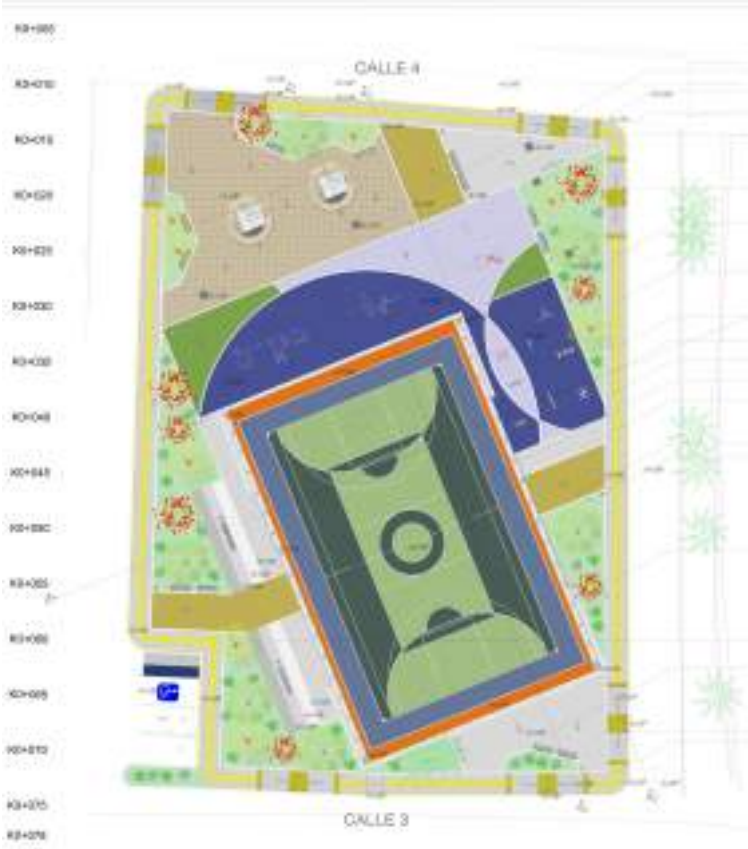
Alcaldía de
MONTERÍA

CONSTRUCCIÓN DE UN PARQUE EN EL CORREGIMIENTO DE SAN ANTERITO MUNICIPIO DE MONTERÍA

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA DRENAJE SUPERFICIAL



PROFESIONAL RESPONSABLE:
ANGELA PATERNINA TOSCANO
INGENIERA CIVIL

MUNICIPIO DE MONTERÍA
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

MARZO DE 2024

Alcaldía de MONTERÍA

CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO 4
2. NORMATIVIDAD Y DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS 5
2.1. Normatividad 5
2.2. Obras Proyectadas 5
3. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO 6
3.1. Localización del Proyecto 6
3.2. Climatología de la Zona 7
3.3. Hidrografía 7
4. PARÁMETROS PARA ANÁLISIS DE CUERPOS DE AGUA CERCANOS 8
4.1. Localización del Predio con Respecto a Cuerpos de Agua Cercanos 8
5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO 9
5.1. Morfometría 9
5.1.1. Identificación y delimitación del área de la cuenca y microcuencas 9
5.2. Pluviometría 10
5.2.1. Estación meteorológica para análisis 10
5.2.2. Datos de Precipitación de la Estación de Estudio 11
5.2.3. Cálculo de la Precipitación Media en 24 Horas 11
5.2.1. Periodo de Retorno de Estudio 12
5.2.2. Elaboración de Curvas IDF 12
5.3. Parámetros para Estimación de Caudales 14
5.3.1. Periodo de Retorno 14
5.3.2. Coeficiente de Escorrentía (C) 14
5.3.3. Coeficiente De Rugosidad (n) 15
5.3.4. Tiempo de Concentración 16
5.3.5. Intensidad de precipitación 17
5.4. Estimación de Caudales 17
5.4.1. Método racional 17
6. DRENAJE SUPERFICIAL 19
6.1. Caudales de Escorrentía de Diseño 19
6.2. Dimensionamiento de Cárcamos 20
6.2.1. Parámetros de Diseño 20
6.2.2. Resultados Obtenidos 20
6.3. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS PLUVIALES 21
6.4. DETALLE DE TUIBERIA PERFORADA PARA ZONA DE JUEGOS CON ARENA 22
7. CONCLUSIONES 23
8. REFERENCIAS 24

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Regionalización de Intensidad. 13

Ecuación 2. Caudal de escorrentía por el método racional. 17
Ecuación 4. Manning para Canales. 20
Ecuación 5. Factor de Sección para Canales. 20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Propuesta Arquitectónica. 5
Figura 2. Localización general del área de estudio. 6
Figura 3. Localización especifica del área de estudio. 7
Figura 4. Localización del proyecto con respecto a los cuerpos de agua cercanos. 8
Figura 5. Delimitación de áreas aferentes. 9
Finalmente, se determinaron 2 canales a los cuales convergen las siguientes áreas o cuencas de drenaje, como se muestra en la **Figura 6**. 9
Figura 7. Ubicación geográfica de la estación meteorológica. 11
Figura 8. División de áreas de drenaje. 19
Figura 9. Secciones de Cárcamos Propuestos. 21
Figura 10. Detalle constructivo para tubería de drenaje superficial en zona de juegos con arena .. 22

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitaciones Máxima 24 Horas anuales estación escogida. 11
Gráfico 2. Curvas IDF. 14

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de estación pluviométrica seleccionada para el área de estudio. 10
Tabla 2. Cálculo de la precipitación media. 12
Tabla 3. Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. 13
Tabla 4. Cálculo de intensidades regionalizadas para curvas IDF. 13
Tabla 5. Valores de coeficiente de escorrentía referencia. 15
Tabla 6. Valores calculados del coeficiente de escorrentía. 15
Tabla 7. Valores de coeficiente de rugosidad. 16
Tabla 8. Parámetros morfométricos y pluviométricos para el cálculo del Tc. 17
Tabla 9. Cálculo del Tiempo de concentración (Tc). 17
Tabla 10. Cálculo de caudales por el método racional para estructuras hidráulicas. 18
Tabla 11. Caudales de Escorrentía de Diseño. 20
Tabla 12. Dimensionamiento de cárcamo propuesto. 20
Tabla 13. Revisión hidráulica de tuberías pluviales. 22

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento consigna los resultados del análisis de inundación asociado a un periodo de retorno definido, como parte de las actividades a realizar en la CONSTRUCCIÓN Y ADECUACIÓN DE UN PARQUE EN EL CORREGIMIENTO DE SAN ANTERITO MUNICIPIO DE MONTERÍA.

