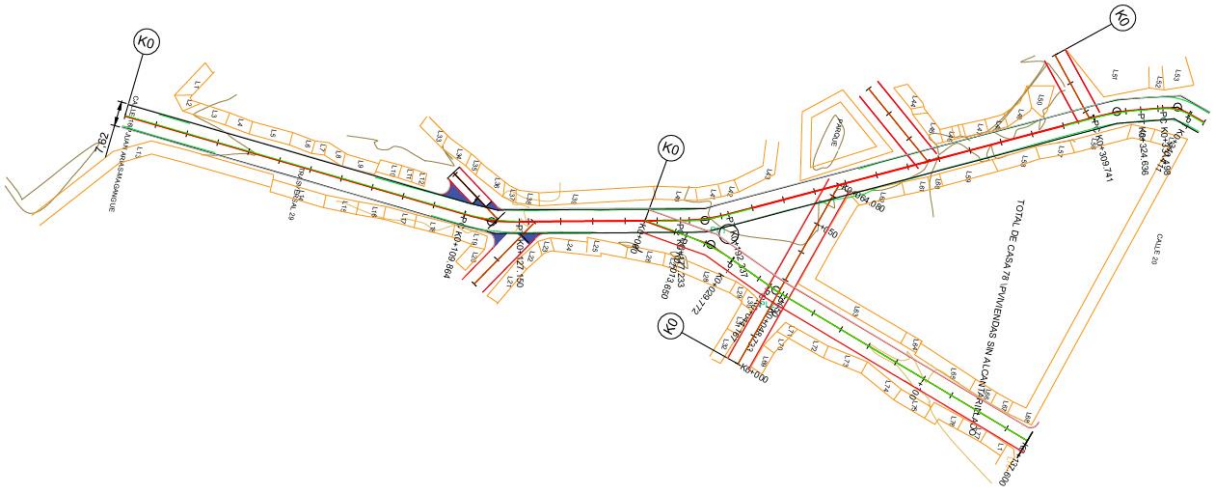
Serviconstrucciones del Caribe
NIT. 900383477-7

MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR



Contiene

ESTUDIO DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

Versión No. 1.

ERICK HERNÁNDEZ PASTRANA
Ing. Civil
Especialista en Gerencia de Proyectos
M.P. No. 13202115539BLV

CARTAGENA • BOLÍVAR • COLOMBIA

JUNIO DE 2024

EQUIPO DE TRABAJO DE LA CONSULTORÍA

Diseño

Erick Hernández Pastrana	Ingeniero Civil MP. 13202-115539
Jorge Beltrán Vega	Ingeniero Civil MP. 031037-0722886

Elaboración de planos:

Yaninis Pineda Acosta	Delineante de Arquitectura T255322021-1235041982

REGISTRO DE MODIFICACIONES

Revisión		Descripción de las modificaciones
No.	**Fecha**	
1	29.07.2024	Tercera entrega para revisión

REGISTRO DE APROBACIÓN

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 5
2 OBJETIVOS, ALCANCES Y LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO 6
2.1 OBJETIVO 6
2.2 ALCANCES 6
2.3 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA EN ESTUDIO 6
3 INFORMACIÓN BASE 8
4 CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA ASOCIADA 9
4.1 PRECIPITACIÓN 9
4.2 TEMPERATURA 11
4.3 HUMEDAD RELATIVA 11
4.4 BRILLO SOLAR 12
5 ESTUDIO HIDROLÓGICO 13
5.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE 13
5.2 METODOLOGÍA 13
5.3 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LAS ÁREAS DE DRENAJE RESIDENCIALES 13
5.4 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 16
5.5 ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES EN LAS CUENCAS DELIMITADAS 16
5.6 ESTIMACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA 18
5.7 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENÍA, C 19
5.8 ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS – MÉTODO RACIONAL 20
5.9 PERIODO DE RETORNO (TR) DE DISEÑO 22
6 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS PROPUESTAS 23
6.1 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LAS VÍAS 23
6.2 BATEAS PROPUESTAS EN INTERSECCIONES 34
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 35
8 REFERENCIAS 36

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.3-1. Resumen de periodos de registros de las variables climatologías analizadas. 9
Tabla 4.1-1. Clasificación del mes según el coeficiente pluviométrico..... 10
Tabla 5.3-1. Área de drenajes residencial a las vías del proyecto. Lado Izquierdo de la calzada. 14
Tabla 5.3-2. Áreas de drenaje residencial a las vías del proyecto. Lado derecho de la calzada. 14
Tabla 5.3-3. Áreas de drenaje acumuladas en las vías del proyecto. Lado Izquierdo de la calzada. 15
Tabla 5.3-4. Áreas de drenaje acumuladas en las vías del proyecto. Lado Derecho de la calzada. 15
Tabla 5.5-1. Precipitaciones máximas en 24 horas tomadas de la Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. 16
Tabla 5.5-2. Precipitaciones máximas en 24 horas tomadas de la Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. 17
Tabla 5.5-3. Valores de Kn para la prueba de datos dudosos. 17
Tabla 5.6-1. Coeficientes de regresión - Curvas IDF regionalizadas. 19
Tabla 5.7-1. Valores de coeficiente de escorrentía. [Tabla D.4.7. Título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias]. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., 2012) 20
Tabla 5.8-1. Intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno. 21
Tabla 5.8-2. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno. Lado izquierdo de la calzada. 21
Tabla 5.8-3. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno. Lado derecho de la calzada 21
Tabla 5.9-1. Periodo de retorno o grado de protección, INVIAS. 22
Tabla 6.1-1. Información del diseño geométrico de las vías internas. Lado izquierdo de la calzada. 31
Tabla 6.1-2. Información del diseño geométrico de las vías internas. Lado derecho de la calzada. 31
Tabla 6.1-3. Propiedades hidráulicas de las vías internas. Lado izquierdo de la calzada. 32
Tabla 6.1-4. Propiedades hidráulicas de las vías internas. Lado derecho de la calzada. 32
Tabla 6.1-5. Capacidad hidráulica de las vías. Lado izquierdo de la calzada. 33
Tabla 6.1-6. Capacidad hidráulica de las vías. Lado derecho de la calzada. 33
Tabla 6.2-1. Localización de bateas en las intersecciones de calles con la Transversal 29 y Transversal 31. 34

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.3-1. Estación hidrometeorológica para el análisis de las precipitaciones. 9
Figura 5.3-1. Áreas de drenaje tributarias a las vías del proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR. 13
Figura 6.1-1. Perfil Calle 17. 23
Figura 6.1-2. Secciones Calle 17. 24
Figura 6.1-3. Perfil Calle 19. 24
Figura 6.1-4. Secciones Calle 19. 25
Figura 6.1-5. Perfil Carrera 31A. 25
Figura 6.1-6. Secciones Carrera 31A. 26
Figura 6.1-7. Perfil Carrera 30. 26
Figura 6.1-8. Secciones Carrera 30. 27
Figura 6.1-9. Perfil Carrera 30 Tramo II. 28
Figura 6.1-10. Secciones Carrera 30 Tramo II. 28
Figura 6.1-11. Perfil Carrera 31. 29
Figura 6.1-12. Secciones Carrera 31. 29
Figura 6.1-13. Perfil Transversal 29 30
Figura 6.1-14. Secciones Transversal 29. 30
Figura 6.2-1. Dimensiones típicas de bateas. 34

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Localización del proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR. 7
Gráfica 2. Coeficiente pluviométrico - Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. 10
Gráfica 3. Temperatura Máxima Promedio Multianual – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100. 11
Gráfica 4. Humedad Relativa Media Anual - Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. 12
Gráfica 5. Brillo Solar Mensual Multianual – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. 12
Gráfica 6. Resultados de análisis de datos dudosos (outliers). 18

1 INTRODUCCIÓN

Este informe técnico contiene el estudio hidrológico y diseño hidráulico de las estructuras de drenaje, a saber, cunetas, para la correcta evacuación de los caudales para el proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.

En el capítulo No. 2 se presenta el objetivo de los estudios, el alcance y la localización general de la zona del proyecto.

En el capítulo No. 3 se presenta la descripción de la información base tomada de referencia para el estudio.

En el Capítulo No. 4 se presentan los estudios de climatología en la zona de proyecto.

En el Capítulo No. 5 se presenta el estudio hidrológico asociado al área de estudio. Se presenta la metodología y resultados de los caudales máximos instantáneos en la zona del proyecto para las áreas de drenaje tributarias a las estructuras propuestas.

En el capítulo No. 6 se presentan el estudio hidráulico realizado para determinar las dimensiones y capacidad hidráulica de la estructura propuesta.

En el capítulo No. 7 se muestran las principales conclusiones.

Finalmente, en el Capítulo No. 8 se incluyen las referencias bibliográficas utilizadas para los estudios.

2 OBJETIVOS, ALCANCES Y LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO

Realizar el análisis hidrológico e hidráulico asociados a diferentes periodos de retorno de las estructuras de drenaje para el proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.

2.2 ALCANCES

Dentro de los alcances del proyecto se encuentran:

- Realizar el análisis hidrológico de las áreas de drenaje tributarias a las cunetas propuestas en las vías correspondiente al proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.

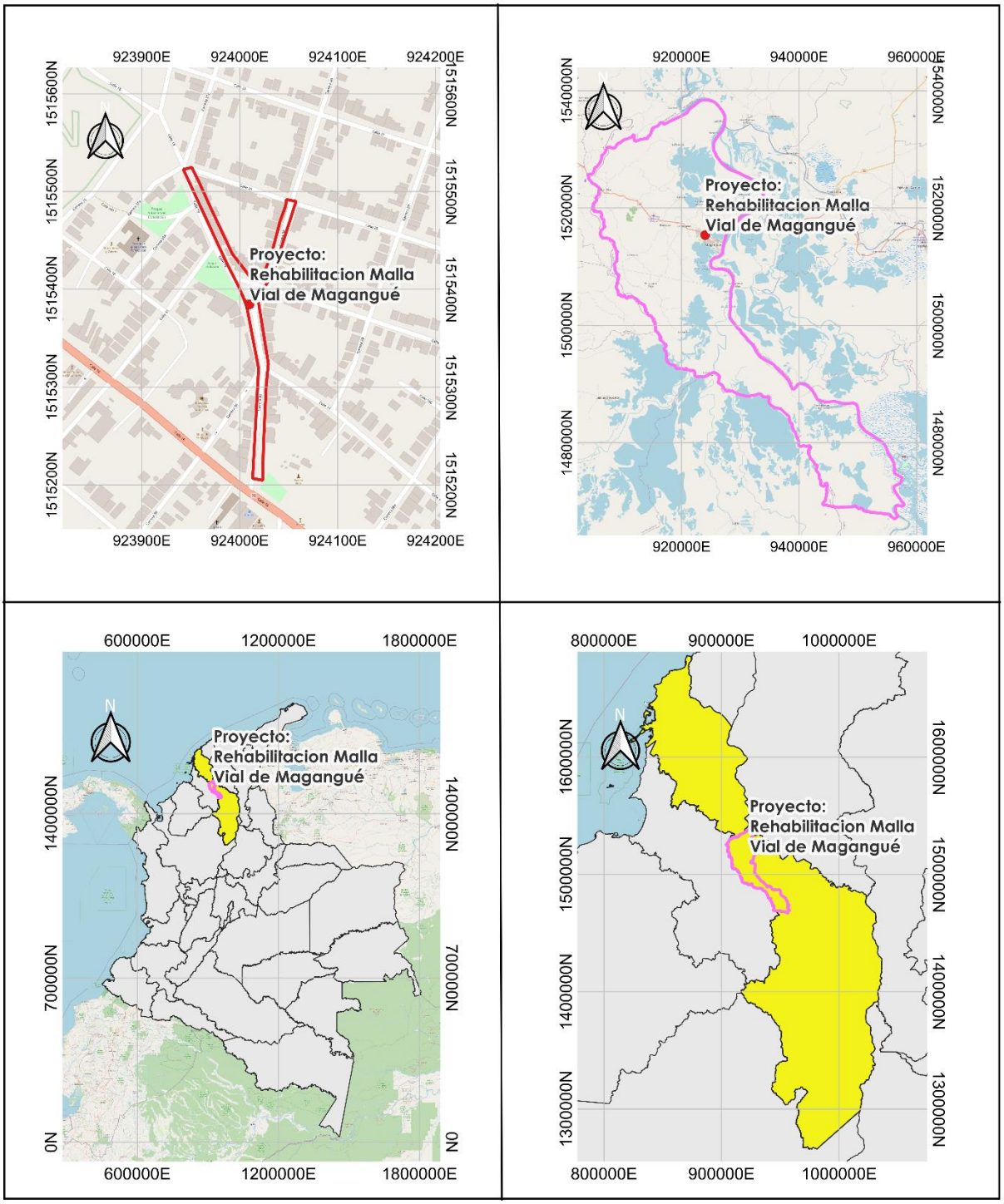
- Realizar el diseño hidráulico de las estructuras de drenaje (cunetas) en las vías correspondientes al proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.

