EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL DRENAJE PLUVIAL DEL TRAMO DE UN TRAMO DE LA CALLE 16 VIA JUAN ARIAS – MAGANGUÉ, BOLIVAR



Fuente: Google Earth, 2024

DISEÑADOR

HYDRAULIKOS SAS

LOCALIZACIÓN

CARTAGENA, BOLIVAR

DICIEMBRE 2024

CONTENIDO

1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO 6

1.1. UBICACIÓN ZONA DE ESTUDIO 6

1.2. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y CONDICIONES ACTUALES 6

1.2.1. TOPOGRAFÍA 6

1.3. ESTACIONES METEOROLÓGICAS 8

2. DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE APORTE 9

2.1. DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE APORTE Y CARACTERÍSTICAS 9

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ÁREAS DE APORTE 11

3. ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL 13

3.1. PERIODO DE RETORNO 13

3.2. CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF) 14

3.2.1. AJUSTE DE VALORES EXTREMOS GUMBEL (GVE) PARA LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24H (PM24H) 15

3.2.2. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS IDF SINTÉTICAS 17

4. ESTIMACIÓN DE CAUDALES POR MÉTODO RACIONAL 18

4.1. DATOS DE ENTRADA 18

4.1.1. ÁREA DE DRENAJE 18

4.1.2. ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA 18

4.1.3. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 23

4.1.4. ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE DISEÑO 25

4.2. CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS – MÉTODO RACIONAL 27

5. DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA VÍA 29

5.1. GENERALIDADES DEL DISEÑO 29

5.2. TOPOLOGÍA Y NOMENCLATURA PARA EL CÁLCULO 30

5.2.1. CÁLCULO HIDRÁULICO DE ANCHOS DE INUNDACIÓN. 30

6. BIBLIOGRAFÍA 33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general zona de estudio. 6
Figura 2. Topografía general de la zona del Proyecto. 7
Figura 3. Levantamiento topográfico y diseño de la Vía. 7
Figura 4. Localización Estaciones Meteorológicas IDEAM 8
Figura 5. Delimitación de las área de aporte (Ver Planos Anexos) 10
Figura 6. Ajuste de la PM24H con GVE – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100] 17
Figura 7. Curvas IDF Sintéticas –..... 18

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características fisiográficas de las subcuencas 11
Cuadro 2. Períodos de Retorno de diseño (RAS 2017) 13
Cuadro 3. Precipitación Máxima Anual en 24h – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. 16
Cuadro 4. Resumen Ajuste de distribución de Gumbel – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]. 16
Cuadro 5. Morfometría general de las cuencas de aporte. 20
Cuadro 6. Ecuaciones empleadas para estimar el tiempo de concentración 23
Cuadro 7. Cálculo tiempos de Concentración 24
Cuadro 7. Cálculo de las intensidades de diseño para los diferentes periodos de retorno. 25
Cuadro 8. Caudales Máximos Instantáneos – Método Racional. 27
Cuadro 8. Ancho Max Inundación – Resolución 0330 de 2017. 30

INTRODUCCIÓN

Para la proyección de la escorrentía superficial, se demanda de un análisis hidrológico y diseño hidráulico de las estructuras de drenaje que se requieran. Muchas veces sólo es necesario la proyección de canales principales, pero en otros casos, dependiendo de las condiciones de drenaje del sitio, es necesario proyectar rejillas de piso, sumideros, canales, box-culverts y demás estructuras que, desde el punto de vista hidráulico, necesitan una apropiada definición y dimensionamiento. En este sentido, para el proyecto de expansión de la vía Juan Arias en Magangué Bolívar, requiere de un análisis hidrológico e hidráulico que permita estimar el volumen y caudal de aguas lluvias que cae y drena a través de la vía y así definir la configuración geométrica e hidráulica para los canales y estructuras que permitan drenar en condiciones óptimas la escorrentía superficial.

Es por lo anterior que el presente estudio tiene como objetivo diseñar y evaluar el apartado hidráulico de los canales y las estructuras de cruce proyectadas. Para lo cual es necesario realizar una evaluación hidrológica, que permita cuantificar la escorrentía en la zona de acuerdo con eventos de precipitación para el periodo de retorno del diseño de acuerdo con la Resolución 0330 de 2017.

1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.1. UBICACIÓN ZONA DE ESTUDIO

El proyecto se encuentra ubicado en Magangué, Bolívar (ver Figura 1).

Figura 1. Localización general zona de estudio.



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2021

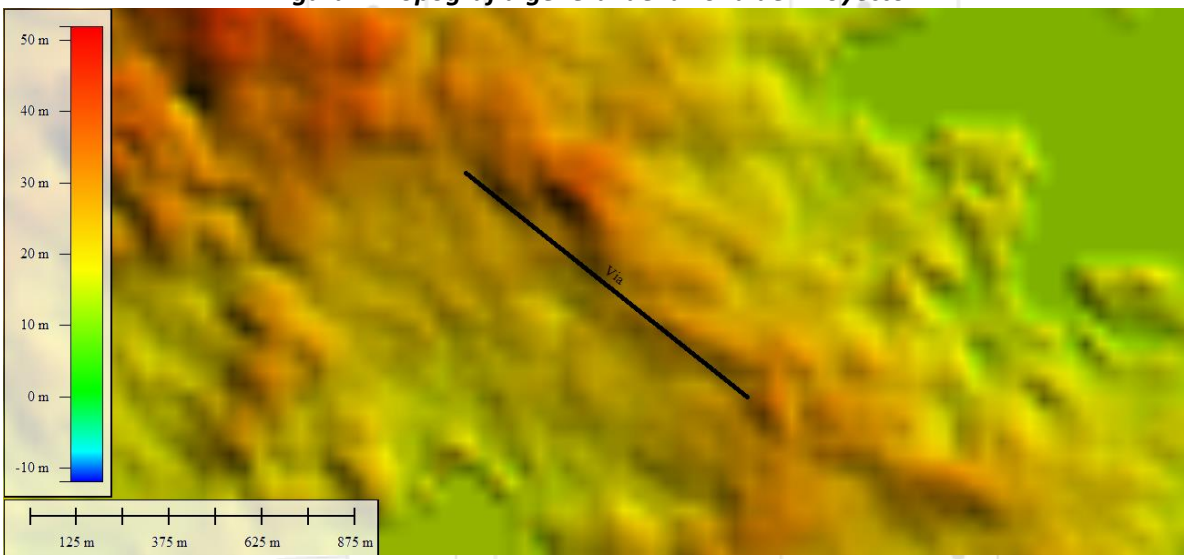
1.2. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y CONDICIONES ACTUALES

1.2.1. Topografía

Para el desarrollo de este estudio se utilizaron fuentes de información primaria y secundaria para las elevaciones del terreno, el Modelo digital Terrestre obtenido de Google Earth Pro, además de la herramienta “Street view” y la información topográfica levantada

directamente en el área de estudio, suministrada por el contratante. La zona en la que se encuentra localizado el proyecto, es una zona alta y no cuenta con áreas de aporte externo muy significativas, dado que se encuentra sobre una divisoria de subcuencas de la zona (ver Figura 2).