El presente informe está organizado de la siguiente forma:

Se realiza una descripción fisiográfica del proyecto, presentada en el **numeral 3** y será un insumo de referencia para adelantar el presente estudio y para informar en primera medida al ente revisor, de las condiciones fisiográficas de la zona.

En el **numeral 0** se realiza la localización del predio con respecto a los cuerpos de agua cercanos, y el análisis morfométrico de la zona, indicando la ubicación del predio en mención y el estudio en detalle de su localización con respecto a los cuerpos de agua más cercanos. De este numeral se obtienen los resultados bases para el análisis hidrológico e hidráulico que se desarrollará en el **numeral 0,** del cual, al final se obtendrá el cálculo del dimensionamiento del sistema de drenaje superficial. Por último, en el **numeral 8** se consignan una serie de recomendación y conclusiones que deben ser tenidas en cuenta por la empresa que vaya a desarrollar el proyecto durante la etapa constructiva.

2. NORMATIVIDAD Y DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

En este capítulo se presentan los reglamentos tomados en cuenta para los estudios hidrológico - hidráulicos en Colombia, así como la descripción de las obras a realizar.

2.1. Normatividad

La reglamentación y recomendaciones que pueden ser tenidas en cuenta en Colombia para los estudios hidrológicos e hidráulicos, se presentan a continuación:

- Resolución 0330 de 2017 – "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009". (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

2.2. Obras Proyectadas

El proyecto de estudio hidrológico e hidráulico para la CONSTRUCCIÓN Y ADECUACIÓN DE UN PARQUE EN EL CORREGIMIENTO DE SAN ANTERITO MUNICIPIO DE MONTERÍA consiste análisis hidrológico y diseño de las estructuras hidráulicas necesarias para el drenaje de escorrentía pluvial del proyecto.

Este proyecto contempla las obras de construcción y adecuación resumidas a continuación, que pueden ser revisadas de igual forma en los planos arquitectónicos (Ver **Figura 1**).

- Zonas verdes
- Cancha Múltiple
- Gimnasio al aire libre
- Juegos Infantiles
- Plazoleta

Todas para las cuales se les debe asegurar un adecuado sistema de drenajes superficiales o subsuperficiales en el caso que lo requieran.

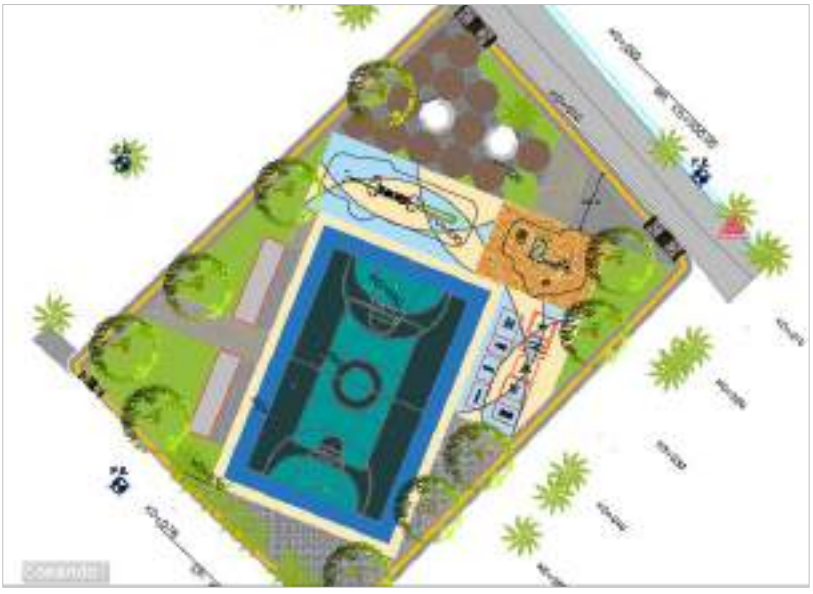


Figura 1. Propuesta Arquitectónica.
Fuente: diseños preliminares.

3. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este capítulo se presentan las características generales de la zona de estudio, importantes para la contextualización previa a la realización del estudio hidráulico hidrológico.

3.1. Localización del Proyecto

Montería es un municipio colombiano, capital del departamento de Córdoba. Está ubicado al noroccidente del país en la región Caribe Colombiana, se encuentra a orillas del río Sinú, por lo que es conocida como la "Perla del Sinú". Es considerada la capital ganadera de Colombia. Es, además, un importante centro comercial y universitario. Montería tiene bajo su jurisdicción varios centros poblados que, en conjunto con otras veredas, constituye múltiples corregimientos, entre estos, San Anterito. La topografía de Montería es básicamente plana, con algunas elevaciones de menor importancia. La parte occidental de la ciudad está surcada por la serranía de Las Palomas. Al norte limita con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete, Puerto Escondido y Los Córdobas.

A continuación, en la **Figura 2** se presenta la localización general del lote de estudio, y en la **Figura 3** se presenta su localización especifica.



Figura 2. Localización general del área de estudio.
Fuente: Imagen adaptada de Google Earth Pro (Google, Google Earth Pro, 2022)



Figura 3. Localización especifica del área de estudio.
Fuente: Imagen adaptada de Google Earth Pro (Google, Google Earth Pro, 2022)

3.2. Climatología de la Zona

Aquí el clima es de tipo tropical, caracterizado por lluvias significativas la mayor parte del año, con una estación seca de corta duración que tiene un impacto limitado. El índice más bajo de humedad relativa se registra en febrero (73.11 %), mientras que noviembre experimenta la humedad relativa más alta (87.34 %). Anualmente, la región experimenta alrededor de 2255 mm de precipitaciones.

La temperatura media anual de Montería se sitúa en 26.7 °C, con picos de hasta 45 °C en temporada canicular. Marzo el mes más cálido, con una temperatura promedio de 28.0 °C y noviembre el mes más fresco, con temperaturas que rondan los 25.8 °C. (IDEAM, 2022).

3.3. Hidrografía

El municipio está ubicado en el extenso y fértil valle del Sinú, encontrándose en el occidente una región montañosa denominada Serranía de las Palomas, ramificación de la Serranía de Abibe. El municipio está cruzado por numerosas corrientes de agua entre las que se destacan el río Sinú y las quebradas de Betancí, San Diego, Bolaños y Las Flores. En su jurisdicción se encuentra la Ciénaga de Betancí.