El resultado de los estudios y diseños se presentarán en los siguientes productos:

2.3 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA EN ESTUDIO

El proyecto de MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR corresponde a los tramos de la Transversal 29 entre Calles 16 y 19, Transversal 31 entre Calles 19 y 20 y Carrera 30 entre Calles 19 y 20 del Barrio Boston, en el municipio de Magangué (Bolívar).

Gráfica 1. Localización del proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.



Fuente. Autor, 2024.

3 INFORMACIÓN BASE

- Levantamiento topográfico.
- Información geográfica base. Google Earth.

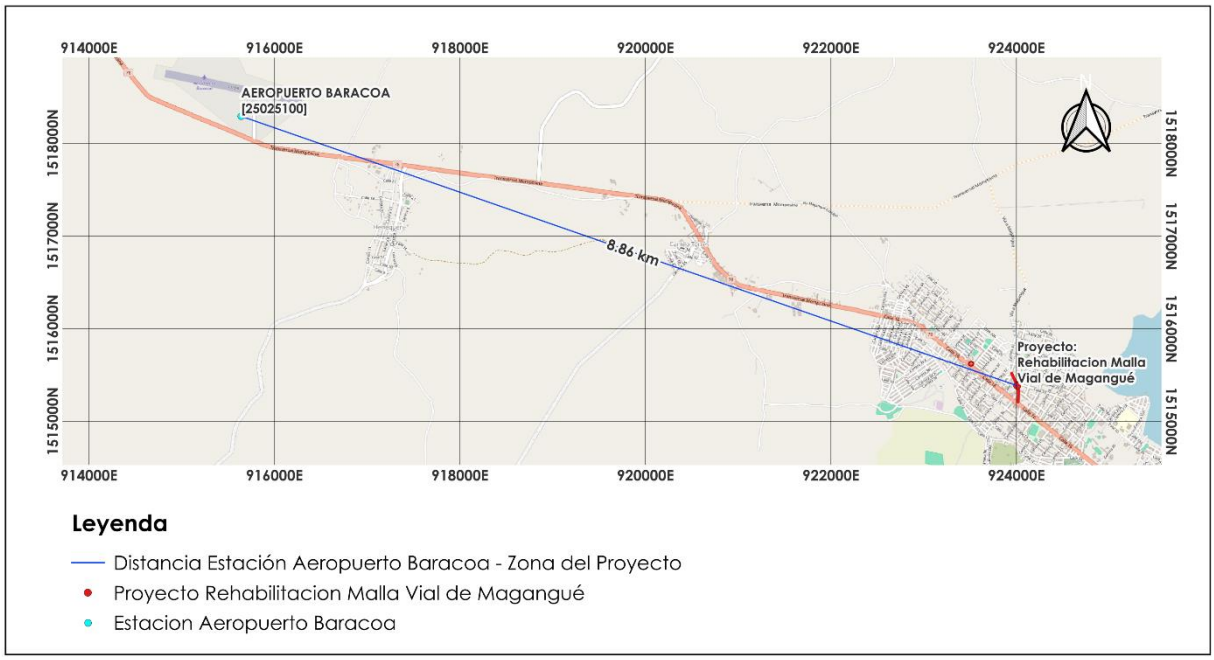
4 CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA ASOCIADA

Las condiciones climáticas que predominan en la zona de estudio presentadas a continuación fueron producto del análisis de variables climatológicas de la zona a partir de registros obtenidos del IDEAM entre los años 1980 y 2023. Los registros de precipitación fueron obtenidos de la estación climática principal AEROPUERTO BARACOA [25025100] ubicada en Cartagena de Indias (Bolívar). El periodo de registro seleccionado y demás variables se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2.3-1. Resumen de periodos de registros de las variables climatologías analizadas.

ESTACIÓN	VARIABLE (S)	PERIODO DE REGISTROS
AEROPUERTO BARACOA [25025100]	Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa, Brillo Solar,	1983-2023

Figura 2.3-1. Estación hidrometeorológica para el análisis de las precipitaciones.



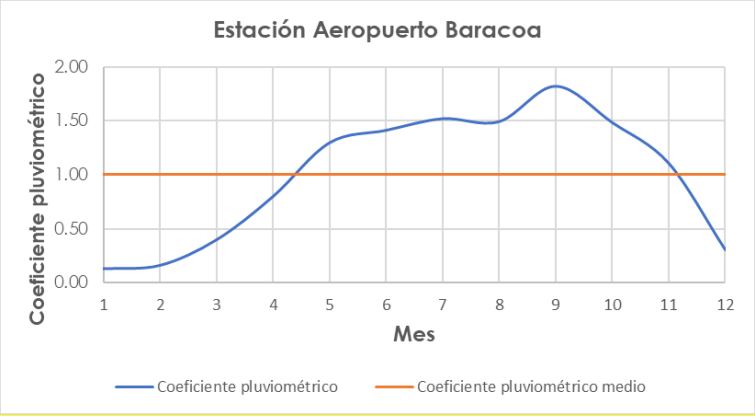
Fuente. Autor, 2024.

4.1 PRECIPITACIÓN

Sobre el área de estudio el comportamiento de las precipitaciones se analizó a partir de los registros pluviométricos de la estación AEROPUERTO BARACOA [25025100] desde 1983 hasta 2023, con el objetivo de identificar los periodos secos, de transición y húmedos en el año utilizando como metodología, el cálculo del coeficiente pluviométrico.

Los valores del coeficiente pluviométrico (C_p) mayores a 1 indican periodos húmedos, mientras que los valores menores a 1 representan los periodos secos. En este sentido, teniendo en cuenta el coeficiente pluviométrico definido por valores de precipitación obtenidos de la estación en mención, se evidencia que este lugar presenta un régimen monomodal de periodo climático, donde se presentan periodos de lluvia en exceso entre los meses de mayo y octubre y el periodo seco se extiende desde los meses de diciembre a marzo (Coeficiente pluviométrico menor a 1).

Gráfica 2. Coeficiente pluviométrico - Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100].



Fuente. Autor, 2023. A partir de información del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2022.

El cálculo de este coeficiente se realizó bajo la metodología descrita por (Galindo Martinez, 2012), el cual se describe matemáticamente como:

$$C_p = \frac{\left(\frac{P_m}{\#\ de\ días\ del\ mes}\right)}{\frac{P_A}{365}}$$

Donde P_m es la precipitación media mensual a nivel multianual de un mes específico (en mm) y P_A es la precipitación anual de la serie (en mm).

Tabla 4.1-1. Clasificación del mes según el coeficiente pluviométrico.

Mes	Tipo de mes	Mes	Tipo de mes
Enero	Seco	Julio	Húmedo
Febrero	Seco	Agosto	Húmedo
Marzo	Seco	Septiembre	Húmedo
Abril	Seco	Octubre	Húmedo
Mayo	Húmedo	Noviembre	Húmedo
Junio	Húmedo	Diciembre	Seco

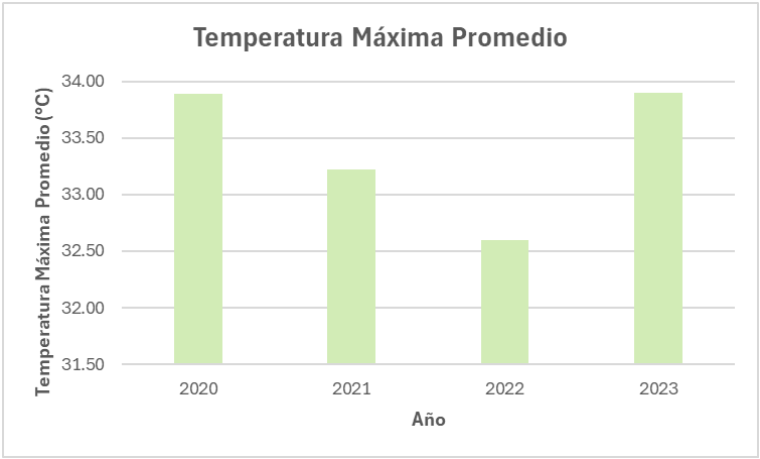
Como se aprecia en la Gráfica 2, el régimen pluviométrico que caracteriza a la ciudad de Cartagena obedece a un régimen bimodal, en el que la temporada seca

comprende los meses de diciembre a abril, mientras que los periodos lluviosos se presentan desde el mes de mayo y noviembre, aunque a mitad de año las precipitaciones tienden a disminuir (IDEAM).

4.2 TEMPERATURA

Se analizó el comportamiento de la temperatura máxima promedio de los últimos 4 años, de acuerdo con los registros de la estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. Como se observa en la siguiente gráfica, los valores medios anuales oscilan entre los 32.59 °C y 33.90 °C.

Gráfica 3. Temperatura Máxima Promedio Multianual – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100.