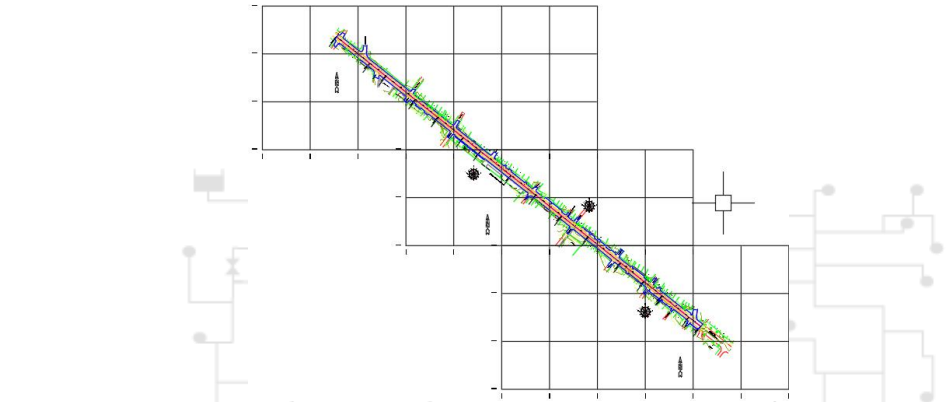
Figura 2. Topografía general de la zona del Proyecto.



Fuente: Autores, 2024. Datos: SRTM.[1]

Figura 3. Levantamiento topográfico y diseño de la Vía.

[1] SRTM Worldwide Elevation Data (1-arc-second Resolution, SRTM Plus V3)

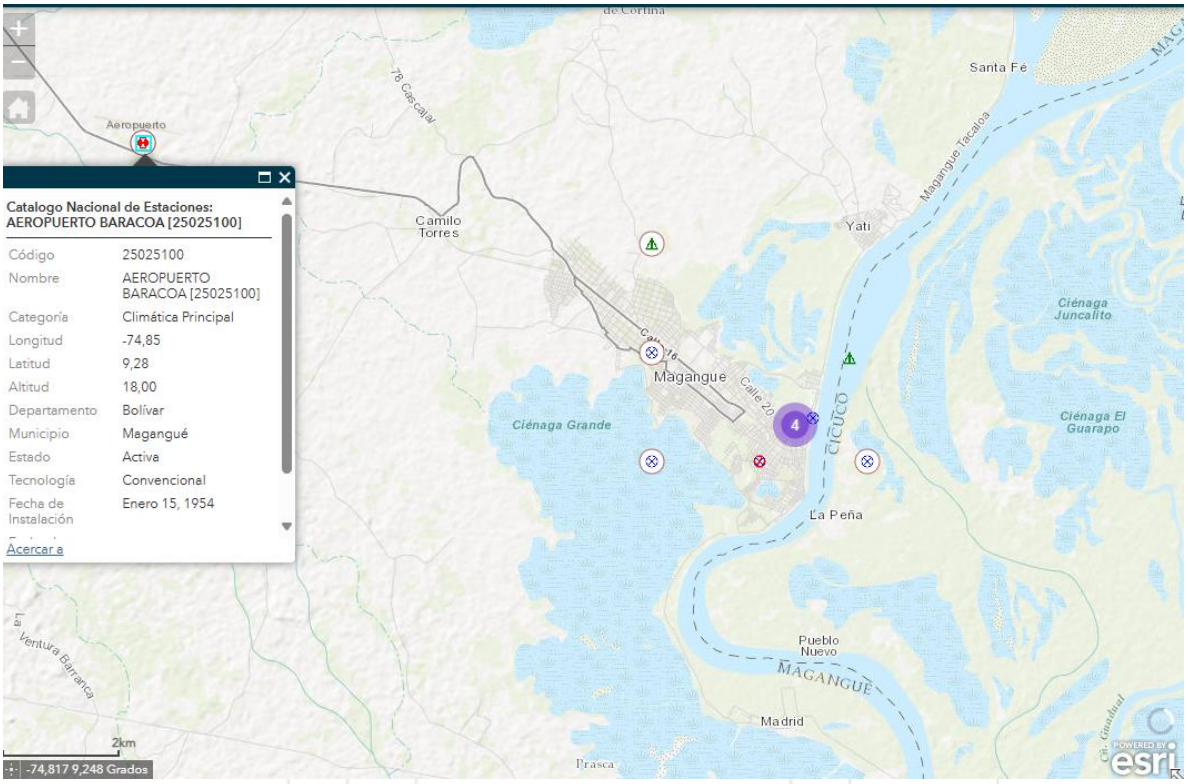


Fuente: Suministrado por contratante, 2024.

1.3. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Teniendo en cuenta la información del IDEAM, se realizó el análisis de las variables climatológicas de la zona con registros de información entre 1970 y 2024. La estación evaluada y su localización se muestran en la siguiente Figura.

Figura 4. Localización Estaciones Meteorológicas IDEAM



Fuente: Tomado y Modificado de Google Earth, 2024

La estación meteorológica activa más cercana al área del proyecto es la estación **AEROPUERTO BARACOA [25025100]** de la cual se tomaron los registros de precipitación en mm/24h para estimar las precipitaciones máximas en los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 50 y 100 años a partir del ajuste de probabilidades de Gumbel curvas IDF para definir las intensidades de diseño.

2. DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE APORTE

2.1. DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE APORTE Y CARACTERÍSTICAS

Las subcuencas identificadas en la zona de estudio se muestran en la siguiente figura, las cuales se delimitaron de acuerdo con la información topográfica suministrada y la información de bases de datos como la SRTM, Google Earh, y Google Street view.

Figura 5. Delimitación de las área de aporte (Ver Planos Anexos)



Fuente: Los Autores, 2021.

En los ANEXOS se incluye el plano topográfico empleado para la delimitación de las áreas de aporte, así mismo anexo a este estudio se presentan los diferentes planos en formato SHP y CAD para su respectiva verificación y evaluación. Es importante resaltar que tanto la red de drenaje como la delimitación de las subcuencas se realizó empleando herramientas

de procesamiento SIG con su posterior post-procesamiento de acuerdo con las características reales del sistema de drenaje en la zona.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ÁREAS DE APORTE

A las subcuencas se les determinaron los parámetros morfométricos más importantes como: El Área de Drenaje (A), Cota Máxima (Hmax), Cota Mínima (Hmin), Longitud Cauce Principal (L) y Pendiente Media (Smed); éstos fueron determinadas con ayuda del software AUTOCAD, de acuerdo con la información de campo disponible siguiendo la metodología propuesta por Monsalve (1998), como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características fisiográficas de las subcuencas

ELEMENTOS	Tipo	ÁREA DRENAJE PROPIA (A)	COTA MÁXIMA ($H_{máx}$)	COTA MÍNIMA ($H_{mín}$)	LONGITUD CANAL (L)	PENDIENTE CAUCE (S_{med})
Identificación	Tipo	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m/m)
A1	S	1385	25.35	25.08	48.53	0.005
A2	S	1354	25.35	25.06	38.30	0.008
A3	S	1658	24.75	22.38	73.94	0.032
A4	S	1687	24.13	23.60	103.68	0.005
A5	S	1627	24.41	22.09	61.10	0.038
A6	S	2295	24.41	22.76	131.85	0.012
A7	S	478	22.69	22.00	59.65	0.012
A8	S	318	22.00	19.85	54.85	0.039
A9	S	1706	23.54	19.83	118.05	0.031
A10	S	1401	24.07	22.43	58.25	0.028
A11	S	659	24.08	21.96	49.17	0.043
A12	S	308	23.93	22.77	28.81	0.040
A13	S	515	24.13	22.86	30.71	0.041
A14	S	888	24.57	23.33	43.82	0.028
A15	S	506	24.79	24.06	26.88	0.027
A16	S	420	24.87	24.71	16.00	0.010
A17	S	4544	29.00	24.71	72.40	0.059
A18	S	1986	24.71	23.91	86.26	0.009
A19	S	1861	24.02	23.91	57.34	0.002
A20	S	986	28.00	24.02	65.50	0.061