4. PARÁMETROS PARA ANÁLISIS DE CUERPOS DE AGUA CERCANOS

En este capítulo se presentan los parámetros iniciales para el análisis hidrológico e hidráulico del lote de estudio. La localización del predio con respecto a cuerpos de agua es la base para la evaluación hidráulica, así como el modelo digital de terreno brinda la información topográfica necesaria para el chequeo de cotas de terreno en contraste con las cotas de inundación calculadas.

4.1. Localización del Predio con Respecto a Cuerpos de Agua Cercanos

El parque recreativo colinda hacia el noreste sin existencia de cuerpos de agua cercanos. Con lo cual se descarta la posibilidad de que exista encharcamiento o inundación en el lote del proyecto a causa se estos. En la **Figura 4** se presentan el esquema de localización del proyecto sin existencia de canales u otro cuerpo de agua cercano.



Figura 4. Localización del proyecto con respecto a los cuerpos de agua cercanos.
Fuente: imagen adaptada de Google Earth Pro (Google, Google Earth Pro, 2022)

5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

En este capítulo se consignan los resultados del estudio hidrológico que comprende la morfometría, pluviometría y cálculo de caudales de escorrentía de diseño, variables necesarias para la posterior evaluación hidráulica de los cuerpos de agua definidos.

5.1. Morfometría

Mediante este análisis cuantitativo se busca conocer las características físicas y morfométricas de la cuenca que impacta directamente los canales de drenaje a analizar en el presente proyecto, con la cual se definen las áreas de drenaje.

5.1.1. Identificación y delimitación del área de la cuenca y microcuencas

Como primera medida, es necesario realizar la delimitación de las áreas tributarias aportantes según las diferentes geoformas y comportamiento topográfico de la zona de influencia. Esto se realiza en función del comportamiento de drenaje de las zonas de influencia. Posteriormente, se definió el área aferente y la distribución de la red de drenaje con sus respectivas áreas de drenaje.

Se identificó que las aguas de escorrentía toman dos rutas, ambas con dirección hacia los puntos más bajos de todo el lote hasta desembocar en las calles. Sin embargo, después de realizar el análisis de estas elevaciones, se determinaron nuevas áreas con nuevos niveles de elevación por criterio constructivo. La delimitación obtenida de las áreas o cuencas de drenaje se presenta en **Figura 5.**

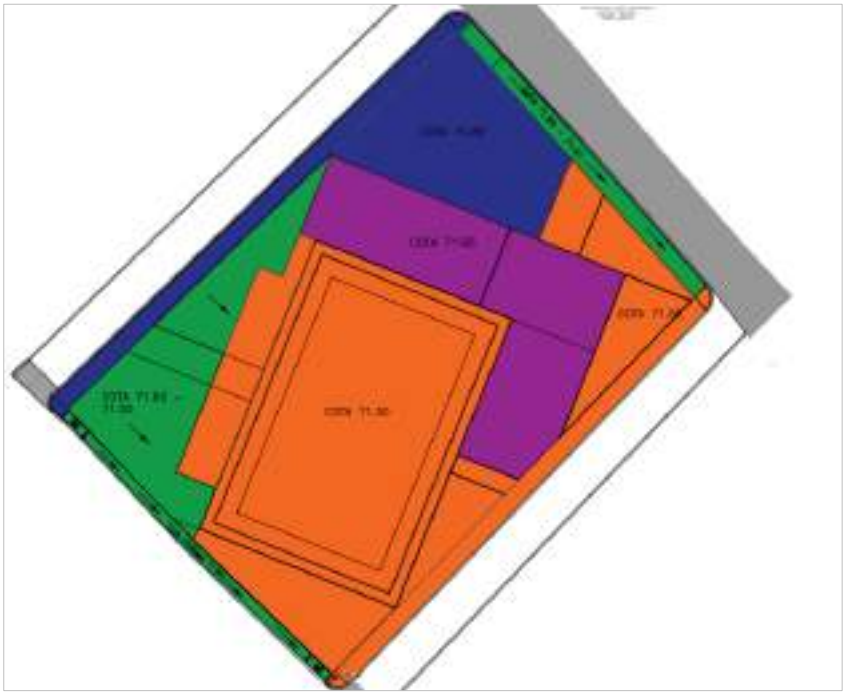
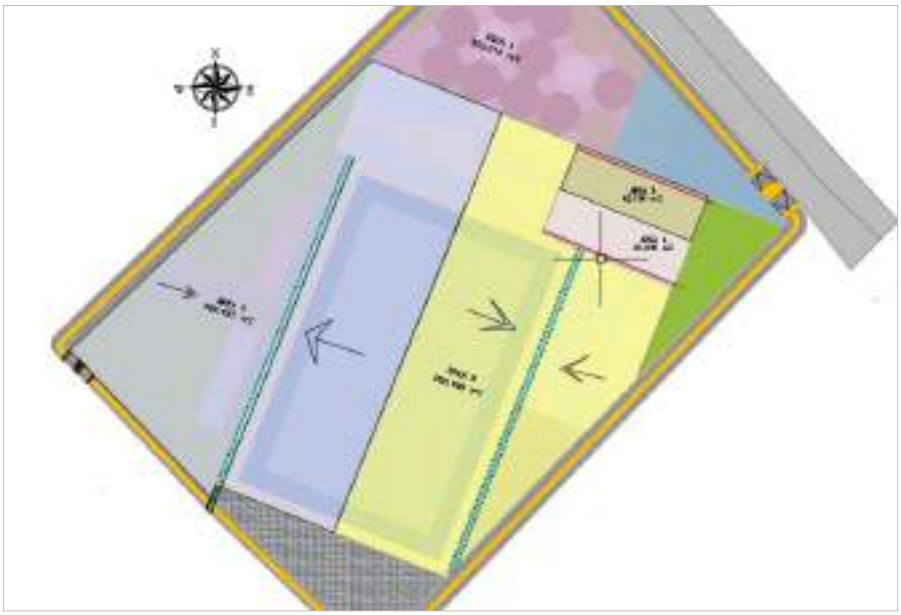


Figura 5. Delimitación de áreas aferentes.
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se determinaron 2 canales a los cuales convergen las siguientes áreas o cuencas de drenaje, como se muestra en la **Figura 6**.



5.2. Pluviometría

En este inciso se presenta el procesamiento de los datos de precipitación obtenidos de la estación o estaciones pluviométricas escogidas según disponibilidad del IDEAM en la zona de estudio. Los datos de precipitación son necesarios en el cálculo intensidad de precipitación y caudal de escorrentía de diseño.