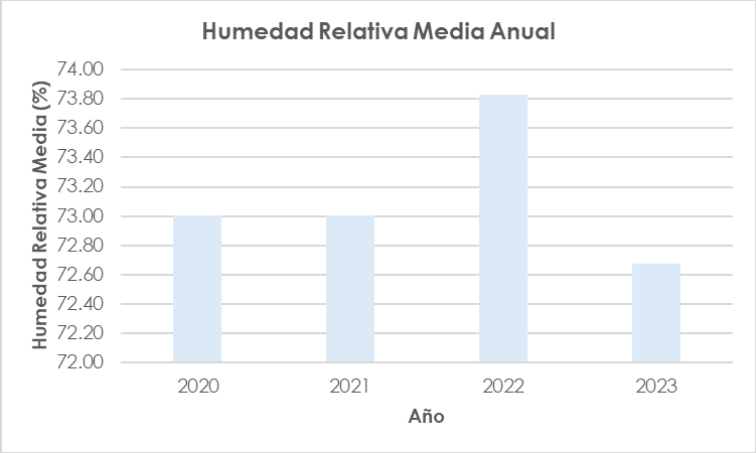


Fuente. (Instituto de Hidrología, Metorología Y Estudios Ambientales (IDEAM))

4.3 HUMEDAD RELATIVA

Se analizó el comportamiento de la humedad relativa promedio anual de los últimos 4 años, de acuerdo con los registros de la estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. Como se observa en la siguiente gráfica, los valores medios anuales oscilan entre los 72.67 % y 73.83 °C.

Gráfica 4. Humedad Relativa Media Anual - Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100].

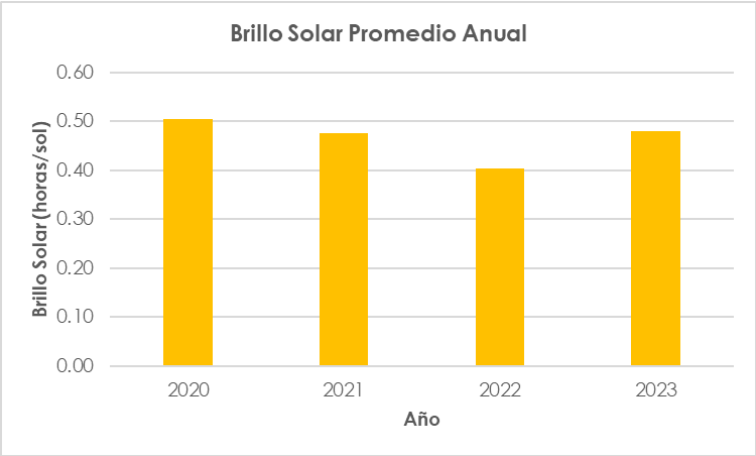


Fuente. (Instituto de Hidrología, Metorología Y Estudios Ambientales (IDEAM))

4.4 BRILLO SOLAR

El brillo solar corresponde a la cantidad de horas de luz solar que recibe un área específica por un intervalo de tiempo definido, la cual depende de factores secundarios como la nubosidad y la precipitación en una región. Se analizó el comportamiento del brillo solar promedio anual de los últimos 4 años, de acuerdo con los registros de la estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. Como se observa en la siguiente gráfica, los valores medios anuales oscilan entre los 0.40 horas/sol % y 0.50 horas/sol.

Gráfica 5. Brillo Solar Mensual Multianual – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100].



Fuente. (Instituto de Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales (IDEAM))

5 ESTUDIO HIDROLÓGICO

5.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Para el estudio hidrológico se utilizó la información en línea del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la información sobre el relieve del terreno obtenida del Sistema de Información Geográfica (SIG) Google Earth. Para el diseño hidráulico, la información base obedece a los levantamientos topográficos en campo. La información para el análisis hidrológico se compone de lo siguiente:

- Relieve de la zona de estudio: analizado a través del SIG Google Earth.
- Precipitación: información descargada de la estación hidrometeorológica AEROPUERTO BARACOA [25025100] desde 1983 hasta 2023.

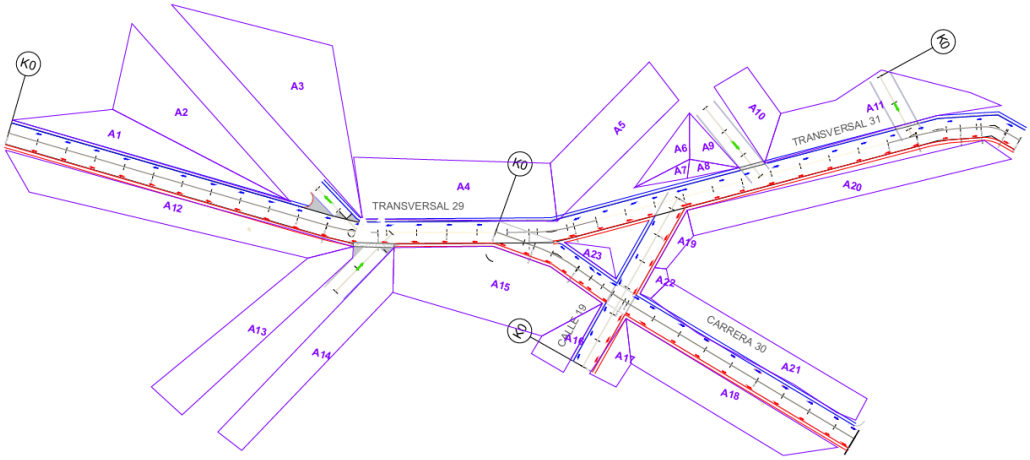
5.2 METODOLOGÍA

En este apartado se describe el procedimiento llevado a cabo para la caracterización de las áreas de drenaje con influencia en la zona del proyecto.

Primeramente, se observó el relieve del terreno en el sistema de información geográfica Google Earth. A partir de esta información se identificaron los puntos altos y puntos bajos del relieve de la zona y se trazaron las divisorias de aguas con sus correspondientes cauces principales para determinar los caudales que transportarán los canales abiertos a diseñar para el correcto drenaje de la vía.

5.3 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LAS ÁREAS DE DRENAJE RESIDENCIALES

Figura 5.3-1. Áreas de drenaje tributarias a las vías del proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR.



Fuente. Autor, 2024.

En la Figura 5.3-1 se presenta la delimitación de las áreas de drenaje delimitadas para determinar los caudales y posteriormente las dimensiones de la estructura hidráulica

Tabla 5.3-1. Área de drenajes residencial a las vías del proyecto. Lado Izquierdo de la calzada.

ID	Área Resid.	Calle	Abscisa	
-	[m2]	-	Inicial	Final
A1	866.1	Transversal 29	K0+000.00	K0+122.82
A2	482.9	Transversal 29	K0+122.82	K0+176.92
A3	326.4	Transversal 29	K0+176.92	K0+218.93
A4	170.3	Transversal 29	K0+218.93	K0+260.94
A5	432.8	Transversal 29	K0+260.94	K0+289.30
A6	175.0	Transversal 29	K0+289.30	K0+343.58
A7	47.6	Carrera 30	K0+000.00	K0+023.61
A8	42.0	Carrera 30	K0+023.61	K0+038.61
A9	69.3	Carrera 30	K0+038.61	K0+053.61
A10	515.0	Carrera 30	K0+053.61	K0+124.62
A11	193.4	Calle 19	K0+000.00	K0+029.80
A12	11.1	Calle 19	K0+029.80	K0+036.00
A13	88.9	Calle 19	K0+036.00	K0+057.24
A14	105.9	Carrera 31A	K0+000.00	K0+017.97
A15	274.5	Carrera 31	K0+000.00	K0+024.00
A16	307.2	Carrera 30 Tramo II	K0+000.00	K0+029.81
A17	148.1	Calle 17	K0+000.00	K0+022.39

Tabla 5.3-2. Áreas de drenaje residencial a las vías del proyecto. Lado derecho de la calzada.

ID	Área Resid.	Calle	Abscisa	
-	[m2]	-	Inicial	Final
A18	1325.7	Transversal 29	K0+000.00	K0+122.82
A19	461.4	Transversal 29	K0+122.82	K0+176.92
A20	102.5	Transversal 29	K0+176.92	K0+218.93
A21	253.5	Transversal 29	K0+218.93	K0+260.94
A22	220.8	Transversal 29	K0+260.94	K0+289.30
A23	358.3	Transversal 29	K0+289.30	K0+343.58
A24	147.0	Carrera 30	K0+000.00	K0+023.61
A25	82.6	Carrera 30	K0+023.61	K0+038.61
A26	76.4	Carrera 30	K0+038.61	K0+053.61
A27	527.5	Carrera 30	K0+053.61	K0+124.62
A28	90.7	Calle 19	K0+000.00	K0+029.80
A29	0.0	Calle 19	K0+029.80	K0+036.00
A30	98.9	Calle 19	K0+036.00	K0+057.24
A31	76.2	Carrera 31A	K0+000.00	K0+017.97
A32	133.1	Carrera 31	K0+000.00	K0+024.00
A33	74.6	Carrera 30 Tramo II	K0+000.00	K0+029.81
A34	91.9	Calle 17	K0+000.00	K0+022.39

Las abscisas resaltadas en color rojo corresponden a los **subtramos de vía con pendiente ascendente** (en el sentido de avance del abscisado), por tanto, el sentido del flujo iría de la abscisa final a la abscisa inicial.

Tabla 5.3-3. Áreas de drenaje acumuladas en las vías del proyecto. Lado Izquierdo de la calzada.

Calle	Tramo	Abscisa		Longitud Tramo	B [Calle]	Área Pav.	ΣÁrea Pav.	Área Resid.	ΣÁrea Resid.
		Inicial	Final	[m]	[m]	[m2]	[m2]	[m2]	[m2]
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	122.82	6.30	773.8	1379.3	866.1	1823.6
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	54.10	6.30	340.8	605.5	631.0	957.5
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	42.01	6.30	264.7	264.7	326.4	326.4
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	42.01	6.30	264.7	264.7	170.3	170.3
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	28.36	6.30	178.7	443.3	707.3	877.5
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	54.28	6.30	342.0	785.3	280.9	1158.5
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	23.61	6.30	148.7	148.7	47.6	47.6
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	15.00	6.30	94.5	243.2	42.0	89.6
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	15.00	6.30	94.5	337.7	362.7	452.3
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	71.01	6.30	447.4	785.1	515.0	967.3
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	29.80	6.30	187.7	187.7	193.4	193.4
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	6.20	6.30	39.1	226.8	11.1	204.5
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	21.24	6.30	133.8	133.8	88.9	88.9
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	17.97	6.30	113.2	113.2	105.9	105.9
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	24.00	6.30	151.2	151.2	274.5	274.5
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	29.81	6.30	187.8	187.8	307.2	307.2
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	22.39	6.30	141.1	141.1	148.1	148.1

Tabla 5.3-4. Áreas de drenaje acumuladas en las vías del proyecto. Lado Derecho de la calzada.