ELEMENTOS	Tipo	ÁREA DRENAJE PROPIA (A)	COTA MÁXIMA ($H_{máx}$)	COTA MÍNIMA ($H_{mín}$)	LONGITUD CANAL (L)	PENDIENTE CAUCE (S_{med})
Identificación	Tipo	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m/m)
A21	S	1145	28.00	23.66	46.18	0.094
A22	S	4815	23.53	22.41	102.37	0.011
A23	S	4552	29.00	22.41	102.00	0.065
A24	S	343	28.00	22.18	20.16	0.289
A25	S	3397	28.00	22.00	55.00	0.109
A26	S	1911	28.00	22.12	55.00	0.107
A27	S	5359	28.00	22.67	105.00	0.051
A28	S	4414	24.15	22.86	101.36	0.013
A29	S	1726	30.00	24.15	61.00	0.096
A30	S	1352	24.48	24.32	61.00	0.003
A31	S	234	24.48	24.45	18.80	0.002
A32	S	3204	32.00	24.45	102.00	0.074
A33	S	860	24.45	24.17	51.15	0.005
A34	S	7329	35.00	24.17	220.00	0.049
A35	S	12524	35.00	24.09	220.00	0.050
A36	S	1234	24.09	23.90	35.90	0.005
A37	S	2227	23.89	23.60	64.85	0.004
A38	S	3307	34.00	23.60	158.00	0.066
A39	S	7672	34.00	23.60	236.00	0.044
A40	S	12275	33.00	23.67	175.00	0.053
A41	S	5687	32.00	25.33	182.00	0.037
A42	S	1048	32.00	25.34	106.00	0.063
A43	S	1189	25.34	25.04	42.32	0.007
A44	S	3056	32.00	24.92	117.00	0.061
A21A	S	778	28.00	23.66	46.18	0.094

Fuente: Los Autores, 2024

Es importante anotar que la simbología definida para cada elemento se estableció de acuerdo con su naturaleza y para establecer una identificación simplificada en la topología del Modelo de Cuenca empleado en el programa HEC-HMS (Sistema de Modelación Hidrológica HMS por sus siglas en inglés). En tal sentido: **S es Subcuenca o área de aporte, U es Unión o Salida, E es Embalse y T es Tramo**.

3. ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

De acuerdo con la información topográfica y la distribución de los cursos de agua en la zona de estudio, se identificaron las diferentes subcuencas, de tal manera que se pudieran determinar sus características morfométricas, así como la estimación de la escorrentía superficial generada por la precipitación efectiva incidente. Para la estimación de la escorrentía se utilizó el Método Racional, dado que las áreas de aporte no son significativamente grandes.

3.1. PERIODO DE RETORNO

Los períodos de retorno definidos para el análisis hidráulico se definieron con base en los criterios de diseño establecidos en la normatividad vigente (RAS 2017) y las especificaciones consultadas en estudios y literaturas de referencia. En el Cuadro 5 se muestran los períodos de retorno definidos en el RAS 2017.

Cuadro 2. Períodos de Retorno de diseño (RAS 2017)

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Resolución 0330 de 2017.

De acuerdo con lo anterior y la determinación de las subcuencas de aporte, estos son tramos iniciales que cuentan con áreas menores a 2 Hectáreas por lo cual, los análisis y diseños se deben realizar para un evento de lluvia que correspondan un periodo de retorno de **5 años**, atendiendo lo estipulado en la Resolución 0330 de 2017.

3.2. CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)

Como la precipitación no ocurre simultáneamente en toda la cuenca ni tiene la misma duración, el método Racional, supone para su aplicación que la duración de la lluvia es la misma en toda la cuenca y es igual al tiempo de concentración de esta, en ese caso toda la cuenca está drenando y se presenta la mayor cantidad de flujo de escorrentía.

Teniendo en cuenta lo que establece la Resolución 0330 de 2017, en su artículo 135, en el que se indica: "*Intensidad de lluvia. Se deben seleccionar las curvas IDF de cada localidad o región en particular y verificar su validez. Si no existen o no contemplan datos del último quinquenio, se deben obtener a partir de información pluviométrica de la zona, incluyendo los datos más recientes, para derivar las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos…en el análisis se deben incluir los cambios en las intensidades producidos por fenómenos de variabilidad y cambio climático sucedidos en Colombia…*", para la determinación de las intensidades de diseño se construyeron Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) sintéticas, aplicando el método simplificado con base en la Metodología de Díaz Granados (Manual de Drenaje de INVIAS, 2009), a partir de coeficientes de regionalización de la Precipitación Máxima en 24 horas (PM24H), a partir de registros pluviométricos de la estación **AEROPUERTO BARACOA [25025100]**, para el período comprendido entre **1970 a 2024** (52 años), con el fin de incluir los efectos de cambio climático y variabilidad en la zona.

La ecuación tiene la siguiente expresión:

$$I(mm/h) = \frac{a * T^b * M^d}{(t_c/60)^c}$$

Donde:

I: Es la Intensidad de la lluvia (mm/h)

T: Es el periodo de retorno en años.

t_c: Es el tiempo de concentración en minutos

a, b, c y d: Son parámetros que dependen de la Región

M: Es Precipitación Máxima en 24 h a nivel multianual, para cada período de retorno

Para la Región Caribe, los valores de estos parámetros son:

a = 24.85

b = 0.22

c = 0.50

d = 0.10

Para obtener los valores del parámetro M se realizó un ajuste de valores extremos GVE para el registro de datos de Precipitación Máxima en 24 horas, en el período de **1970 a 2024**, para la estación del **AEROPUERTO BARACOA [25025100]**.

3.2.1. Ajuste de Valores Extremos Gumbel (GVE) para la Precipitación Máxima en 24H (PM24H)

Se analizó el comportamiento de la precipitación máxima en 24 horas (PM24H) en la estación meteorológica **AEROPUERTO BARACOA [25025100]**, para el período de **1970 a 2024**, con el fin de obtener las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia sintéticas, de tal manera que se incluyera en éstas, el efecto de variabilidad climática de la zona, con la

inclusión de registros del último quinquenio, como lo establece la norma (Resolución 0330 de 2017).

Cuadro 3. Precipitación Máxima Anual en 24h – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100].

MAGANGUE							
Año	**Datos**	**Año**	**Datos**	**Año**	**Datos**	**Año**	**Datos**
1970	78	1987	82	2002	96.8	2016	181.1
1971	88	1988	96.6	2003	1.5	2017	131.4
1973	47	1989	59	2004	157.4	2018	93.6
1974	65	1990	65	2005	90.5	2019	99.3
1975	49	1991	70	2006	65	2020	138.2
1976	75	1993	66.5	2007	100.5	2021	105
1977	50.3	1994	36.9	2008	80.5	2022	73
1978	110	1995	81.7	2009	80.3	2023	96.6
1979	60	1996	77.8	2010	98.7	2024	59.5
1981	20.7	1997	69.1	2011	92.5		
1983	33.3	1998	54.6	2012	60.7		
1984	64	1999	83.5	2013	117.5		
1985	48	2000	83	2014	74.4		
1986	76	2001	51.5	2015	90.9		

Fuente: Autores – Datos: IDEAM, 2021.