5.2.1. Estación meteorológica para análisis

La estación pluviométrica más cercana a la urbanización es la Estación San Anterito, cuyas características son presentadas en la **Tabla 1**. Durante el desarrollo, se consultó en la página web del IDEAM los valores de precipitaciones multianuales máximas en 24 horas. Para referencia, en la **Figura 7** se presenta la ubicación geográfica de la estación meteorológica con respecto al predio.

Estación Pluviométrica Seleccionada				
Nombre	**Código**	**Latitud**	**Longitud**	**Altura (msnm)**
San Anterito	13060010	8,56	-75,86	75

Tabla 1. Características de estación pluviométrica seleccionada para el área de estudio.
Fuente: IDEAM (Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales)



Figura 7. Ubicación geográfica de la estación meteorológica.
Fuente: Imagen adaptada en Google Earth Pro.

5.2.2. Datos de Precipitación de la Estación de Estudio

Para el análisis pluviométrico, se seleccionan las precipitaciones máximas en 24 horas a escala multianual de la estación cercana. Los datos seleccionados de precipitación máxima se realizan para que, en función del tipo de lluvia recurrente de la zona, se asocie el valor más acorde a las condiciones (orográficas, ciclónicas y convectivas). En el **Gráfico 1** se presenta el esquema de los datos de precipitación obtenidos de la estación escogida.

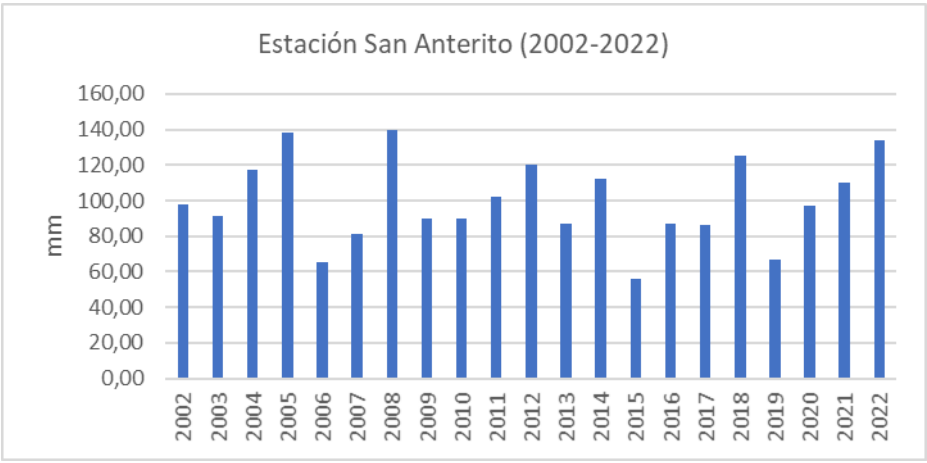


Gráfico 1. Precipitaciones Máxima 24 Horas anuales estación escogida.
Fuente: Hydrognomon 4 con datos de IDEAM (IDEAM, 2022).

5.2.3. Cálculo de la Precipitación Media en 24 Horas

Como ya se mencionó, se seleccionaron los valores de precipitación máxima en 24 horas de la

estación meteorológica, puesto que, tiene mejor adaptación a las condiciones de la zona en estudio. Esto debido a que el proyecto se encuentra ubicado en una zona con latitud media, donde las lluvias ciclónicas tienen gran influencia en su comportamiento hidrológico. Por consiguiente, al seleccionar la variable precipitación media se produce una mayor seguridad en el diseño. En la **Tabla 2** se presentan los valores resultantes.

5.2.1. Periodo de Retorno de Estudio

Se define como periodo de retorno Tr para eventos hidrológicos al tiempo esperado en años para que el caudal pico de la creciente sea igualado o excedido, y este se encuentra asociado a las características del área de drenaje y la estructura hidráulica a construir.

De lo anterior, se define un periodo de retorno asociado a las condiciones actuales del área de drenaje, cobertura del suelo, relevancia del proyecto, y condiciones particulares de las obras hidráulicas necesarias para la evacuación de las escorrentías superficiales.

En este caso, por tratarse de un análisis hidrológico para un predio residencial y de drenaje superficial para canales, se tomará un **periodo de retorno de 5 años**.

Precipitación Max 24 h (Multianual) - SAN ANTERITO		
Año	**Días con Lluvia**	**Precipitación Max 24h**
2002	62	98,00
2003	60	91,00
2004	49	117,00
2005	25	138,00
2006	49	65,00
2007	61	81,00
2008	60	140,00
2009	59	90,00
2010	109	90,00
2011	70	102,00
2012	69	120,00
2013	46	87,00
2014	42	112,00
2015	38	56,00
2016	35	87,00
2017	60	86,00
2018	46	125,00
2019	63	67,00
2020	52	97,00
2021	56	110,00
2022	97	134,00
Promedio	**58**	**99,59**

Tabla 2. Cálculo de la precipitación media.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Elaboración de Curvas IDF

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

Las curvas IDF (intensidad, duración y frecuencia) se elaboran con información de precipitaciones obtenidas de estaciones meteorológicas, ya sea información de pluviogramas, pluviógrafos o mapas isoyetales, y son de gran importancia para el diseño de estructuras hidráulicas ya que permiten calcular la intensidad de precipitación, la variable seleccionada para este proceso es la precipitación media, debido a que esta es la variable que mejor se ajusta con a ubicación meteorológica del

proyecto.

Como no se cuenta con información de pluviogramas, para la elaboración de las curvas IDF se utilizó la ecuación sintética de Díaz – Granados para la región caribe a con sus respectivos coeficientes de regresión obtenidos por los autores mencionados. En el **Gráfico 2** se observa el comportamiento de la probabilidad de ocurrencia (eje X) y las precipitaciones máximas en 24 horas en escala aritmética (eje Y); las intensidades regionalizadas asociadas a diferentes periodos de retorno fueron calculadas mediante la **Ecuación 1**.

$$I = a\,\frac{T^b}{t^c}\,M^d$$

Ecuación 1. Regionalización de Intensidad.
Fuente: (Vargas & Díaz - Granados, 1998)

Dónde:

- I = Intensidad de precipitación (mm/h)
- T = Periodo de retorno (años)
- t = Tiempo de duración (min)
- M = Precipitación media en 24 horas (mm)
- a, b, c, d: coeficientes de regresión para la región de interés (ver **Tabla 3**)