Calle	Tramo	Abscisa		Longitud Tramo	B [Calle]	Área Pav.	ΣÁrea Pav.	Área Resid.	ΣÁrea Resid.
		Inicial	Final	[m]	[m]	[m2]	[m2]	[m2]	[m2]
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	122.82	6.30	773.8	1379.3	1325.7	1981.5
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	54.10	6.30	340.8	605.5	553.3	655.8
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	42.01	6.30	264.7	264.7	102.5	102.5
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	42.01	6.30	264.7	264.7	253.5	253.5
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	28.36	6.30	178.7	443.3	353.9	607.4
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	54.28	6.30	342.0	785.3	434.5	1041.9
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	23.61	6.30	148.7	148.7	147.0	147.0
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	15.00	6.30	94.5	243.2	82.6	229.6
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	15.00	6.30	94.5	337.7	266.0	495.6
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	71.01	6.30	447.4	785.1	527.5	1023.1
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	29.80	6.30	187.7	187.7	90.7	90.7
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	6.20	6.30	39.1	226.8	0.0	90.7
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	21.24	6.30	133.8	133.8	98.9	98.9
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	17.97	6.30	113.2	113.2	76.2	76.2
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	24.00	6.30	151.2	151.2	133.1	133.1
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	29.81	6.30	187.8	187.8	74.6	74.6
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	22.39	6.30	141.1	141.1	91.9	91.9

5.4 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Las ecuaciones descritas para el cálculo del tiempo de concentración en el Capítulo 2. HIDROLOGIA DE DRENAJE SUPERFICIAL VIAL del Manual de drenaje para carreteras, son ecuaciones empíricas generalmente utilizadas en el análisis hidrológico de cuencas con extensiones considerables, entre otros factores.

En el análisis hidrológico realizado para la Calle 6ª, las áreas de drenaje tributarias correspondiente a zona residenciales, no son lo suficientemente grandes como para realizar el cálculo del tiempo de concentración con las metodologías dispuestas en el Capítulo 2 del Manual de drenaje para carreteras. Para el análisis del Drenaje de la Corona (Capítulo 3 del Manual de drenajes) el tiempo de concentración se calculó con la ecuación 3.3:

$$T_c = \frac{107\ L_R^{0.33}\ n_H}{S_R^{0.5}}$$

Donde T_c es el tiempo de concentración en minutos, L_R es la longitud resultante de la trayectoria de flujo, n_H es el valor de rugosidad de Horton (0.015 para superficies pavimentadas) y S_R es la pendiente resultante de la trayectoria de flujo, en porcentaje (%). Los resultados obtenidos del cálculo para los tramos de vía, como se mostrará más adelante, indican valores menores a 15 minutos. Por tanto, se considerará como tiempo de concentración mínimo este valor de **15 minutos**.

5.5 ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES EN LAS CUENCAS DELIMITADAS

Se identificó estación hidrometeorológica más cercanas a la cuenca delimitada y se analizó un registro histórico de precipitaciones entre los años 1983 y 2023, en el cual se omitieron ciertos años de registro puesto que los valores máximos anuales diferían significativamente de la tendencia de los demás datos, tal como se analizará más adelante con la *Prueba de datos dudosos (outlier)*.

Tabla 5.5-1. Precipitaciones máximas en 24 horas tomadas de la Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100].

AÑO	P. Máx (24 hrs) [mm]	AÑO	P. Máx (24 hrs) [mm]	AÑO	P. Máx (24 hrs) [mm]
1983	33.3	1997	69.1	2011	92.5
1984	64.0	1998	54.6	2012	60.7
1985	48.0	1999	83.5	2013	117.5
1986	76.0	2000	83.0	2014	74.4
1987	82.0	2001	51.5	2015	90.9
1988	96.6	2002	96.8	2016	181.1
1989	59.0	2004	157.4	2017	131.4
1990	65.0	2005	90.5	2018	93.6
1991	70.0	2006	65	2019	99.3

Tabla 5.5-2. Precipitaciones máximas en 24 horas tomadas de la Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100].

AÑO	P. Máx (24 hrs) [mm]	AÑO	P. Máx (24 hrs) [mm]	AÑO	P. Máx (24 hrs) [mm]
1993	66.5	2007	100.5	2020	138.2
1994	36.9	2008	80.5	2021	105
1995	81.7	2009	80.3	2022	73
1996	77.8	2010	98.7	2023	96.6

Para los datos de la Tabla 9 también se aplicó la Prueba de Datos Dudosos (outlier) como verificación de la consistencia de estos valores ponderados. El resultado de esta prueba determinó la eliminación del valor de precipitación correspondiente al año 1989, por representar un dato dudoso mínimo.

La prueba consiste en corregir o eliminar aquella información – datos – que se alejan de la tendencia del resto de la serie, para lo cual se determinan el umbral de datos dudosos altos y el umbral de datos bajos con las siguientes ecuaciones de frecuencia:

- Umbral para datos dudosos altos (en unidades logarítmicas):

$$y_H = \bar{y} + K_n s_y$$

- Umbral para datos dudosos bajos (en unidades logarítmicas):

$$y_L = \bar{y} - K_n s_y$$

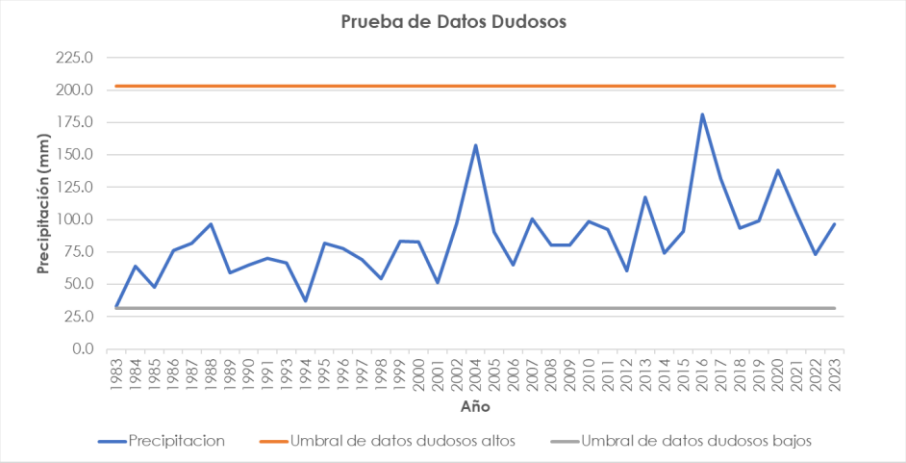
Donde $\bar{y}$ es la media y s_y es la desviación estándar, en unidades logarítmicas, de los valores de precipitación máxima en 24 horas y K_n es un coeficiente que depende del tamaño de la muestra y corresponde a valores con un nivel de significación del 10% para una distribución normal. Los valores de K_n se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5.5-3. Valores de Kn para la prueba de datos dudosos.

Tamaño de muestra, n	K_n	Tamaño de muestra, n	K_n	Tamaño de muestra, n	K_n	Tamaño de muestra, n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.7	80	2.94
15	2.247	29	2.549	43	2.71	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.76	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.65	55	2.804		

Al considerarse una muestra de 39 datos, el valor de K_n utilizado para el análisis es igual a 2.671. Como se evidencia en la siguiente figura, la serie de precipitación se encuentra entre los límites de valores atípicos calculados con la metodología mencionada.

Gráfica 6. Resultados de análisis de datos dudosos (outliers).



Fuente. Autor, 2024.

5.6 ESTIMACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA

Metodología de Vargas y Díaz-Granado

En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de ser las más práctica al emplearse. (Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2009)

$$i = \frac{\mathrm{a} \times \mathrm{T}^{\mathrm{b}} \times \mathrm{M}^{\mathrm{d}}}{\left(\frac{\mathrm{t}}{60}\right)^{\mathrm{c}}}$$

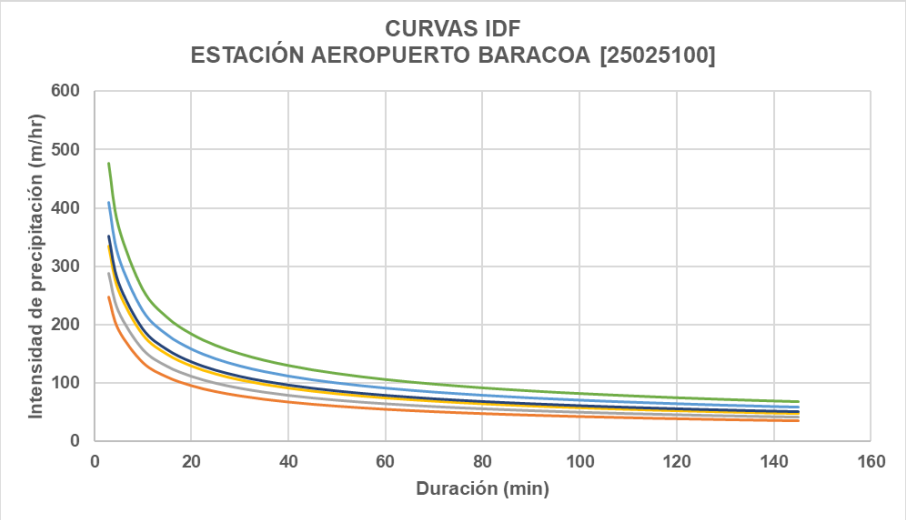
Donde: i es la intensidad de precipitación (en mm/h), T es el periodo de retorno (en años), M es la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual, t es la duración de la lluvia (en minutos) y a, b, c, d son parámetros de ajuste de la regresión de acuerdo con la región del país, tal como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 5.6-1. Coeficientes de regresión - Curvas IDF regionalizadas.

Región	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

El resultado de aplicar esta metodología es la siguiente gráfica donde se muestran las curvas IDF para diferentes periodos de retorno.

Ilustración 1. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para la zona de estudio.



Fuente. Autor, 2024

5.7 ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENÍA, C

Se puede definir al coeficiente de escorrentía como la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total sobre el volumen total precipitado. Este parámetro está asociado a las condiciones del terreno por donde escurre el volumen precipitado, considerando aspectos como: el grado de permeabilidad y el tipo de suelo, además de las condiciones morfométricas del área de drenaje, como la pendiente del terreno, además de los niveles de intensidad de lluvias.

Los coeficientes de escorrentía definidos serán basados en la Tabla 5.7-1con valores adecuados para estimar caudales en zonas urbanas y periurbanas.

Tabla 5.7-1. Valores de coeficiente de escorrentía. [Tabla D.4.7. Título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias]. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., 2012)

Tipo de superficie	"C"
Cubiertas	**0.90**
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	**0.90**
Vías adoquinadas	0.85
Zonas comerciales o industriales	0.90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre otros	0.75
Residencial unifamiliar con casas contiguas y predominio de jardines	0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separadas	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques – cementerios	0.30
Laderas sin vegetación	0.60
Laderas con vegetación	0.30
Parques recreacionales	0.30

Fuente. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., 2012).

Para estimar los caudales asociados a cada área de drenaje residencial, se considerará un coeficiente de escorrentía igual a **0.90**.

5.8 ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS – MÉTODO RACIONAL

El método racional es un modelo empírico simple que puede utilizarse para el diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias que tengan áreas relativamente pequeñas. Algunos reglamentos sugieren el uso de este método cuando el área de la cuenca de drenaje sea menor que 80 ha. El método racional calcula el caudal pico de aguas lluvias utilizando la intensidad de lluvia, con una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y el coeficiente de escorrentía. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., 2012). Otros manuales hacen referencia a valores entre 0.65 y 12.5 km2 para la utilización del método racional. Actualmente se suele definir como rango de criterio valores de 1.3 a 2.5 km2. Ahora bien, si A está dado en km^2, i en mm/h y Qp en m3 /s, la anterior ecuación queda igual a:

$$Q_p=0.278\ CiA$$

La intensidad de precipitación para cada periodo de retorno se definió al considerar la duración de la lluvia igual al tiempo de concentración definido como 15 minutos, de acuerdo con la normativa vigente para drenaje de carreteras. Utilizando la ecuación del método simplificado presentada en el apartado 5.6, los resultados para cada cuenca y periodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años son los siguientes.