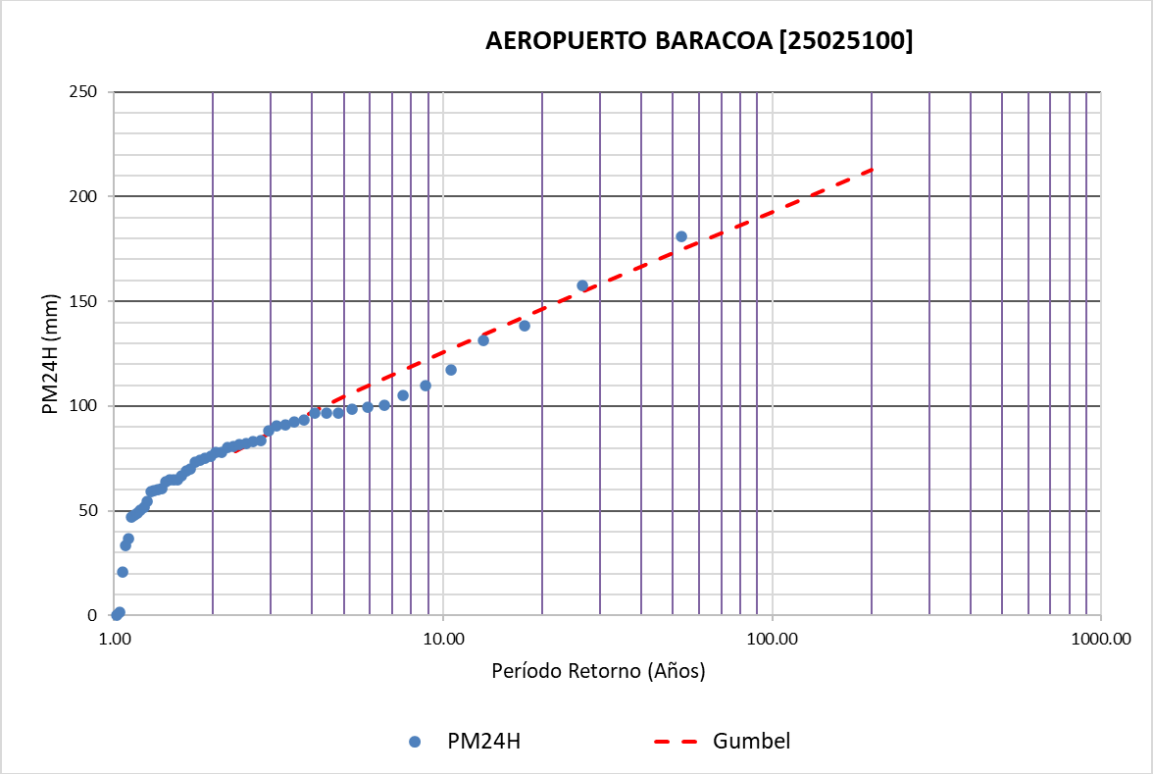
Cuadro 4. Resumen Ajuste de distribución de Gumbel – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100].

Ajuste PM24H Distribución Gumbel					
Estación		**AEROPUERTO BARACOA [25025100]**			
Año Inicial	1970	**Año Final**	2024	**n**	52
Promedio	77.43	**Desviación**	33.16	α	0.035
μ_y	0.5493	σ_y	1.1638	β	61.777

Ajuste con Distribución Gumbel		
Tr (años)	**Precipitacion (mm)**	**Prob(Pmax<=x)**
2.33	**78.27**	0.5708
3	**87.50**	0.6667
5	**104.52**	0.8000
10	**125.91**	0.9000
25	**152.93**	0.9600
50	**172.97**	0.9800
100	**192.87**	0.9900
200	**212.69**	0.9950

Fuente: Autores – Datos: IDEAM, 2021.

Figura 6. Ajuste de la PM24H con GVE – Estación AEROPUERTO BARACOA [25025100]



Fuente: Autores, 2020

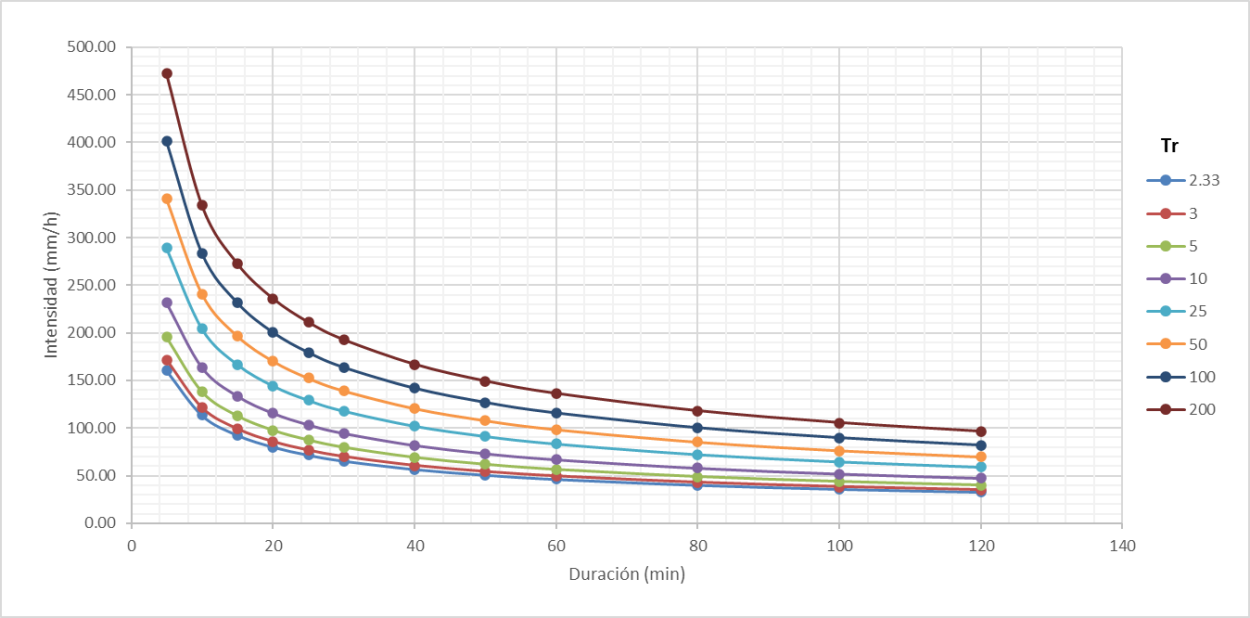
De acuerdo con los datos anteriores, el valor promedio máximo multianual de la serie es de **77.43 mm**, con un valor máximo de **181 mm** para el mes de septiembre del año 2016. En la Figura 6 se presenta el ajuste de las precipitaciones máximas en 24 horas para el registro anterior, para diferentes períodos de retorno, mediante la metodología de Gumbel de Valores Extremos (GVE).