Coeficientes de Regresión - Región Caribe			
a	**b**	**c**	**d**
24.85	0.22	0.5	0.1

Tabla 3. Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe.
Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados

REGIONALIZACIÓN PARA CÁLCULO DE INTENSIDADES SAN ANTERITO						
Promedio de las Pmax en 24 hrs (mm):			99,6	**Días prom con lluvia al año:**		58
Tr (años)	**Intensidades para las diferentes duraciones**					
	Duración de la lluvia (h)					
	0,17	**0,25**	**0,50**	**1,00**	**2,00**	**6,00**
2	99,5	81,3	57,5	40,6	28,7	16,6
3	108,4	88,5	62,6	44,2	31,3	18,1
5	120,6	98,5	69,6	49,2	34,8	20,1
10	139,5	113,9	80,6	57,0	40,3	23,3
25	169,1	138,1	97,7	69,1	48,8	28,2
50	195,6	159,7	113,0	79,9	56,5	32,6
100	226,3	184,8	130,7	92,4	65,3	37,7

Tabla 4. Cálculo de intensidades regionalizadas para curvas IDF.
Fuente: Elaboración propia.

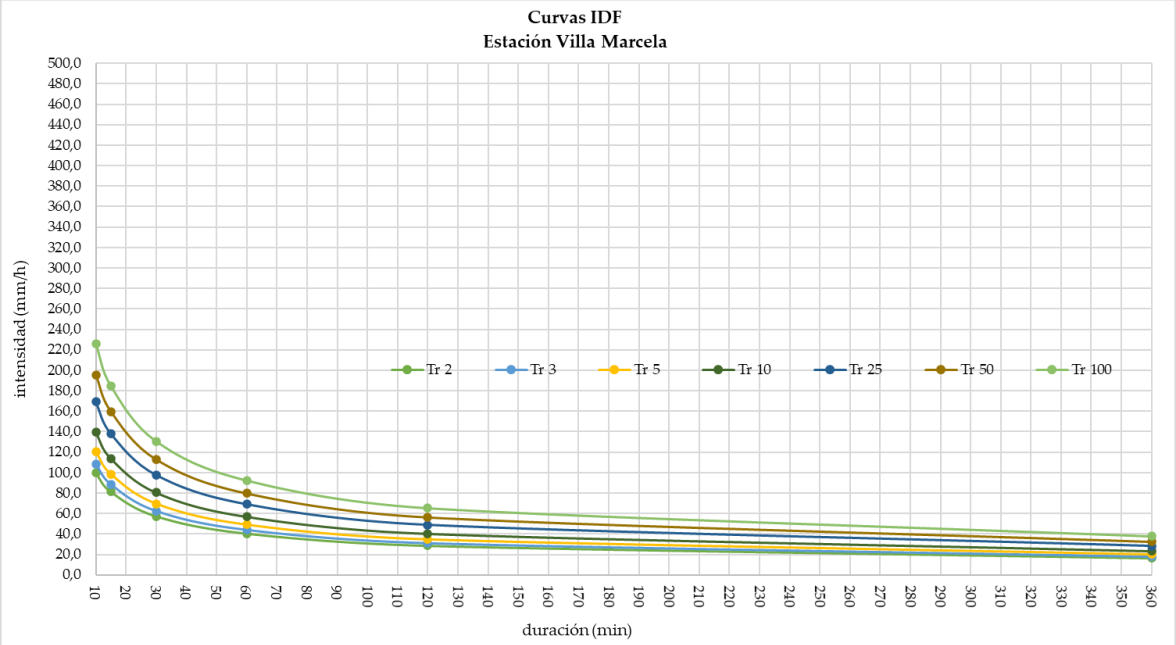


Gráfico 2. Curvas IDF.
Fuente: Elaboración propia

5.3. Parámetros para Estimación de Caudales

Una vez realizado el análisis morfométrico y el análisis pluviométrico, se definen las variables para la estimación de caudales. En este inciso se presentan los valores de los diferentes parámetros para el cálculo de caudal de escorrentía por el método del número de curva y por el método racional, según el tamaño de la cuenca en estudio.

5.3.1. Periodo de Retorno

En el **numeral 5.2.1** se establecieron los periodos de retorno considerados por esta consultoría.

5.3.2. Coeficiente de Escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía C es la variable más sensible en la aplicación del método racional, ya que incide en la tasa de escorrentía pico en relación con la tasa de lluvia para el área de drenaje. La selección del coeficiente de escorrentía se realizó en función del período de retorno, la cual se determina en función de las características de la superficie del área; el valor para la cobertura del suelo se obtiene de la **Tabla 5**, en donde se observa que el coeficiente de escorrentía está asociado al periodo de retorno.

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el Método Racional						
Características de la superficie	Período de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
Áreas desarrolladas						
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97
Zonas verdes (jardines, parques, etc)						
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)						
Plano, 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47
Promedio, 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)						
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.38	0.45	0.49
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.42	0.49	0.53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)						
Plano, 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36
Promedio, 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51
Áreas no desarrolladas						
Área de cultivos						
Plano, 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Promedio, 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54
Pastizales						
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
Bosques						
Plano, 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39
Promedio, 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

Tabla 5. Valores de coeficiente de escorrentía referencia.
Fuente: Tabla 15.1.1 Ven T Chow (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología Aplicada, 2000).

En función de lo mencionado anteriormente, siguiendo los valores de la **Tabla 5** se seleccionaron las cuencas cuyos caudales se calcularán por el Método Racional, y se determinaron sus coeficientes de escorrentía ponderados, de la forma presentadas en la **Tabla 6**.

PONDERACIÓN NUMERO DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA											
Cuenca	Área Total (km²)	Area Permeable C (km²)	Area Impermeable (km²)	NC Permeable Suelo C	NC Impermeable	C Permeable	C Impermeable	%Permeable	%Impermeable	NC Ponderado	C Ponderado
1	0,0010	0,0003	0,0007	79	98	0,43	0,80	27,00%	70,00%	90	0,68
2	0,0007	0,0000	0,0007	79	98	0,40	0,80	0,00%	100,00%	98	0,80
A5+A6	0,0016	0,0000	0,0016	79	98	0,43	0,80	14,00%	86,00%	95	0,75

Tabla 6. Valores calculados del coeficiente de escorrentía.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.3. Coeficiente De Rugosidad (n)

El coeficiente de rugosidad se selecciona en función de la cobertura del suelo y se toma como referencia de los valores establecidos en la **Tabla 7**. Los valores seleccionados son los siguientes: 0.04 para corrientes en suelo natural, y 0.02 para superficies en concreto.