Tabla 5.8-1. Intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno.

D = Tc (min)	I5 (mm/hr)	I10 (mm/hr)	I20 (mm/hr)	I25 (mm/hr)	I50 (mm/hr)
15.00	110.5	128.6	149.8	157.4	183.3

Tabla 5.8-2. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno. Lado izquierdo de la calzada.

Calle	Tramo	Abscisa		Área Total Pav.	Área Total Resid.	C	Q5	Q10	Q20	Q25	Q50
		Inicial	Final	[ha]	[ha]	-	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	0.1379	0.1675	0.90	0.088	0.103	0.120	0.126	0.147
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	0.0605	0.0809	0.90	0.043	0.050	0.059	0.061	0.072
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	0.0265	0.0326	0.90	0.016	0.019	0.022	0.023	0.027
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	0.0265	0.0170	0.90	0.012	0.014	0.016	0.017	0.020
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	0.0443	0.0603	0.90	0.036	0.042	0.049	0.052	0.061
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	0.0785	0.0778	0.90	0.054	0.063	0.073	0.076	0.089
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	0.0149	0.0048	0.90	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	0.0243	0.0090	0.90	0.009	0.011	0.012	0.013	0.015
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	0.0338	0.0159	0.90	0.022	0.025	0.030	0.031	0.036
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	0.0785	0.0674	0.90	0.048	0.056	0.066	0.069	0.080
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	0.0188	0.0193	0.90	0.011	0.012	0.014	0.015	0.017
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	0.0227	0.0205	0.90	0.012	0.014	0.016	0.017	0.020
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	0.0134	0.0089	0.90	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	0.0113	0.0106	0.90	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	0.0151	0.0274	0.90	0.012	0.014	0.016	0.017	0.020
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	0.0188	0.0307	0.90	0.014	0.016	0.019	0.019	0.023
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	0.0141	0.0148	0.90	0.008	0.009	0.011	0.011	0.013

Tabla 5.8-3. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno. Lado derecho de la calzada

Calle	Tramo	Abscisa		Área Total Pav.	Área Total Resid.	C	Q5	Q10	Q20	Q25	Q50
		Inicial	Final	[ha]	[ha]	-	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	0.1379	0.1890	0.90	0.093	0.108	0.126	0.132	0.154
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	0.0605	0.0564	0.90	0.035	0.041	0.047	0.050	0.058
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	0.0265	0.0102	0.90	0.010	0.012	0.014	0.014	0.017
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	0.0265	0.0253	0.90	0.014	0.017	0.019	0.020	0.024
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	0.0443	0.0474	0.90	0.029	0.034	0.039	0.041	0.048
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	0.0785	0.0833	0.90	0.050	0.059	0.068	0.072	0.084
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	0.0149	0.0147	0.90	0.008	0.010	0.011	0.012	0.014
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	0.0243	0.0230	0.90	0.013	0.015	0.018	0.019	0.022
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	0.0338	0.0306	0.90	0.023	0.027	0.031	0.033	0.038
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	0.0785	0.0834	0.90	0.050	0.058	0.068	0.071	0.083
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	0.0188	0.0091	0.90	0.008	0.009	0.010	0.011	0.013
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	0.0227	0.0091	0.90	0.009	0.010	0.012	0.012	0.015
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	0.0134	0.0099	0.90	0.006	0.007	0.009	0.009	0.011
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	0.0113	0.0076	0.90	0.005	0.006	0.007	0.007	0.009
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	0.0151	0.0133	0.90	0.008	0.009	0.011	0.011	0.013
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	0.0188	0.0075	0.90	0.007	0.008	0.010	0.010	0.012
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	0.0141	0.0092	0.90	0.006	0.007	0.009	0.009	0.011

5.9 PERIODO DE RETORNO (TR) DE DISEÑO

El periodo de retorno o frecuencia de diseño debe determinarse teniendo en cuenta la importancia del proyecto, el tipo de obra de drenaje y los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc.

Para las cunetas se considerará como periodo de retorno de diseño lo sugerido en el Manual de drenaje para carreteras de INVIAS, el cual es igual a **5 años.**

Tabla 5.9-1. Periodo de retorno o grado de protección, INVIAS.

Tipo de obra	**Periodo de retorno (años)[1]**
Cunetas	5
Zanjas de Coronación[2]	10
Estructuras de Caída[2]	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o Igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Notas
[1] el periodo de retorno de diseño de las obras podrá variarse, a juicio del ingeniero Consultor, para casos especiales, debidamente justificados.
[2] en caso de que los taludes de corte de la vía sean inestables se podrá incrementar este periodo de retorno, a juicio del ingeniero Consultor.

Fuente. (Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2009). Editado por Autores, 2021.

6 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS PROPUESTAS

6.1 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LAS VÍAS

La evaluación hidráulica de la vía como calle-canal se realizó como simulación hidráulica adicional, con el propósito de determinar los puntos donde son necesarias estructuras de captación tipo sumideros.

El chequeo hidráulico se realizó teniendo en cuenta las ecuaciones para flujo uniforme descritas a continuación:

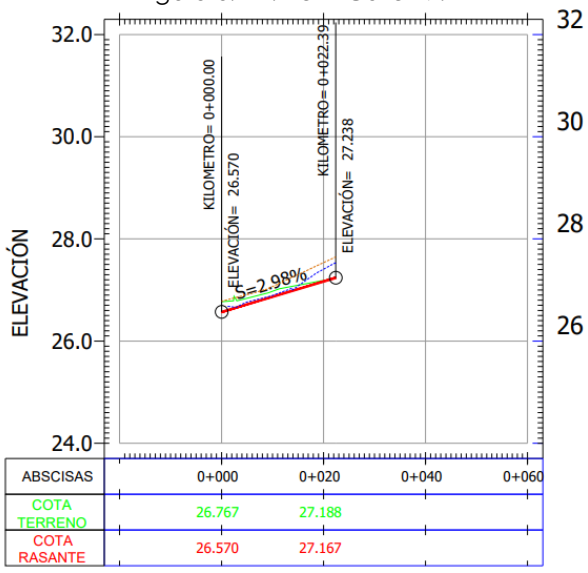
$$Q = \frac{A_h \times {R_h}^{2/3} \times \sqrt{S}}{n}$$

Siendo Q el caudal en m³/s, n el coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0.020 para superficies en concreto, A_h el área hidráulica de la calzada en m², R_h el radio hidráulico de la sección transversal en m y S la pendiente longitudinal del tramo en m/m de acuerdo con el diseño geométrico. La anterior información se obtuvo del diseño geométrico de las vías, tal como se muestra a continuación.

Calle 17

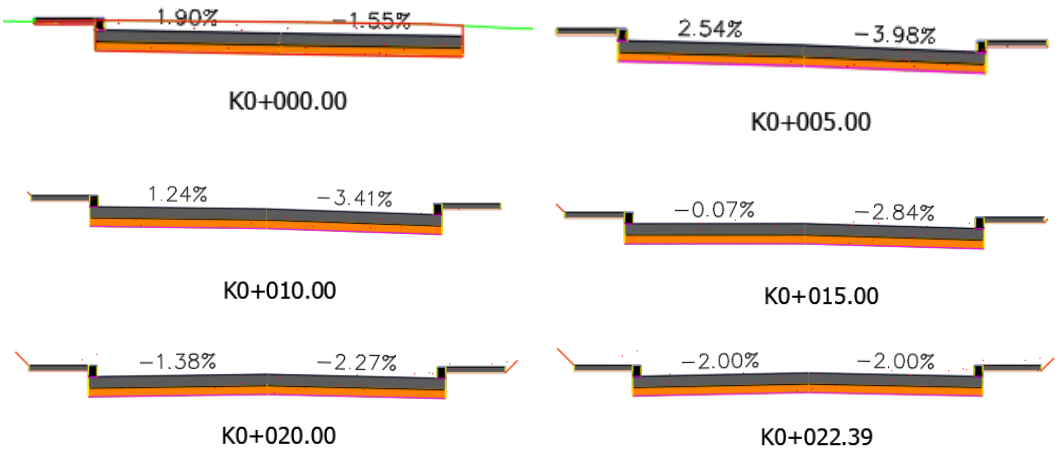
El perfil de diseño de esta vía es el siguiente:

Figura 6.1-1. Perfil Calle 17.



Las secciones transversales generadas en el diseño son:

Figura 6.1-2. Secciones Calle 17.

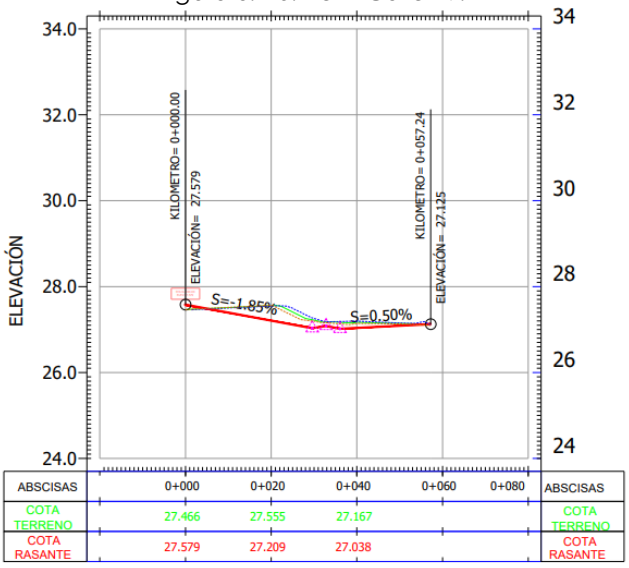


Fuente. Diseño geométrico de vías.

Calle 19

El perfil de diseño de esta vía es el siguiente:

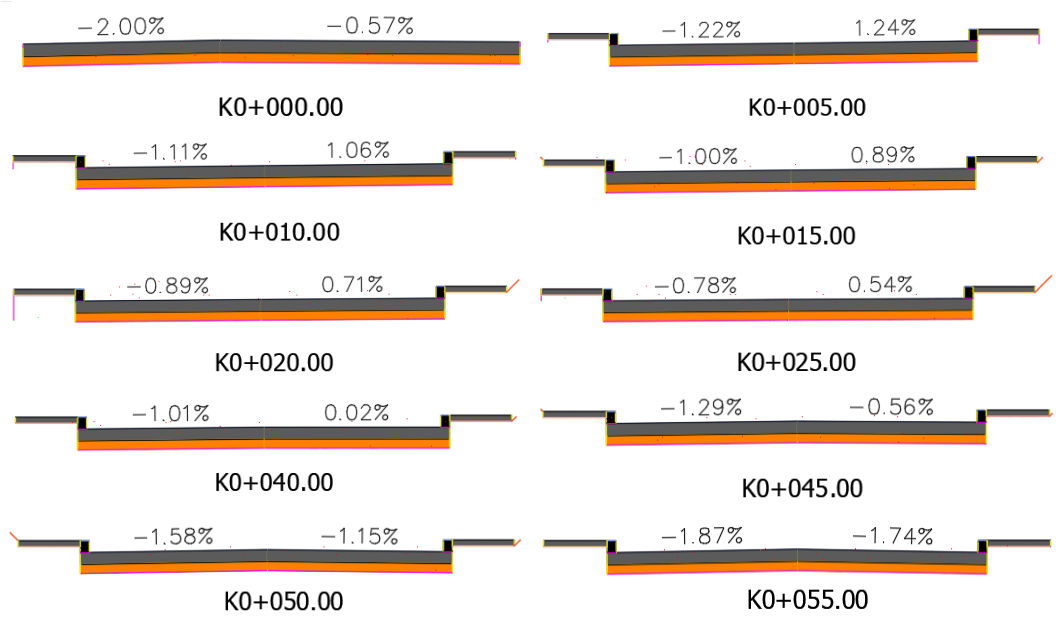
Figura 6.1-3. Perfil Calle 19.