3.2.2. Construcción de Curvas IDF Sintéticas

A partir de os valores de PM24H corregidos (Corrección de Intervalo Fijo) y ajustados para cada período de retorno son los que se emplearán como el parámetro M en la construcción de las Curvas IDF Sintéticas, aplicando la ecuación de Intensidad descrita anteriormente, para cada período de retorno y para diferentes duraciones de eventos de lluvia, tal como

se muestra a continuación.

Figura 7. Curvas IDF Sintéticas –



Fuente: Autores, 2020

4. ESTIMACIÓN DE CAUDALES POR MÉTODO RACIONAL

A continuación, se muestra la estimación de caudales por el método racional.

4.1. Datos de entrada

4.1.1. Área de Drenaje

Este parámetro se determinó a partir del diseño del alcantarillado pluvial y el levantamiento topográfico suministrado, se definieron las divisorias de agua para la delimitación física de cada una de las subcuencas. Estas áreas identificadas en la Figura 5 y están consignadas en el Cuadro 1.

4.1.2. Estimación de los Coeficientes de escorrentía

Para el coeficiente de escorrentía, se tuvo en cuenta la ponderación entre las diferentes coberturas presentes en cada área. De este modo se obtuvo un C promedio.

Cuadro 5. Morfometría general de las cuencas de aporte.

Elemento		TIPO DE CUENCA	ÁREA DRENAJE (A)			LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (L_{cp})	PENDIENTE CAUCE PRINCIPAL (S_{cp})	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (CE)
Identificación	Tipo		(m^2)	(ha)	(km^2)	(m)	(m/m)	(adm)
A1	S	Mixta	1385	0.14	0.0014	48.53	0.0055	0.79
A2	S	Mixta	1354.05	0.14	0.0014	38.3	0.0075	0.79
A3	S	Mixta	1658.002	0.17	0.0017	73.94	0.0321	0.79
A4	S	Mixta	1686.82	0.17	0.0017	103.68	0.0051	0.79
A5	S	Mixta	1626.62	0.16	0.0016	61.1	0.0380	0.79
A6	S	Mixta	2295	0.23	0.0023	131.85	0.0125	0.79
A7	S	Mixta	478	0.05	0.0005	59.65	0.0116	0.79
A8	S	Mixta	318	0.03	0.0003	54.85	0.0392	0.79
A9	S	Mixta	1705.73	0.17	0.0017	118.05	0.0314	0.79
A10	S	Mixta	1401	0.14	0.0014	58.25	0.0282	0.79
A11	S	Mixta	659	0.07	0.0007	49.17	0.0431	0.79
A12	S	Mixta	308.02	0.03	0.0003	28.81	0.0403	0.79
A13	S	Mixta	515.19	0.05	0.0005	30.71	0.0414	0.79
A14	S	Mixta	888.37	0.09	0.0009	43.82	0.0283	0.79
A15	S	Mixta	505.63	0.05	0.0005	26.88	0.0272	0.79
A16	S	Mixta	420.3	0.04	0.0004	16	0.0100	0.79
A17	S	Mixta	4544	0.45	0.0045	72.4	0.0593	0.79
A18	S	Mixta	1985.6	0.20	0.0020	86.26	0.0093	0.79
A19	S	Mixta	1861.07	0.19	0.0019	57.34	0.0019	0.79
A20	S	Mixta	986	0.10	0.0010	65.5	0.0608	0.79
A21	S	Mixta	1145	0.11	0.0011	46.18	0.0940	0.79

Elemento		TIPO DE CUENCA	ÁREA DRENAJE (A)			LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (L_{cp})	PENDIENTE CAUCE PRINCIPAL (S_{cp})	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (CE)
Identificación	Tipo		(m^2)	(ha)	(km^2)	(m)	(m/m)	(adm)
A22	S	Mixta	4815	0.48	0.0048	102.37	0.0109	0.79
A23	S	Mixta	4552.16	0.46	0.0046	102	0.0646	0.79
A24	S	Mixta	343	0.03	0.0003	20.16	0.2887	0.79
A25	S	Mixta	3397	0.34	0.0034	55	0.1091	0.79
A26	S	Mixta	1911.39	0.19	0.0019	55	0.1069	0.79
A27	S	Mixta	5359	0.54	0.0054	105	0.0508	0.79
A28	S	Mixta	4414	0.44	0.0044	101.36	0.0127	0.79
A29	S	Mixta	1726	0.17	0.0017	61	0.0959	0.79
A30	S	Mixta	1352	0.14	0.0014	61	0.0025	0.79
A31	S	Mixta	234	0.02	0.0002	18.8	0.0016	0.79
A32	S	Mixta	3204.29	0.32	0.0032	102	0.0740	0.79
A33	S	Mixta	860	0.09	0.0009	51.15	0.0055	0.79
A34	S	Mixta	7329	0.73	0.0073	220	0.0492	0.79
A35	S	Mixta	12524	1.25	0.0125	220	0.0496	0.79
A36	S	Mixta	1234	0.12	0.0012	35.9	0.0053	0.79
A37	S	Mixta	2227	0.22	0.0022	64.85	0.0045	0.79
A38	S	Mixta	3307.2	0.33	0.0033	158	0.0658	0.79
A39	S	Mixta	7672.47	0.77	0.0077	236	0.0441	0.79
A40	S	Mixta	12275.38	1.23	0.0123	175	0.0533	0.79
A41	S	Mixta	5687.02	0.57	0.0057	182	0.0366	0.79
A42	S	Mixta	1047.74	0.10	0.0010	106	0.0628	0.79
A43	S	Mixta	1188.81	0.12	0.0012	42.32	0.0071	0.79

Elemento		TIPO DE CUENCA	ÁREA DRENAJE (A)			LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (L_{cp})	PENDIENTE CAUCE PRINCIPAL (S_{cp})	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (CE)
Identificación	Tipo		(m^2)	(ha)	(km^2)	(m)	(m/m)	(adm)
A44	S	Mixta	3055.94	0.31	0.0031	117	0.0605	0.79
A21A	S	Mixta	778	0.08	0.0008	46.18	0.0940	0.79

Fuente: Los Autores, 2024.

4.1.3. Tiempo de Concentración

Teniendo en cuenta la definición establecida en el artículo 256 de la resolución 0330 de 2017, el tiempo de concentración corresponde al "*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*". A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas en el presente estudio y tomadas de diferentes fuentes.

Cuadro 6. Ecuaciones empleadas para estimar el tiempo de concentración

AUTOR	ECUACIÓN	VARIABLES
KERBY	$t_c = \left[\frac{0{,}67 \cdot n \cdot L_p}{\sqrt{S}}\right]^{0{,}467}$	t_c = Tiempo de concentración (min.) L_p = Longitud la trayectoria principal del flujo (pies) S = Pendiente de la trayectoria principal del flujo (m/m) n = Coeficiente de retardo (adm)
FAA	$t_c = 3{,}26 \cdot (1{,}1 - C) \cdot \frac{(L \cdot 1000)^{0.5}}{(S \cdot 100)^{0.333}}$	t_c = Tiempo de concentración (min.) L = Longitud la trayectoria principal del flujo (km) S = Pendiente de la trayectoria principal del flujo (m/m) C = Coeficiente de Escorrentía del Método Racional
SCS	$T_e = \frac{L}{(60 \cdot V_s)}$	Te = Tiempo de concentración (min.) L = Longitud la trayectoria principal del flujo (m) Vs = Velocidad Media de Escorrentía Superficial (m/s) = $aS^{1/2}$
KIRPICH	$t_c = 0.0078 \cdot L_p^{0{,}77} \cdot S^{-0{,}385}$	t_c = Tiempo de concentración (min.) L_p = Longitud la trayectoria principal del flujo (pies) S = Pendiente de la trayectoria principal del flujo (m/m)
BRANSBY-WILLIAMS	$t_c = 14{,}6 \cdot L \cdot A^{-0{,}1} \cdot S^{-0{,}2}$	t_c = Tiempo de concentración (min.) L = Longitud la trayectoria principal del flujo (km) A = Área de Drenaje de la cuenca (km^2) S = Pendiente de la trayectoria principal del flujo (m/m)
ARMY CORPS USA (TEMEZ)	$T_c = 0{,}3 \cdot \left[\frac{L}{S^{0{,}25}}\right]^{0{,}76}$	T_c = Tiempo de concentración (hr.) L = Longitud la trayectoria principal del flujo (m) S = Pendiente de la trayectoria principal del flujo (m/m)