Tipo de Canal y Descripción	Mínimo	Normal	Máximo
D. Corrientes Naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 31 metros)			
a. corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, maximo nivel, sin monticulos ni pozos profundos.	0.025	0.030	0.033
2. Igual al aterior, pero con más piedras y malezas.	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena.	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras.	0.035	0.045	0.050
b. concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basura.	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc, recto.	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico.	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, foraleta o encofrado en madera lisa.	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofraado en madera rugosa.	0.015	0.017	0.020

Tabla 7. Valores de coeficiente de rugosidad.
Fuente: Tabla 5.6 (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1959).

5.3.4. Tiempo de Concentración

Se refiere al tiempo mínimo necesario para que los diferentes puntos espaciales de un área de drenaje estén aportando las escorrentías superficiales y de forma simultánea a un punto de salida o de convergencia hidráulica de la cuenca. El cálculo del tiempo de concentración permite dimensionar estructuras hidráulicas como canales abiertos o tuberías, siendo una variable sumamente importante para la determinación del caudal, ya sea por el método racional o el método de la curva. Por tanto, diferentes autores al entender la importancia de este parámetro a la hora de evaluar el Tc en el diseño hidrológico desarrollaron diferentes modelos empíricos para la estimación de este parámetro.

Las fórmulas que actualmente se utilizan para el cálculo del tiempo de concentración tienen uso específico según el tipo de cuenca donde se va a emplear, tamaño de la cuenca, pendiente de la misma y variables de cobertura y precipitación; sin embargo, la precisión a la hora de calcular el caudal puede variar considerablemente por la variabilidad que se da en el resultado entre una y otra ecuación. La variable tiempo de concentración será utilizada en el método racional en el cálculo de la intensidad de precipitación y posteriormente el caudal de escorrentía.

La estimación del Tc de las diferentes áreas de drenaje se calcula con el promedio de diferentes modelos utilizados para el cálculo de esta variable. Los parámetros morfométricos y pluviométricos para el cálculo del Tc se pueden observar en la **Tabla 8**, y el valor calculado de los Tc se consigna en la **Tabla 9**.

Si durante el proceso de cálculo del tiempo de concentración, el valor hallado es inferior a 10 min, se debe seleccionar como mínimo 10 min para no sobre estimar el valor de la intensidad de

precipitación, ya que 10 min se considera el valor crítico del Tc (Ministerio de Transporte de Colombia, 2009).

CÁLCULO DE TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN									
Cuenca	L. Cauce (m)	S (ad)	Δ de Elevación (m)	Área (m²)	Área Total (km²)	Ø Cuenca Circular (km)	n	C	i (mm/h)
A6	13,0	0,0231	0,30	960	0,001	0,03	0,040	0,68	120,631
A5	13,0	0,0025	0,03	689	0,001	0,03	0,040	0,80	120,631
A5+A6	13,0	0,0128	0,17	1.649	0,002	0,05	0,040	0,74	120,631

Tabla 8. Parámetros morfométricos y pluviométricos para el cálculo del Tc.
Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO DE TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN									
Cuenca	Factor de Imp(%)	Kirpich (1940)	Johnstone y Cross (1949)	California Culvert (1960)	Dpto Obras Publicas (1995)	Williams Li y Chibber (2008)	Sheridan (1994 - 2010)	Ventura Heras (2013)	Tc Selec (min)
A6	70	1	2	1	1	1	0	1	10
A5	100	1	7	1	1	1	1	1	10
A5+A6	85	1	3	1	1	1	1	1	10

Tabla 9. Cálculo del Tiempo de concentración (Tc).
Fuente: Elaboración propia.

5.3.5. Intensidad de precipitación

En este caso particular, como se describió en el **numeral 5.2.2**, la selección de la intensidad de precipitación fue calculada de la ecuación sintética de Díaz-Granados. En la **Tabla 4.** Cálculo de intensidades regionalizadas para curvas IDF. se presentan los resultados obtenidos para un periodo de retorno de 5 años.

5.4. Estimación de Caudales

En este capítulo se presenta la estimación de caudales por el método racional, teniendo en cuenta los parámetros mencionados en el **numeral 5.3**.

5.4.1. Método racional

Es una metodología de modelo lluvia-escorrentía, basado en modelos de abstracción con un raciocinio simple, el cual es útil en cuencas menores de 200 ha como se menciona en el Manual de Drenaje para Carreteras (Ministerio de Transporte de Colombia, 2009). Para la estimación del caudal por este método, se debe emplear la **Ecuación 2**.

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

Ecuación 2. Caudal de escorrentía por el método racional.
Fuente: Hidrología en la Ingeniería (Monsalve Sáenz, 1999)

Donde:

- Q = Caudal de escorrentía en (m^3/s)
- C = Coeficiente de escorrentía
- I = Intensidad de precipitación en (mm/h)
- A = Área de la cuenca en (km^2)

El método racional será utilizado en el cálculo del caudal de diseño para la cuenca correspondiente

al Canal Sur, puesto que su área de drenaje es menor a 80 hectáreas, como lo recomienda la literatura. En la **Tabla 10** son presentados los resultados obtenidos.

ANÁLISIS HIDROLÓGICO												
Cuenca	Área Total (m^2)	Área Total (km^2)	Cálculo de Caudal	No. de Subcuencas	C (ad)	L. Cauce (m)	S (ad)	Tc (min)	Tc correg (h)	TR 5		
										Tr (años)	i (mm/h)	Caudal
A6	960	0,001	Racional	1	0,68	13,00	0,0231	10,00	0,25	5	98,49	0,018
A5	689	0,001	Racional	1	0,80	13,00	0,0025	10,00	0,25	5	98,49	0,015
A5+A6	1.649	0,002	Racional	1	0,74	13,00	0,0128	10,00	0,25	5	98,49	0,033

Tabla 10. Cálculo de caudales por el método racional para estructuras hidráulicas.
Fuente: Elaboración propia.

6. DRENAJE SUPERFICIAL

En el presente capitulo se desarrolla el análisis y diseño de las estructuras hidráulicas para el drenaje superficial del proyecto de CONSTRUCCIÓN DE UN PARQUE EN EL CORREGIMIENTO DE SAN ANTERITO MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA. Para este caso se propone un sistema de sumideros, cárcamos y rejillas para el drenaje subsuperficial de las aguas de escorrentía.