Fuente 1. Diseño geométrico de vías.

Las secciones transversales generadas en el diseño son:

Figura 6.1-4. Secciones Calle 19.

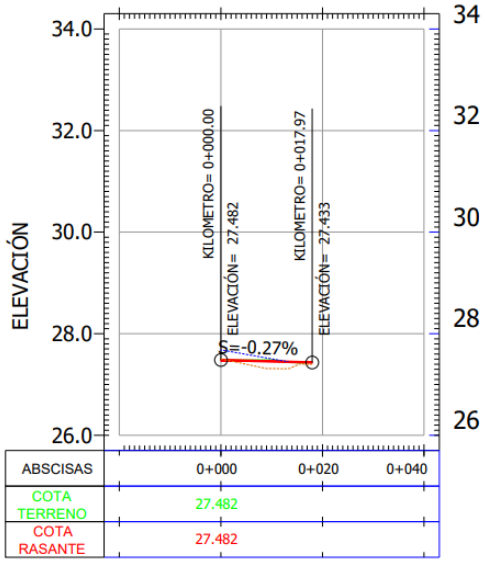


Fuente. Diseño geométrico de vías.

Carrera 31A

El perfil de diseño de esta vía es el siguiente:

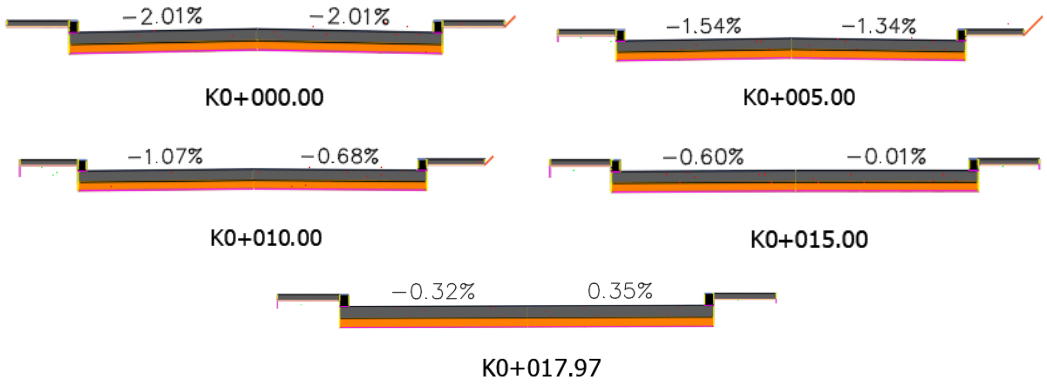
Figura 6.1-5. Perfil Carrera 31A.



Fuente. Diseño geométrico de vías.

Las secciones transversales generadas en el diseño son:

Figura 6.1-6. Secciones Carrera 31A.

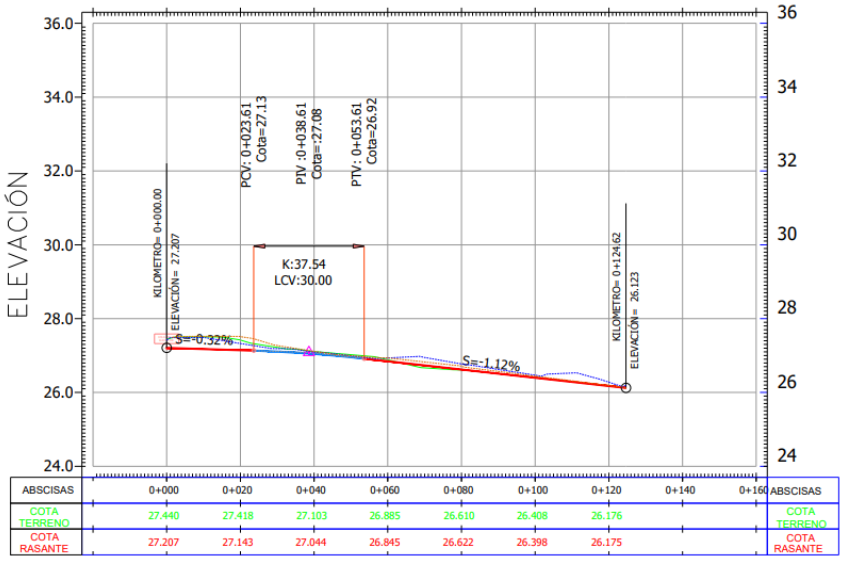


Fuente. Diseño geométrico de vías.

Carrera 30

El perfil de diseño de esta vía es el siguiente:

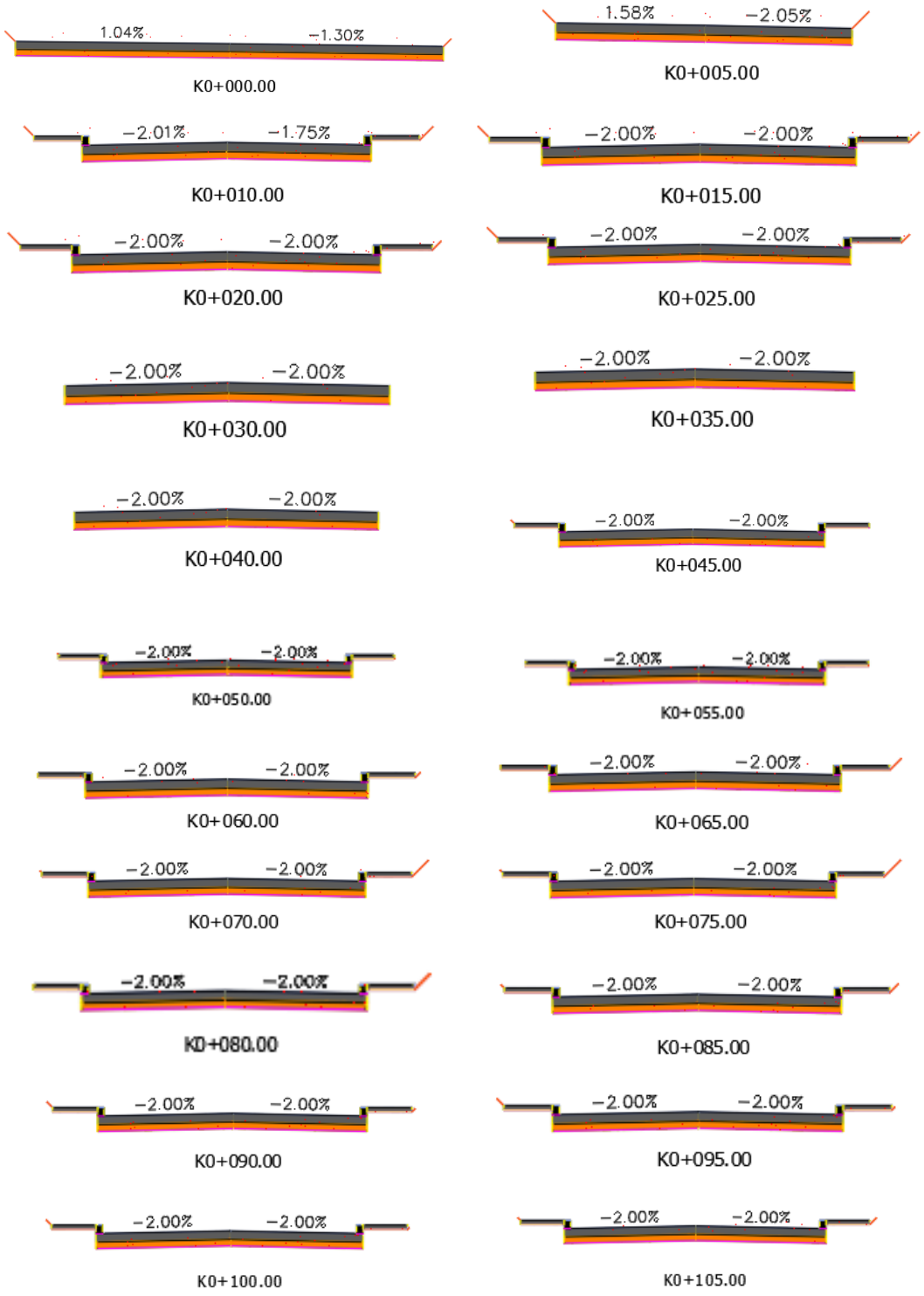
Figura 6.1-7. Perfil Carrera 30.



Fuente. Diseño geométrico de vías.

Las secciones transversales generadas en el diseño son:

Figura 6.1-8. Secciones Carrera 30.



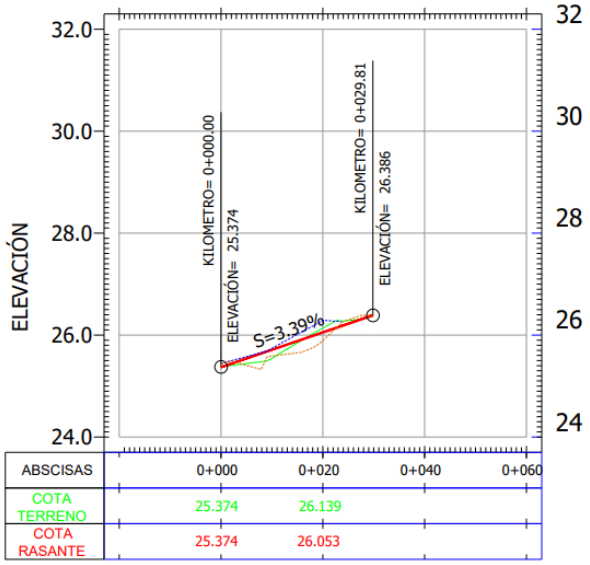


Fuente. Diseño geométrico de vías.

Carrera 30 Tramo II

El perfil de diseño de esta vía es el siguiente:

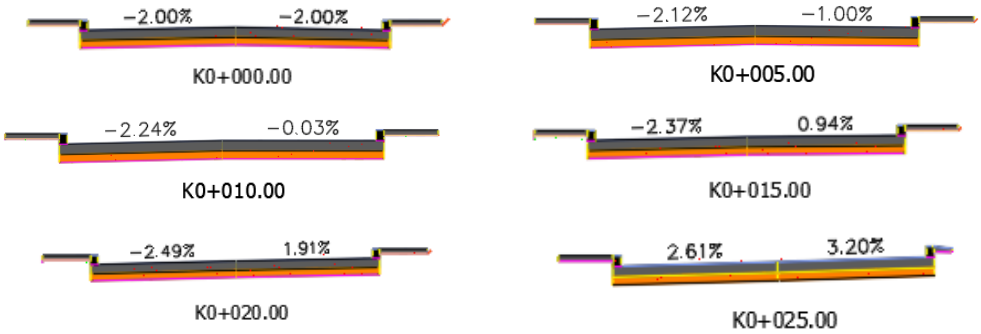
Figura 6.1-9. Perfil Carrera 30 Tramo II.