Fuente: RAS 2000, Título D. Sistemas de Evacuación de Aguas. D.4.3.7

Cuadro 7. Cálculo tiempos de Concentración

CUENCA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
	KERBY	FAA	SCS (Veloc. De Concentr.)	Bransby-Williams	Cuerpo de Ingenieros USA	Promedio	Adoptado
Nombre	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)
A1	16.98	16.78	5.47	3.84	4.86	9.59	9.59
A2	14.10	13.38	3.67	2.85	3.82	7.56	7.56
A3	13.67	11.48	3.44	4.04	4.78	7.48	7.48
A4	24.60	25.11	12.11	8.16	8.77	15.75	15.75
A5	12.02	9.87	2.61	3.23	4.00	6.35	6.35
A6	22.32	21.00	9.83	8.41	8.88	14.09	14.09
A7	15.69	14.49	4.62	4.52	4.93	8.85	8.85
A8	11.35	9.25	2.31	3.39	3.67	5.99	5.99
A9	17.09	14.60	5.55	6.45	6.85	10.11	10.11
A10	12.61	10.64	2.89	3.32	4.09	6.71	6.71
A11	10.54	8.48	1.97	2.77	3.31	5.42	5.42
A12	8.35	6.64	1.20	1.78	2.24	4.04	4.04
A13	8.55	6.80	1.26	1.79	2.34	4.15	4.15
A14	11.02	9.21	2.17	2.61	3.29	5.66	5.66
A15	8.86	7.32	1.36	1.71	2.29	4.31	4.31
A16	8.78	7.88	1.33	1.26	1.86	4.22	4.22
A17	11.73	9.26	2.48	3.16	4.19	6.16	6.16
A18	19.63	18.75	7.46	5.93	6.80	11.71	11.71
A19	23.43	25.85	10.91	5.43	6.73	14.47	14.47
A20	11.13	8.73	2.21	3.31	3.86	5.85	5.85
A21	8.54	6.34	1.26	2.11	2.73	4.19	4.19
A22	20.46	19.33	8.16	6.23	7.51	12.34	12.34
A23	13.49	10.68	3.34	4.38	5.34	7.45	7.45
A24	4.46	2.88	0.31	0.83	1.17	1.93	1.93
A25	8.95	6.58	1.39	2.19	3.03	4.43	4.43
A26	8.99	6.63	1.40	2.33	3.04	4.48	4.48
A27	14.47	11.74	3.88	4.65	5.72	8.09	8.09
A28	19.65	18.29	7.49	6.04	7.24	11.74	11.74
A29	9.68	7.24	1.64	2.66	3.35	4.91	4.91
A30	22.59	24.28	10.08	5.64	6.69	13.86	13.86
A31	14.53	15.74	3.92	2.27	2.99	7.89	7.89
A32	13.07	10.20	3.12	4.41	5.21	7.20	7.20

CUENCA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN						
	KERBY	FAA	SCS (Veloc. De Concentr.)	Bransby-Williams	Cuerpo de Ingenieros USA	Promedio	Adoptado
Nombre	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)
A33	17.39	17.21	5.76	4.25	5.05	9.93	9.93
A34	20.58	17.17	8.26	9.50	10.09	13.12	13.12
A35	20.55	17.13	8.23	8.99	10.08	12.99	12.99
A36	14.86	14.58	4.11	2.89	3.89	8.07	8.07
A37	20.37	20.73	8.08	5.10	6.29	12.11	12.11
A38	16.48	13.21	5.13	6.97	7.43	9.84	9.84
A39	21.82	18.45	9.37	10.37	10.87	14.18	14.18
A40	18.15	14.91	6.32	7.06	8.35	10.96	10.96
A41	20.18	17.23	7.92	8.55	9.24	12.63	12.63
A42	13.82	10.99	3.52	5.30	5.53	7.83	7.83
A43	14.99	14.37	4.19	3.23	4.17	8.19	8.19
A44	14.60	11.69	3.96	5.29	6.01	8.31	8.31
A21A	8.54	6.34	1.26	2.19	2.73	4.21	4.21

Fuente: Los Autores, 2024

4.1.4. Estimación de la intensidad de Diseño

De acuerdo con lo definido en las curvas IDF, se seleccionó el método de Díaz Granados para el cálculo de las intensidades de diseño.

Cuadro 8. Cálculo de las intensidades de diseño para los diferentes periodos de retorno.

CUENCA	INTENSIDAD DE DISEÑO (I)								FACT. DE REDUCC. (R)
	2.33	3	5	10	25	50	100	200	
Nombre	(mm/h)								(adm)
A1	115.8	123.8	141.0	167.3	208.7	243.1	289.8	340.8	1.00
A2	130.4	139.4	158.7	188.4	235.0	273.7	326.2	383.7	1.00
A3	131.1	140.1	159.6	189.4	236.2	275.2	328.0	385.8	1.00
A4	90.4	96.6	110.0	130.6	162.8	189.7	226.1	265.9	1.00
A5	142.3	152.2	173.3	205.6	256.5	298.8	356.2	418.9	1.00