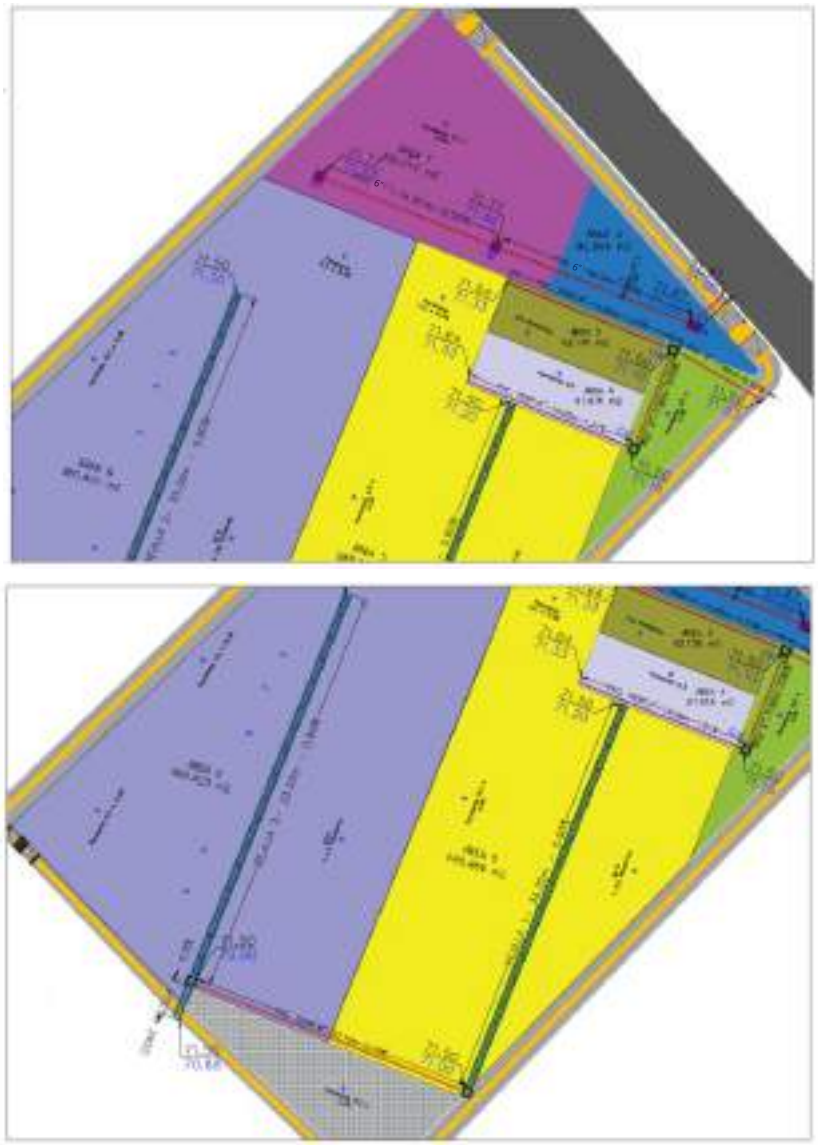


Figura 8. División de áreas de drenaje.
Fuente: elaboración propia.

6.1. Caudales de Escorrentía de Diseño

A continuación, en la **Tabla 11** se presenta el resumen de los resultados obtenidos de los diferentes cálculos de caudales de escorrentía para las áreas de drenaje que serán conectadas a cárcamos según el diseño planteado. Estos caudales serán la base para el dimensionamiento de los cárcamos en los siguientes incisos.

CAUDALES DE DRENAJE					
# de Área	Área (m^2)	Área (Km^2)	C	Caudal (m^3/s)	Caudal (l/s)
A1	305,01	0,0003	0,40	0,004	4,09
A2	92,86	0,0001	0,80	0,002	2,49
A3	62,14	0,0001	0,18	0,000	0,38
A4	61,96	0,0001	0,18	0,000	0,37
A5	688,99	0,0007	0,80	0,018	18,48
A6	960,42	0,0010	0,43	0,014	13,85

Tabla 11. Caudales de Escorrentía de Diseño.
Fuente: elaboración propia.

6.2. Dimensionamiento de Cárcamos

A continuación, se presenta el procedimiento para el dimensionamiento del cárcamo propuesto.

6.2.1. Parámetros de Diseño

El diseño hidráulico del cárcamo se realiza con base en el caudal de diseño obtenido. Se aplica la fórmula de Manning para el cálculo de los tirantes de diseño. En este caso se aplicaron la **Ecuación 3** y la **Ecuación 4** para calcular la altura del agua en un caudal pico en un período de retorno establecido, y definir la profundidad del cárcamo.

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 3. Manning para Canales.
Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos. (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1959)

$$Z = ARh^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación 4. Factor de Sección para Canales.
Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos. (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1959)

El cárcamo se dimensiona teniendo un Manning y un tipo de sección conocidos, luego se asigna una base inicial y las cuales se chequea según el caudal de diseño y por la igualación de los factores de sección obtenido de las relaciones hidráulicas de la sección, se obtiene un tirante de diseño (y). La profundidad del cárcamo se asigna de manera que supere la altura del tirante de diseño.

6.2.2. Resultados Obtenidos

Es necesario para el correcto funcionamiento del drenaje se dé una pendiente a la superficie del proyecto mínimo 0.3%, y para los cárcamos pendientes mínimas de 0.2%.

Se conocen los valores de entrada: Manning 0.022 y caudales de diseño. A continuación, en la **Tabla 12** se presenta el resumen de los resultados del dimensionamiento del cárcamo propuesto**.**

DIMENSIONAMIENTO DE CANAL O CÁRCAMO												
Estructura	Seccion	SL	n	b (m)	Q (m^3/s)	Factor Sección	FS	y (m)	H (m)	H Máx Diseño	REV PROF	V (m/s)
Canal 2	Rectangular	0,90%	0,022	0,40	0,018	**0,00412**	**0,00412**	0,07	0,17	0,30	OK	0,6
Canal 1	Rectangular	0,60%	0,022	0,40	0,015	**0,00429**	**0,00429**	0,07	0,17	0,30	OK	0,5
Continuación canal 2	Rectangular	0,90%	0,022	0,40	0,033	**0,00773**	**0,00773**	0,11	0,21	0,60	OK	0,74

Tabla 12. Dimensionamiento de cárcamo propuesto.
Fuente: elaboración propia.

