°44'2.85"N	75°52'33.52"O		1.5	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	OBRA PROPUESTA

Fuente. Esta consultoría, 2024

Se recomienda verificar las condiciones actuales de las obras prexistentes y en caso de evidenciar falencias estructurales o deterioro general remplazarlas por obras de la mismas dimensiones como se establece en este apartado.

A comprobación hidráulica de las obras anteriormente enumeradas se muestra a continuación:

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

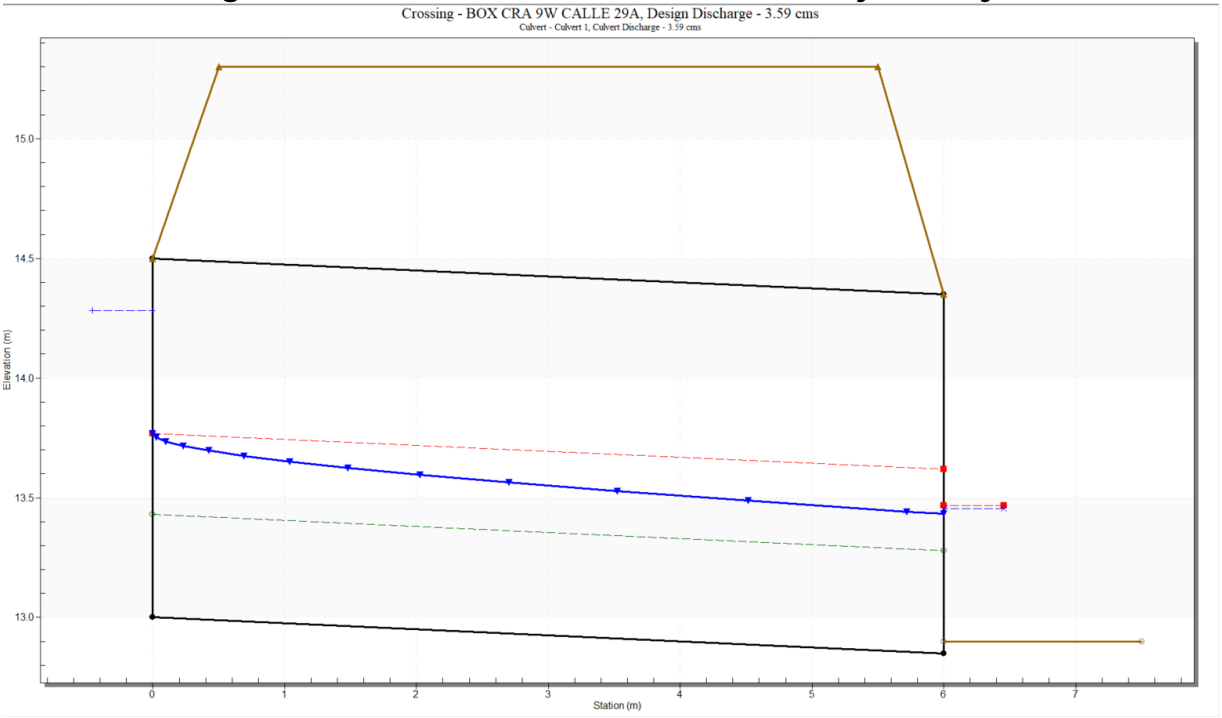
Tabla 76. Comprobación hidráulica obras de drenaje transversal.

No.	Coordenadas		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
	Latitud	Longitud	Diámetro (m)	Base (m)	Altura (m)							Kirpich	US Corp	Ven Te Chow	Adop								
1	8°44'13.34"N	75°52'59.64"O		4.5	2	PUENTE-MENOR	15	13	1120	0.00179	378560	49.60	65.29	96.28	49.60	87.3	5.512	2.5	2.5		1	12.947	Cumple
2	8°45'42.53"N	75°53'40.77"O		1.7	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	15	14	1160	0.00086	287241	67.45	77.00	124.31	67.45	74.9	3.586	1.7	1.5		1	4.092	Cumple
3	8°44'5.69"N	75°52'38.04"O		1.7	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	13.53	12.177	748	0.00181	167994	36.17	47.92	74.05	36.17	102.2	2.864	1.7	1.5		1	4.092	Cumple
4	8°44'4.93"N	75°52'36.87"O		1.5	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	13.53	12.21	774	0.00171	169763	37.98	49.74	77.13	37.98	99.8	2.825	1.5	1.5		1	3.610	Cumple
5	8°44'3.53"N	75°52'34.56"O		1.5	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	13.53	12.15	868	0.00159	176835	42.63	54.99	84.89	42.63	94.2	2.777	1.5	1.5		1	3.610	Cumple
6	8°44'2.85"N	75°52'33.52"O		1.5	1.5	BOX CULVERT - SENCILLO	13.53	12.2	906	0.00147	173299	45.43	57.68	89.50	45.43	91.2	2.637	1.5	1.5		1	3.610	Cumple