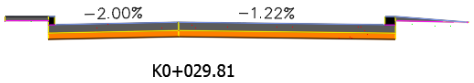


Fuente 2. Diseño geométrico de vías.

Las secciones transversales generadas en el diseño son:

Figura 6.1-10. Secciones Carrera 30 Tramo II.



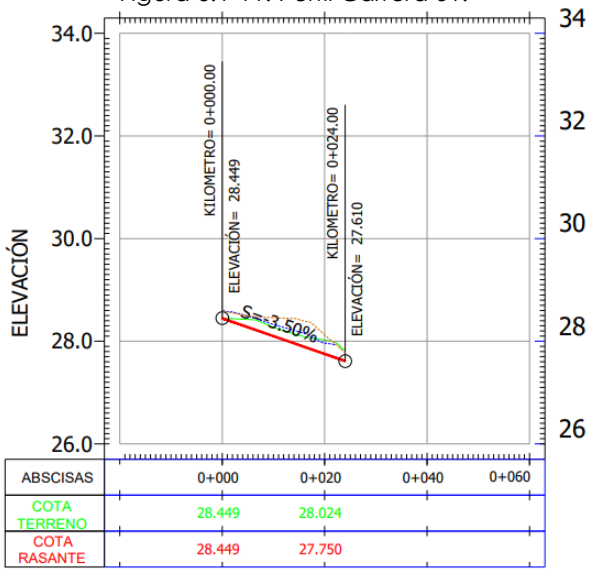


Fuente. Diseño geométrico de vías.

Carrera 31

El perfil de diseño de esta vía es:

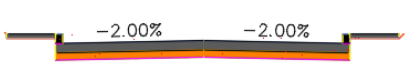
Figura 6.1-11. Perfil Carrera 31.



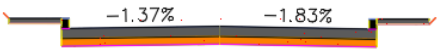
Fuente 3. Diseño geométrico de vías.

Las secciones transversales generadas en el diseño son:

Figura 6.1-12. Secciones Carrera 31.



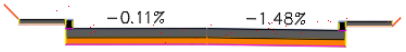
K0+000.00



K0+005.00



K0+010.00



K0+015.00

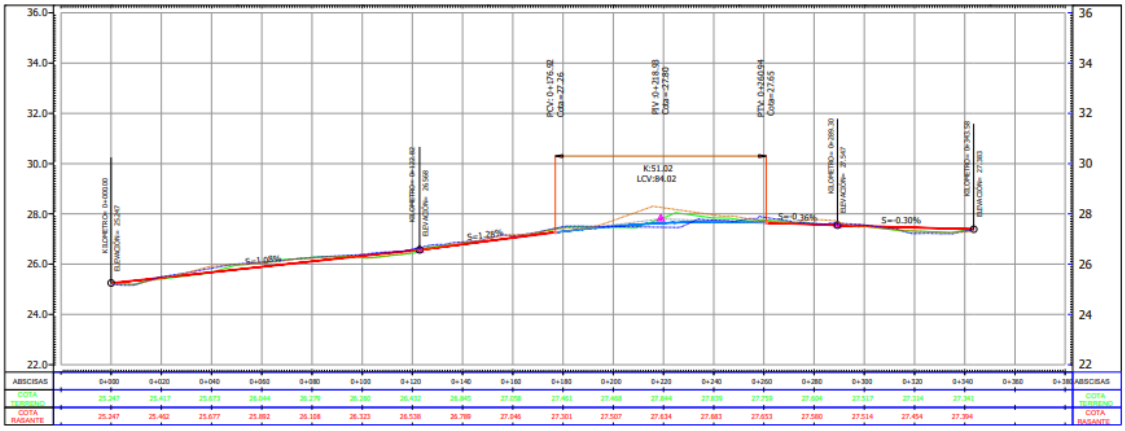


Fuente. Diseño geométrico de vías.

Transversal 29

El perfil de diseño de esta vía es:

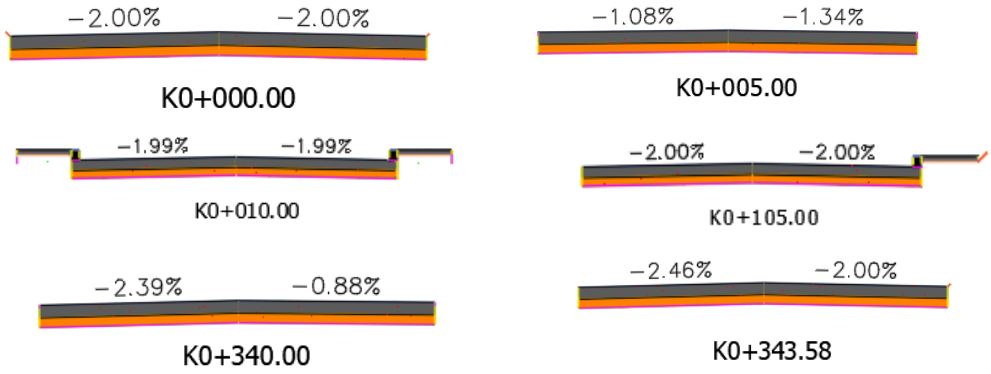
Figura 6.1-13. Perfil Transversal 29.



Fuente. Diseño geométrico de vías.

Para esta vía se generaron 70 secciones transversales, a continuación, se muestran algunas de estas:

Figura 6.1-14. Secciones Transversal 29.



Fuente. Diseño geométrico de vías.

Para estimar el área hidráulica se consideró el ancho de la calzada igual a 6.30 m (2 carriles de 3.15 m), la pendiente transversal o bombeo S_x promedio en tramos con pendiente longitudinal homogénea del diseño geométrico de cada vía.

Tabla 6.1-1. Información del diseño geométrico de las vías internas. Lado izquierdo de la calzada.

Vía	Tramo	Abscisa		Cota Rasante Inicial	Cota Rasante Final	Longitud Tramo	Ancho de la calle	Sx (bombeo promedio)		SL (Pendiente longitudinal)	
-	-	Inicial	Final	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[%]	[m/m]	[%]
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	25.25	26.57	122.82	6.30	0.020	2.0	0.0108	1.08
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	26.57	27.26	54.10	6.30	0.020	2.0	0.0128	1.28
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	27.26	27.80	42.01	6.30	0.020	2.0	0.0129	1.29
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	27.80	27.65	42.01	6.30	0.020	2.0	0.0036	0.36
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	27.65	27.55	28.36	6.30	0.020	2.0	0.0036	0.36
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	27.55	27.38	54.28	6.30	0.021	2.1	0.0030	0.30
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	27.21	27.13	23.61	6.30	0.017	1.7	0.0033	0.33
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	27.13	27.08	15.00	6.30	0.020	2.0	0.0033	0.33
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	27.08	26.92	15.00	6.30	0.020	2.0	0.0107	1.07
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	26.92	26.12	71.01	6.30	0.020	2.0	0.0112	1.12
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	27.58	27.03	29.80	6.30	0.012	1.2	0.0185	1.85
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	27.03	27.02	6.20	6.30	0.020	2.0	0.0015	0.15
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	27.02	27.13	21.24	6.30	0.015	1.5	0.0050	0.50
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	27.48	27.43	17.97	6.30	0.011	1.1	0.0027	0.27
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	28.45	27.61	24.00	6.30	0.011	1.1	0.0350	3.50
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	25.37	26.39	29.81	6.30	0.022	2.2	0.0339	3.39
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	26.57	27.24	22.39	6.30	0.016	1.6	0.0298	2.98

Tabla 6.1-2. Información del diseño geométrico de las vías internas. Lado derecho de la calzada.

Vía	Tramo	Abscisa		Cota Rasante Inicial	Cota Rasante Final	Longitud Tramo	Ancho de la calle	Sx (bombeo promedio)		SL (Pendiente longitudinal)	
-	-	Inicial	Final	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[%]	[m/m]	[%]
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	25.25	26.57	122.82	6.30	0.020	2.0	0.0108	1.08
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	26.57	27.26	54.10	6.30	0.020	2.0	0.0128	1.28
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	27.26	27.80	42.01	6.30	0.020	2.0	0.0129	1.29
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	27.80	27.65	42.01	6.30	0.020	2.0	0.0036	0.36
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	27.65	27.55	28.36	6.30	0.020	2.0	0.0036	0.36
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	27.55	27.38	54.28	6.30	0.018	1.8	0.0030	0.30
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	27.21	27.13	23.61	6.30	0.018	1.8	0.0033	0.33
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	27.13	27.08	15.00	6.30	0.020	2.0	0.0033	0.33
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	27.08	26.92	15.00	6.30	0.020	2.0	0.0107	1.07
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	26.92	26.12	71.01	6.30	0.020	2.0	0.0112	1.12
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	27.58	27.03	29.80	6.30	0.008	0.8	0.0185	1.85
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	27.03	27.02	6.20	6.30	0.020	2.0	0.0015	0.15
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	27.02	27.13	21.24	6.30	0.011	1.1	0.0050	0.50
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	27.48	27.43	17.97	6.30	0.009	0.9	0.0027	0.27
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	28.45	27.61	24.00	6.30	0.017	1.7	0.0350	3.50
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	25.37	26.39	29.81	6.30	0.015	1.5	0.0339	3.39
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	26.57	27.24	22.39	6.30	0.027	2.7	0.0298	2.98

En segunda instancia, se calcularon las propiedades hidráulicas de la sección de cada vía. Para esto, se consideró un coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0.020, correspondiente a superficies en concreto.

Tabla 6.1-3. Propiedades hidráulicas de las vías internas. Lado izquierdo de la calzada.

Vía	Tramo	Abscisa		n	y normal	y máx.	A	P	R	V	Fr
-	-	Inicial	Final	-	[m]	[m]	[m2]	[m]	[m]	[m/s]	-
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	0.020	**0.060**	0.150	0.18	6.42	0.03	0.48	0.63
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	0.020	**0.050**	0.150	0.11	6.40	0.02	0.38	0.55
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	0.020	**0.042**	0.150	0.06	6.39	0.01	0.26	0.41
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	0.020	**0.045**	0.150	0.08	6.39	0.01	0.16	0.24
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	0.020	**0.055**	0.150	0.15	6.41	0.02	0.24	0.33
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	0.020	**0.065**	0.150	0.20	6.43	0.03	0.27	0.34
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	0.020	**0.035**	0.150	0.05	6.37	0.01	0.11	0.19
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	0.020	**0.042**	0.150	0.07	6.39	0.01	0.14	0.21
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	0.020	**0.044**	0.150	0.08	6.39	0.01	0.28	0.42
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	0.020	**0.051**	0.150	0.13	6.40	0.02	0.39	0.54
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	0.020	**0.025**	0.150	0.04	6.35	0.01	0.24	0.48
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	0.020	**0.047**	0.150	0.10	6.40	0.02	0.12	0.17
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	0.020	**0.032**	0.150	0.05	6.36	0.01	0.14	0.25
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	0.020	**0.027**	0.150	0.06	6.35	0.01	0.12	0.23
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	0.020	**0.024**	0.150	0.04	6.35	0.01	0.30	0.63
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	0.020	**0.042**	0.150	0.04	6.38	0.01	0.32	0.50
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	0.020	**0.030**	0.150	0.03	6.36	0.00	0.24	0.44

Tabla 6.1-4. Propiedades hidráulicas de las vías internas. Lado derecho de la calzada.