CUENCA	INTENSIDAD DE DISEÑO (I)								FACT. DE REDUCC. (R)
	2.33	3	5	10	25	50	100	200	
Nombre	(mm/h)								(adm)
A6	95.5	102.1	116.3	138.0	172.2	200.5	239.0	281.2	1.00
A7	120.5	128.9	146.8	174.2	217.2	253.0	301.6	354.8	1.00
A8	146.5	156.6	178.4	211.6	264.0	307.5	366.5	431.1	1.00
A9	112.8	120.6	137.3	163.0	203.3	236.7	282.2	331.9	1.00
A10	138.4	148.0	168.6	200.0	249.5	290.6	346.4	407.4	1.00
A11	154.1	164.7	187.6	222.6	277.6	323.4	385.5	453.4	1.00
A12	178.4	190.7	217.2	257.8	321.5	374.5	446.4	525.0	1.00
A13	176.1	188.3	214.4	254.4	317.4	369.7	440.7	518.3	1.00
A14	150.7	161.1	183.5	217.7	271.6	316.3	377.1	443.5	1.00
A15	172.8	184.7	210.4	249.7	311.4	362.7	432.4	508.6	1.00
A16	174.5	186.5	212.4	252.1	314.5	366.3	436.6	513.5	1.00
A17	144.4	154.4	175.9	208.7	260.3	303.2	361.5	425.1	1.00
A18	104.8	112.0	127.6	151.4	188.8	219.9	262.2	308.3	1.00
A19	94.3	100.8	114.8	136.2	169.9	197.9	235.9	277.4	1.00
A20	148.3	158.5	180.5	214.2	267.2	311.2	371.0	436.3	1.00
A21	175.1	187.2	213.2	253.0	315.6	367.6	438.2	515.4	1.00
A22	102.1	109.1	124.3	147.5	184.0	214.3	255.5	300.5	1.00
A23	131.4	140.5	160.0	189.9	236.8	275.8	328.8	386.8	1.00
A24	258.0	275.8	314.2	372.8	465.0	541.6	645.6	759.4	1.00
A25	170.4	182.2	207.5	246.3	307.2	357.8	426.5	501.6	1.00
A26	169.5	181.2	206.4	244.9	305.4	355.8	424.1	498.8	1.00
A27	126.1	134.8	153.5	182.1	227.2	264.6	315.4	371.0	1.00
A28	104.6	111.9	127.4	151.2	188.6	219.7	261.8	308.0	1.00
A29	161.7	172.9	196.9	233.7	291.5	339.5	404.7	476.1	1.00
A30	96.3	103.0	117.3	139.2	173.6	202.2	241.1	283.5	1.00
A31	127.6	136.5	155.4	184.4	230.1	268.0	319.4	375.7	1.00
A32	133.6	142.8	162.7	193.0	240.8	280.5	334.3	393.2	1.00
A33	113.8	121.6	138.5	164.4	205.0	238.8	284.7	334.9	1.00
A34	99.0	105.8	120.5	143.0	178.4	207.8	247.7	291.4	1.00
A35	99.5	106.3	121.1	143.7	179.3	208.8	248.9	292.8	1.00
A36	126.2	135.0	153.7	182.4	227.5	265.0	315.9	371.6	1.00
A37	103.0	110.1	125.4	148.9	185.7	216.3	257.8	303.2	1.00
A38	114.3	122.2	139.2	165.1	206.0	239.9	286.0	336.4	1.00

CUENCA	INTENSIDAD DE DISEÑO (I)								FACT. DE REDUCC. (R)
	2.33	3	5	10	25	50	100	200	
Nombre	(mm/h)								(adm)
A39	95.2	101.8	116.0	137.6	171.6	199.9	238.3	280.3	1.00
A40	108.3	115.8	131.9	156.5	195.2	227.4	271.0	318.8	1.00
A41	100.9	107.9	122.9	145.8	181.9	211.8	252.5	297.0	1.00
A42	128.1	137.0	156.0	185.1	230.9	269.0	320.6	377.1	1.00
A43	125.3	134.0	152.6	181.1	225.9	263.1	313.6	368.8	1.00
A44	124.4	133.0	151.5	179.7	224.2	261.1	311.3	366.1	1.00
A21A	174.8	186.8	212.8	252.5	315.0	366.8	437.3	514.4	1.00

Fuente: Los Autores, 2024.

4.2. CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS – MÉTODO RACIONAL

Debido al tamaño de las áreas de aporte, se definió el método racional para estimar los caudales de cada una de las áreas de aporte.

Cuadro 9. Caudales Máximos Instantáneos – Método Racional.

CUENCA	CAUDAL DE ESCORRENTÍA (Q)							Caudal Diseño
	2	3	5	10	25	50	100	
Nombre	(m3/s)							5
A1	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.04
A2	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.05
A3	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.12	0.15	0.06
A4	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.08	0.10	0.04
A5	0.05	0.05	0.06	0.07	0.10	0.13	0.16	0.06
A6	0.05	0.05	0.06	0.07	0.10	0.12	0.15	0.06
A7	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02
A8	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01
A9	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.11	0.13	0.05
A10	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.11	0.13	0.05

CUENCA	CAUDAL DE ESCORRENTÍA (Q)							Caudal Diseño
	2	3	5	10	25	50	100	
Nombre	(m3/s)							5
A11	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.07	0.03
A12	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.01
A13	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.02
A14	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.09	0.04
A15	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.02
A16	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.02
A17	0.14	0.15	0.18	0.21	0.29	0.36	0.45	0.18
A18	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.14	0.06
A19	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.05
A20	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.04
A21	0.04	0.05	0.05	0.06	0.09	0.11	0.14	0.05
A22	0.11	0.12	0.13	0.16	0.21	0.27	0.34	0.13
A23	0.13	0.14	0.16	0.19	0.26	0.33	0.41	0.16
A24	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.02
A25	0.13	0.14	0.15	0.18	0.25	0.32	0.40	0.15
A26	0.07	0.08	0.09	0.10	0.14	0.18	0.22	0.09
A27	0.15	0.16	0.18	0.21	0.29	0.37	0.46	0.18
A28	0.10	0.11	0.12	0.15	0.20	0.26	0.32	0.12
A29	0.06	0.07	0.07	0.09	0.12	0.15	0.19	0.07
A30	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.03
A31	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
A32	0.09	0.10	0.11	0.14	0.19	0.24	0.29	0.11
A33	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.03
A34	0.16	0.17	0.19	0.23	0.32	0.40	0.50	0.19
A35	0.27	0.29	0.33	0.39	0.54	0.69	0.86	0.33
A36	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.04
A37	0.05	0.05	0.06	0.07	0.10	0.13	0.16	0.06
A38	0.08	0.09	0.10	0.12	0.16	0.21	0.26	0.10
A39	0.16	0.17	0.20	0.23	0.32	0.40	0.50	0.20
A40	0.29	0.31	0.36	0.42	0.58	0.73	0.91	0.36
A41	0.13	0.13	0.15	0.18	0.25	0.32	0.39	0.15
A42	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.09	0.04
A43	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.04

CUENCA	CAUDAL DE ESCORRENTÍA (Q)							Caudal Diseño
	2	3	5	10	25	50	100	
Nombre	(m3/s)							5
A44	0.08	0.09	0.10	0.12	0.17	0.21	0.26	0.10
A21A	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.08	0.09	0.04

Fuente: Los Autores, 2024.

5. DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA VÍA

5.1. GENERALIDADES DEL DISEÑO

Teniendo en cuenta que el municipio no cuenta con alcantarillado pluvial y que el drenaje pluvial se maneja de forma superficial por las vías en su mayoría, el concepto del diseño está planteado teniendo en cuenta estas condiciones y se dio prioridad a las descargas superficiales. Por tal motivo, el uso de estructuras de drenaje como tuberías, manholes queda descartado, debido a que este tipo de sistemas requiere una cobertura mínima obligando a profundizar el sistema y dificultando las descargas superficiales.

Por lo tanto, el sistema se trató de manejar, en la medida de lo posible con drenaje superficial, hasta cumplir con los anchos máximos de inundación en la vía, definidos por la Resolución 0330 de 2017.

Cuadro 10. Ancho Max Inundación – Resolución 0330 de 2017.

ARTÍCULO 156. ***Requisitos de diseño de sumideros.*** Deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Deben ubicarse antes de los cruces de vías, antes de las zonas de tránsito de peatones, en la reducción de la pendiente longitudinal de la vía en el sentido de la escorrentía, en puntos bajos y depresiones.
2. Se deben justificar los métodos utilizados en el análisis del comportamiento hidráulico de los sumideros. Los anchos de inundación admisibles deben ser los establecidos en la Tabla 21.