Fuente. Esta consultoría, 2024

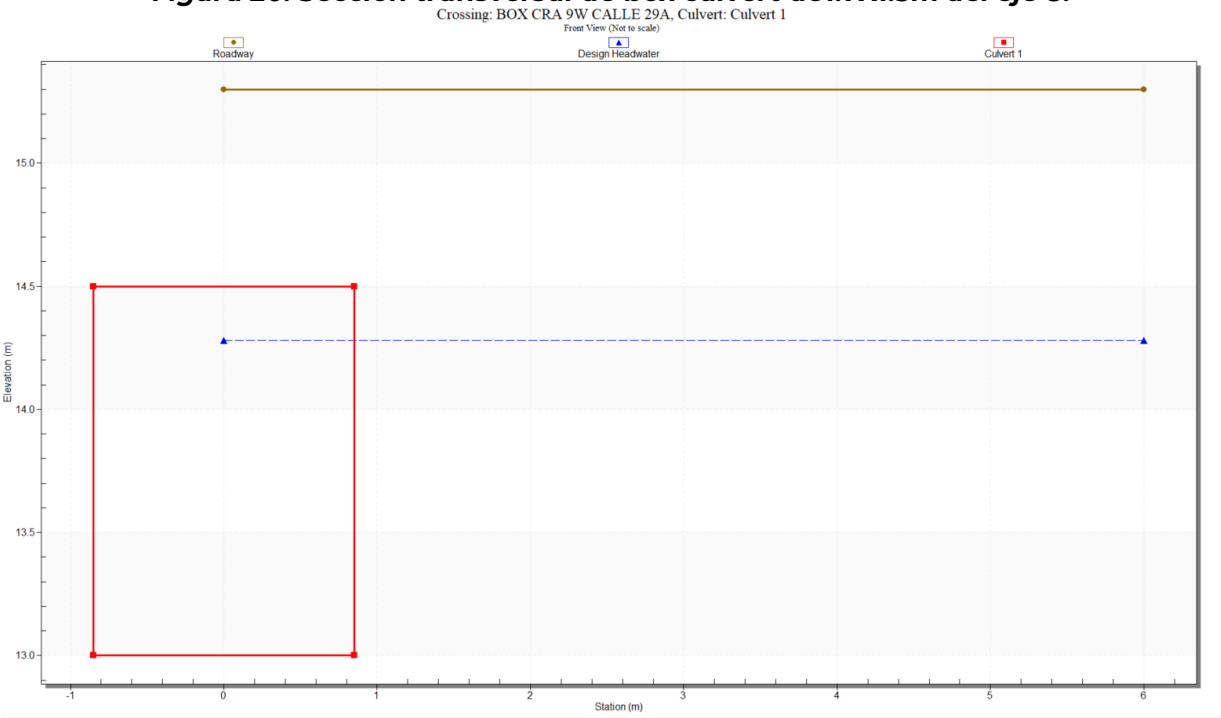
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 19. Perfil de box culvert de 1.7X1.5m del eje 8 en Hy8.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 20. Sección transversal de box culvert de1.7X1.5m del eje 8.