Vía	Tramo	Abscisa		n	y normal	y máx.	A	P	R	V	Fr
-	-	Inicial	Final	-	[m]	[m]	[m2]	[m]	[m]	[m/s]	-
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	0.020	**0.061**	0.150	0.19	6.42	0.03	0.49	0.64
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	0.020	**0.048**	0.150	0.10	6.40	0.02	0.35	0.51
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	0.020	**0.040**	0.150	0.05	6.38	0.01	0.22	0.35
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	0.020	**0.046**	0.150	0.09	6.39	0.01	0.17	0.25
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	0.020	**0.052**	0.150	0.13	6.41	0.02	0.23	0.31
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	0.020	**0.058**	0.150	0.19	6.42	0.03	0.26	0.35
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	0.020	**0.039**	0.150	0.07	6.38	0.01	0.14	0.22
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	0.020	**0.045**	0.150	0.09	6.39	0.01	0.16	0.24
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	0.020	**0.045**	0.150	0.08	6.39	0.01	0.28	0.43
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	0.020	**0.051**	0.150	0.13	6.40	0.02	0.39	0.55
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	0.020	**0.019**	0.150	0.03	6.34	0.01	0.21	0.49
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	0.020	**0.044**	0.150	0.08	6.39	0.01	0.10	0.15
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	0.020	**0.025**	0.150	0.05	6.35	0.01	0.13	0.27
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	0.020	**0.022**	0.150	0.05	6.34	0.01	0.11	0.23
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	0.020	**0.031**	0.150	0.03	6.36	0.00	0.25	0.46
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	0.020	**0.028**	0.150	0.03	6.36	0.00	0.25	0.49
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	0.020	**0.046**	0.150	0.03	6.40	0.00	0.24	0.35

Finalmente, se presenta el resultado del cálculo de la capacidad hidráulica en cada lado de la calzada tanto para la tirante normal como para la tirante máxima, y se compara con los resultados obtenidos para los caudales asociados a periodos de retorno de 5 y 50 años.

Tabla 6.1-5. Capacidad hidráulica de las vías. Lado izquierdo de la calzada.

Vía	Tramo	Abscisa		Q5	Q10	Q20	Q25	Q50	Q Vía	Q máx. Vía
-	-	Inicial	Final	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	0.089	0.104	0.120	0.127	0.147	0.089	0.907
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	0.044	0.051	0.059	0.062	0.072	0.044	0.980
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	0.017	0.020	0.023	0.024	0.028	0.017	0.985
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	0.013	0.014	0.017	0.018	0.020	0.013	0.519
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	0.037	0.043	0.050	0.052	0.061	0.037	0.526
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	0.054	0.063	0.073	0.077	0.090	0.054	0.468
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	0.006	0.007	0.008	0.008	0.009	0.006	0.530
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	0.010	0.011	0.013	0.014	0.016	0.010	0.504
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	0.022	0.026	0.030	0.032	0.037	0.022	0.902
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	0.049	0.057	0.066	0.069	0.081	0.049	0.931
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	0.011	0.013	0.015	0.015	0.018	0.011	1.416
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	0.012	0.014	0.017	0.017	0.020	0.012	0.333
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	0.007	0.008	0.009	0.009	0.011	0.007	0.685
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	0.007	0.008	0.009	0.009	0.011	0.007	0.549
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	0.012	0.014	0.016	0.017	0.020	0.012	1.961
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	0.014	0.016	0.019	0.020	0.023	0.014	1.527
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	0.008	0.010	0.011	0.012	0.014	0.008	1.639

Tabla 6.1-6. Capacidad hidráulica de las vías. Lado derecho de la calzada.

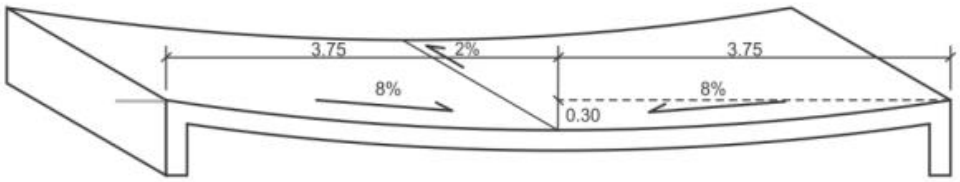
Vía	Tramo	Abscisa		Q5	Q10	Q20	Q25	Q50	Q Vía	Q máx. Vía
-	-	Inicial	Final	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]
Transversal 29	1	K0+000.00	K0+122.82	0.093	0.109	0.126	0.133	0.155	0.093	0.911
Transversal 29	2	K0+122.82	K0+176.92	0.035	0.041	0.048	0.050	0.058	0.035	0.980
Transversal 29	3	K0+176.92	K0+218.93	0.011	0.012	0.014	0.015	0.017	0.011	0.985
Transversal 29	4	K0+218.93	K0+260.94	0.015	0.017	0.020	0.021	0.024	0.015	0.519
Transversal 29	5	K0+260.94	K0+289.30	0.030	0.034	0.040	0.042	0.049	0.030	0.526
Transversal 29	6	K0+289.30	K0+343.58	0.051	0.059	0.069	0.072	0.084	0.051	0.504
Carrera 30	1	K0+000.00	K0+023.61	0.009	0.010	0.012	0.012	0.014	0.009	0.520
Carrera 30	2	K0+023.61	K0+038.61	0.014	0.016	0.018	0.019	0.022	0.014	0.504
Carrera 30	3	K0+038.61	K0+053.61	0.024	0.027	0.032	0.033	0.039	0.024	0.902
Carrera 30	4	K0+053.61	K0+124.62	0.050	0.059	0.068	0.072	0.083	0.050	0.931
Calle 19	1	K0+000.00	K0+029.80	0.008	0.009	0.011	0.011	0.013	0.008	1.511
Calle 19	2	K0+029.80	K0+036.00	0.009	0.011	0.012	0.013	0.015	0.009	0.333
Calle 19	3	K0+036.00	K0+057.24	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.007	0.745
Carrera 31A	1	K0+000.00	K0+017.97	0.006	0.007	0.008	0.008	0.009	0.006	0.575
Carrera 31	1	K0+000.00	K0+024.00	0.008	0.010	0.011	0.012	0.014	0.008	1.758
Carrera 30 Tramo II	1	K0+000.00	K0+029.81	0.008	0.009	0.010	0.011	0.013	0.008	1.809
Calle 17	1	K0+000.00	K0+022.39	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.007	1.296

6.2 BATEAS PROPUESTAS EN INTERSECCIONES

En las intersecciones de calles con la Transversal 29 y 31, para dar continuidad al flujo en las cunetas, se proponen depresiones o bateas, como se indicarán en los planos. El ancho de estas estructuras será igual al ancho de las calles que drenan hacia las principales mencionadas anteriormente.

De acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras, las dimensiones típicas de este tipo de estructuras son las que se presentan en el siguiente esquema:

Figura 6.2-1. Dimensiones típicas de bateas.



Fuente. (Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2009)

Se sugiere que estas estructuras cuenten con pendientes en el sentido del flujo. Su objetivo será dar continuidad a las cunetas en las intersecciones y evitar represamientos aguas arriba de estas estructuras o algún perjuicio por socavación en los bordes del pavimento de las vías principales del proyecto o en su defecto, en las calles que interceptan a estas principales.

En la siguiente tabla se relaciona la localización de cada batea paralela a las Transversales 29 y 31, en las intersecciones donde se recomienda construirlas.

Tabla 6.2-1. Localización de bateas en las intersecciones de calles con la Transversal 29 y Transversal 31.

Vía	Abscisa	Lado
Tv 29 y Tv 31	K0+127.15	Derecho
	K0+255.00	Izquierdo
	K0+309.741	Izquierdo

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para efectos del análisis hidrológico e hidráulico de las estructuras de drenaje para el proyecto MEJORAMIENTO DE CALLES Y CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE MAGANGUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR:

- Se delimitaron las áreas de drenaje residenciales tributarias a cada tramo de cuneta evaluado en ambos lados de las vías objeto de estudio de este proyecto.

- Se determinó la capacidad hidráulica de las calles objeto del proyecto y se concluye que en todos los tramos de estas vías la profundidad de flujo o tirante normal es menor a 0.15 m, por tanto, estás vías **SÍ PUEDEN EVACUAR** los caudales que drenan las áreas de drenaje delimitadas asociadas a cada uno de los tramos con pendiente homogénea de acuerdo con el diseño geométrico.

- Se proponen bateas en las calles que interceptan y drenan a la Transversal 29 y Transversal 31, con el objetivo de dar continuidad al flujo sobre las cunetas propuestas. Las dimensiones de estas estructuras se recomiendan con base en lo establecido en las secciones típicas de bateas del Manual de drenaje para carreteras del INVIAS.

8 REFERENCIAS

Chow, V. T. (1994). *HIDROLOGÍA APLICADA*. Santafé de Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A.

Galindo Martinez, J. (2012). *Problemas resueltos de hidrologia superficial y subterránea.* Bogotá: Universidad de la Salle.

IDEAM. (s.f.). *Atlas Climatológico.* Retrieved 16 de Marzo de 2023, from Clasificación de los climas: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/clima-text.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). *ATLAS Interactivo.* Retrieved 16 de Marzo de 2023, from Anexo Promedios mensuales de brillo solar: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/6.Anexo_Promedios-mensuales-de-brillo-solar.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudos Ambientales (IDEAM). (s.f.). *ATLAS INTERACTIVO.* Retrieved 16 de Marzo de 2023, from 7. TEMAS BÁSICOS DE METEOROLOGÍA AGRÍCOLA: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/etp-text.pdf

Instituto de Hidrología, Metorología Y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). *Tiempo Y Clima*. Retrieved 16 de Marzo de 2023, from http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/atlas#_48_INSTANCE_xoDpvO7rhD5O_%25253Dhttp%2525253A%2525252F%2525252Fwww.ideam.gov.co%2525252FAtlasWeb%2525252Findex.html%2525253F%253D%2526_48_INSTANCE_xoDpvO7rhD5O_%253Dhttp%25253A%25252F%25252Fwww.ideam.gov.c

Instituto Nacional de Vías - INVIAS. (2009). *Manual de drenajes para carreteras.* Bogotá D. C.: Instituto Nacional de Vías - INVIAS. https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras/file

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (08 de Junio de 2017). Resolución 330 de 2017. *Diario Oficial No. 50.267 de 17 de junio de 2017*. Bogotá D. C., Cundinamarca, Colombia.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. -- 2da. Ed.* Bogotá, D.C., Colombia: Universidad de los Andes.