Tabla 21. Ancho de Inundación admisible según Clasificación de la vía

Ancho de la vía (m)	Ancho de inundación admisible (m)
< 6	2,00
≥ 6 y < 7	3,00
≥ 7 y < 9	3,50
≥ 9	4,00
** **Nota:** Si el bombeo es a los dos costados de la vía el ancho de inundación admisible deberá dividirse en dos (2).	

Fuente: Resolución 0330 de 2017.

5.2. TOPOLOGÍA Y NOMENCLATURA PARA EL CÁLCULO

Para efectos del cálculo hidráulico de cada uno de los elementos proyectados, se toman los nombres y numeraciones señaladas en los planos. (Ver planos anexos).

5.2.1. Cálculo hidráulico de anchos de inundación.

A continuación, se muestra el resumen del cálculo de los anchos máximos de inundación y las tirantes para cada uno de los tramos.

Nombre	Area de Aporte	Tipo de Sección Canal de Descarga	Caudal de Diseño Q_D (m^3/s)	Pendiente	Tirante (m)	Ancho Lámina de agua (m)	Ancho Inundación (Max)
			5 años	(m/m)	(m)	(m)	(m)
T-01	A15	Superficial	0.023	0.0097	0.043	2.15	3.000
T-02	A14	Superficial	0.036	0.0096	0.051	2.55	3.000
T-03	A13	Superficial	0.024	0.0089	0.044	2.20	3.000
T-04	A12	Superficial	0.015	0.0011	0.055	2.75	3.000
T-05	A16	Superficial	0.020	0.0101	0.040	2.00	3.000
T-07	A20	Superficial	0.039	0.003	0.062	3.10	3.500
T-11	A11	Superficial	0.027	0.0022	0.027	1.35	3.000
T-12	A10	Superficial	0.052	0.0100	0.058	2.90	3.000
T-13	A9	Superficial	0.051	0.0093	0.058	2.90	3.000
T-14	A21	Superficial	0.054	0.0102	0.059	2.95	3.000
T-17	A7	Superficial	0.015	0.0115	0.035	1.75	3.000
T-18	A24	Superficial	0.024	0.0118	0.042	2.10	3.000
T-19	A24-25	Rectangular	0.178	0.0050	0.369	0.40	
T-20	A26	Superficial	0.087	0.0137	0.066	3.30	3.500
T-21	A26	Rectangular	0.087	0.0061	0.195	0.40	
T-22	A7-8-24-25-26	Rectangular	0.293	0.028	0.186	0.60	
T-23	A6	Superficial	0.059	0.0125	0.058	2.90	3.000
T-24	A30	Superficial	0.035	0.0094	0.050	2.50	3.000
T-25	A28-29-30	Rectangular	0.233	0.0135	0.307	0.40	
T-26	A6-28-29-30	Rectangular	0.291	0.023	0.197	0.60	
T-27	A5	Superficial	0.062	0.0131	0.057	2.85	3.000
T-28	A31	Superficial	0.008	0.0014	0.041	2.05	3.000
T-29	A31-32-33	Rectangular	0.149	0.0055	0.307	0.40	
T-30	A5-31-32-33-34-35	Rectangular	0.737	0.061	0.273	0.60	
T-31	A4	Superficial	0.041	0.0051	0.060	3.00	3.000
T-32	A36	Superficial	0.042	0.0055	0.060	3.00	3.000
T-33	A36-37	Rectangular	0.103	0.0046	0.247	0.40	
T-34	A3	Superficial	0.058	0.0174	0.054	2.70	3.000
T-35	A40-41	Rectangular	0.509	0.0156	0.345	0.60	

Nombre	Area de Aporte	Tipo de Sección Canal de Descarga	Caudal de Diseño Q_D (m^3/s)	Pendiente	Tirante (m)	Ancho Lámina de agua (m)	Ancho Inundación (Max)
			5 años	(m/m)	(m)	(m)	(m)
T-36	A3-36-37-38-39-40-41	Rectangular	0.966	0.015	0.581	0.60	
T-37	A2	Superficial	0.047	0.0075	0.059	2.95	3.000
T-38	A1	Superficial	0.043	0.0055	0.060	3.00	3.000
T-39	A42-43-44	Rectangular	0.177	0.006	0.345	0.40	
CV-01	A16-17	Rectangular	0.195	0.0097	0.304	0.40	
CV-02	A19-20	Rectangular	0.086	0.0030	0.254	0.40	
CV-03	A16-17-18-19-20	Rectangular	0.336	0.0080	0.325	0.60	
CV-04	A21	Rectangular	0.054	0.0106	0.113	0.40	
CV-05	A23	Rectangular	0.160	0.0050	0.338	0.40	
CV-06	A21-22-23	Rectangular	0.345	0.0050	0.396	0.60	
CV-07	A24-25	Rectangular	0.178	0.0104	0.275	0.40	
CV-08	A24-25-26	Rectangular	0.265	0.0050	0.324	0.60	
CV-09	A27	Rectangular	0.181	0.0050	0.373	0.40	
CV-10	A29	Rectangular	0.075	0.0134	0.131	0.40	
CV-11	A28-29-30	Rectangular	0.233	0.0300	0.154	0.60	
CV-12	A34-35	Rectangular	0.527	0.0080	0.459	0.60	
CV-13	A31-32-33-34-35	Rectangular	0.675	0.0300	0.334	0.60	
CV-14	A38-39	Rectangular	0.296	0.0050	0.352	0.60	
CV-15	A41	Rectangular	0.153	0.0052	0.322	0.40	
CV-16	A36-37-38-39-40-41	Rectangular	0.908	0.0150	0.552	0.60	
CV-17	A42	Rectangular	0.036	0.0050	0.111	0.40	
CV-18	A42-43-44	Rectangular	0.177	0.0050	0.367	0.40	

6. BIBLIOGRAFÍA

- Hydrologic Engineering Center HEC HMS Reference manual.
- Hydrologic Engineering Center HEC RAS Reference manual.
- Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. Revisied September 2015
- Instituto Nacional de Vías - INVIAS, Manual de Drenaje para Carreteras, Bogotá, 2009.
- J.A. Maza Socavación en Cauces Naturales, Secretaría de Obras Públicas, México, 1968
- V. T. Chow, Hidrología Aplicada, Bogotá D.C.: McGraw-Hill Interamericana S.A., 1994.
- V.T. Chow Handbook of Applied Hydrology McGraw Hill, 1964
- V.T. Chow Hidráulica de Canales Abiertos, Mc Graw Hill,2003
- Hidráulica de Tuberías y Canales, Arturo Rocha Felices, Bogotá, 1990.
- Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable de Saneamiento Básico. RAS 2017. Resolución 0330 de 2017. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, República de Colombia. Bogotá, 08 de Junio de 2017.
- Información suministrada por el IDEAM correspondiente a los datos climáticos y pluviométricos que se utilizaron para la realización del estudio, entre el período 1980 a 2019.
- Hidrología en la Ingeniería, 2ª Edición. Monsalve, Escuela Colombiana de Ingeniería. Editorial Alfa y Omega. 1998.
- Metodología Índice de Escasez, H. Rivera, IDEAM, 2004.
- Estudios y Diseños del Plan Maestro de Drenajes Pluviales del Distrito de Cartagena. Consorcio Consultores Cartagena – Convenio Alcaldía Distrital de Cartagena, 2009.