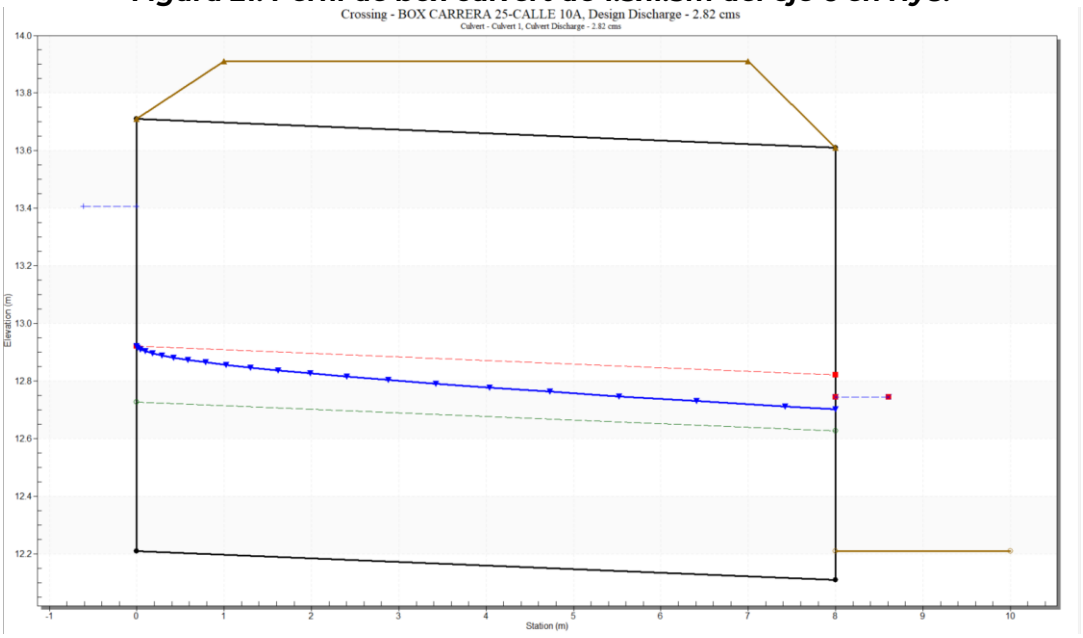


Fuente. Esta consultoría, 2024

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

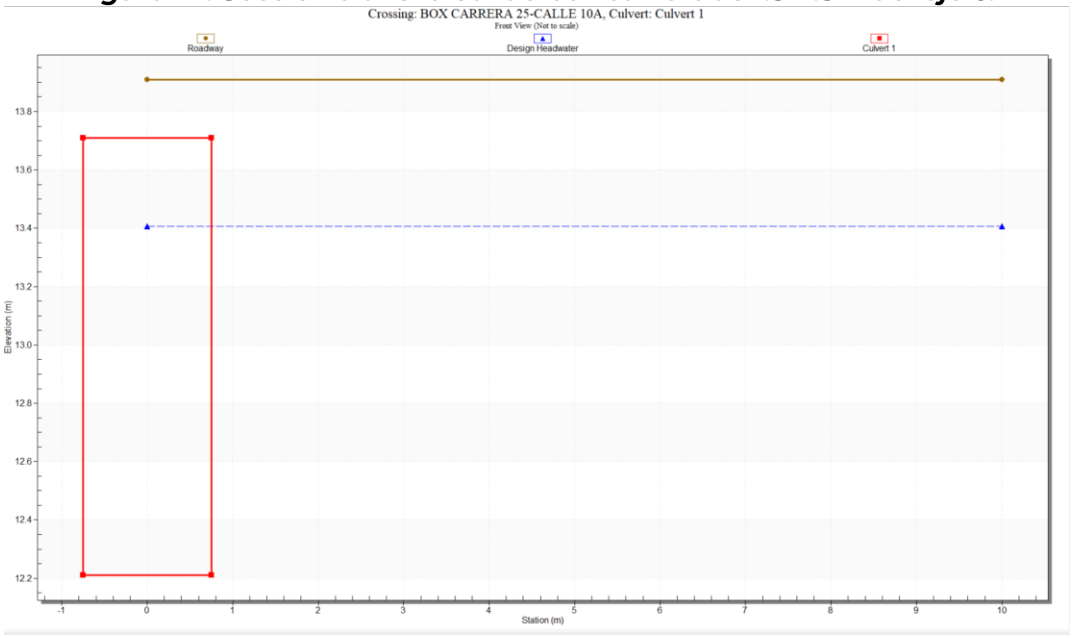
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 21. Perfil de box culvert de 1.5x1.5m del eje 6 en Hy8.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 22. Sección transversal de box culvert de 1.5x1.5m del eje 6.



Fuente. Esta consultoría, 2024

NOTA: La comprobación de las demás obras propuestas se encuentran en los anexos de este informe

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

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

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Dado que el eje 6 se encuentra paralelo a un canal existente, tal como el canal de alivio, se recomienda que el bombeo de la sección paralela al canal sea hacia dicho canal.
- En los ejes del 1 y 4 es necesario verificar .la condiciones actuales de las estructuras de drenaje tipo box culvert y en tal caso de encontrarse en mal estado, es necesario que se realice remplazo por la estructuras propuestas en este informe o en su defecto se debe reacondicionar.
- Los ejes que se encuentres próximos a un box culvert tal como en el eje 6, se deben instalar sumideros que permitan la salida del agua desde la vía hacia estas estructuras de drenaje.
- Se deben realizar anden cunetas en los diversos alineamientos, los cuales deben conducir hacia los canales colectores más cercanos, con el fin de no profundizar de manera excesiva en las excavaciones, como los ejes 1,3,6 y 8
- Se debe realizar protección y limpieza los canales colectores al igual de realizar la protección de sus taludes.
- Se debe revisar de manera constructiva las salidas de aguas lluvias de los domicilios, respecto a su altura en relación con la cotas de los ejes laterales de las vías en el diseño geométrico, en tal caso que sea necesario, debe ser construida una caja de inspección junto a un sifón invertido que garantice la salida del agua lluvia por rebose hacia capa de rodadura de la vía.
- Se deben instalar válvulas o compuertas antirretorno en la conexión o puntos de descarga entre un canal anden y los canales colectores.
- Se debe realizar las adecuadas conexiones entre las acometidas domiciliarias y el sistema sanitario de la zona.

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

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

13 BIBLIOGRAFÍA

- Manual de Drenaje de Carreteras, Instituto Nacional de Vías - 2009.

- Ray Linsley. Max Kohler y Joseph Paulus. Hidrología para ingenieros. Segunda Edición. McGraw Hill. 1977.

- Rodrigo Vargas y Mario Díaz-Granados. Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad – duración – frecuencia para Colombia.

- Ven Te Chow y otros. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill. 1994.

- Jimmy Williams y Roy Hann. User Manual. Problem oriented computer language for hydrologic modeling. United States Departament of Agriculture. 1973.

- CHOW. Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos. Ed. Mc Graw Hill.1994.

Fin del documento.

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

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

Anexo 1. Información hidroclimatológica

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

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

Anexo 2. Análisis Hidro-estadístico.

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

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

Anexo 3. Cálculos hidráulicos

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

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

Anexo 4. Análisis de áreas aferentes

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

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