Así las cosas, como ya se mencionó, el drenaje superficial del proyecto estará compuesto por sumideros de rejilla que serán evacuados hacia las calles. Serán en total 3 sumideros con dimensiones internas de 0.5x0.5 metros y profundidades variables, que serán conectados entre sí, por medio de tuberías PVC corrugada de 4'' y 6". Los cárcamos o canales serán 2, con profundidades

variables y anchos de 0.4 metros, estarán conectados por una tubería de PVC corrugada de 8" de diámetro.

La localización, dimensionamiento, cotas de implantación, longitudes, y demás variables de interés para la construcción son presentados en el **Anexo 1. Plano de Drenaje** que acompaña a este informe.

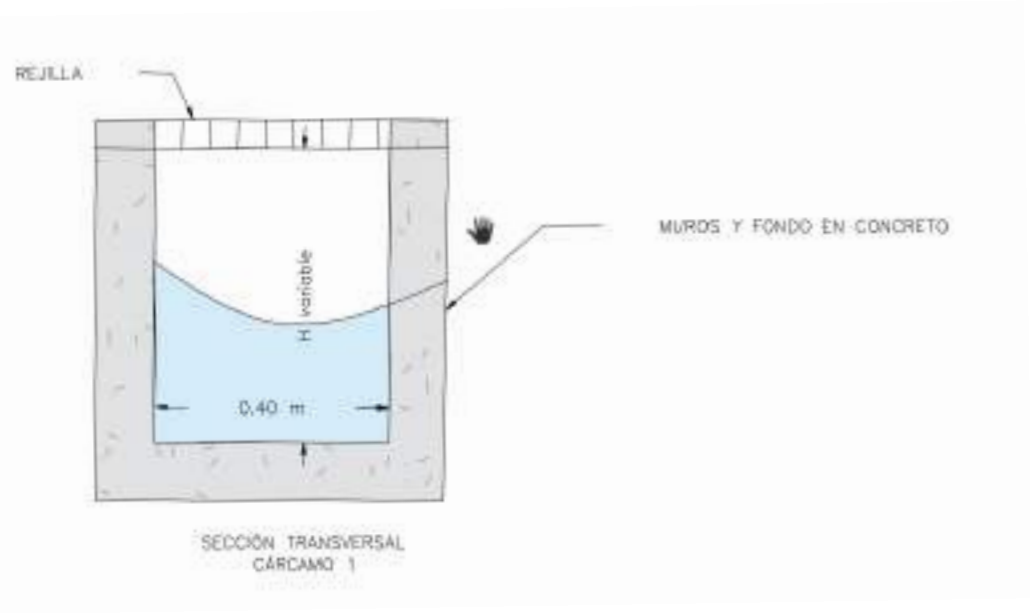


Figura 9. Secciones de Cárcamos Propuestos.
Fuente: elaboración propia.

6.3. Dimensionamiento de tuberías pluviales

En este inciso se presenta el dimensionamiento de las tuberías pluviales encargados del drenaje de los sumideros seleccionados. Estos colectores deben cumplir los siguientes parámetros:

- Velocidad media: debe estar entre 0.75 y 5.00 m/s para tuberías PVC corrugado.
- Capacidad de arrastre de solidos: debe ser mayor a 0.2 kg/m2.

En la Tabla 13 se presentan los resultados del dimensionamiento de las tuberías.

ESTRUCTURA		θ	Rh	Ƭ10%	Rev Tao 10%	d	d/D	Rev	Y	Y/D	V	Rev V
DE	A	10%QII	10%QII	>0.15 kg/m²		m		<0.85			0.75m/s<V>5m/s	
S1	S2	1,92	0,013	0,065	mal	0,03	0,33	ok	0,0601837	0,5471249	0,64	mal
S2	S3	1,92	0,013	0,139	mal	0,04	0,41	ok	0,0533934	0,4853948	1,01	ok
S3	VÍA	1,92	0,019	0,102	mal	0,06	0,40	ok	0,0794995	0,496872	0,91	ok
T1	CJ1	1,92	0,013	0,153	ok	0,02	0,21	ok	0,0732261	0,6656915	0,80	ok
T2	CJ2	1,92	0,013	0,153	ok	0,02	0,21	ok	0,0732261	0,6656915	0,80	ok
CJ1	CJ2	1,92	0,013	0,104	mal	0,04	0,37	ok	0,0570026	0,5182051	0,83	ok
CJ2	CALLE	1,92	0,013	0,104	mal	0,04	0,37	ok	0,0570336	0,5184869	0,84	ok
RJ1	RJ2	1,92	0,023	0,094	mal	0,09	0,48	ok	0,0889217	0,4446085	0,96	ok

ESTRUCTURA		L	Qd	COTAS RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		COTA ENERGÍA			PROFUNDIDAD A CLAVE			MAT
DE	A			DE	A	DE	A	DE	A	DE	A	Asal	DE	A	+	n
		m	L/S	m	m	m	m	m	m				m	m	m	
S1	S2	14,46	2,05	71,77	71,77	71,64	71,57	71,53	71,46	71,61	71,54	71,54	0,13	0,20	0,07	0,009
S2	S3	16,34	4,09	71,77	71,48	71,57	71,39	71,46	71,28	71,56	71,38	71,38	0,20	0,09	-0,11	0,009
S3	VÍA	3,08	7,58	71,47	71,50	71,376	71,36	71,22	71,20	71,34	71,32	71,32	0,09	0,14	0,05	0,009
T1	CJ1	14,05	1,50	71,64	71,50	71,44	71,27	71,33	71,16	71,44	71,27	71,27	0,20	0,23	0,03	0,009
T2	CJ2	14,05	1,50	71,64	71,50	71,44	71,27	71,33	71,16	71,44	71,27	71,27	0,20	0,23	0,03	0,009
CJ1	CJ2	7,82	3,00	71,50	71,50	71,27	71,21	71,16	71,10	71,25	71,19	71,19	0,23	0,29	0,06	0,009
CJ2	CALLE	7,92	3,00	71,50	71,50	71,21	71,14	71,10	71,03	71,19	71,12	71,12	0,29	0,36	0,07	0,009
RJ1	RJ2	23,10	15,09	71,50	71,50	71,20	71,11	71,00	70,91	71,14	71,05	71,05	0,30	0,39	0,09	0,009

ESTRUCTURA		S	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	QII	VII	Q/QII	Rev	10%QII	θ	AREA	Rh	Ƭ	Rev Tao
DE	A		m	MM	Externo	Nominal	l/s	m/s				normal	normal		>0.2 kg/m²	
		%		int	mm	mm	l/s	m/s				rad	M2			
S1	S2	0,52	0,070	99	110	4"	5,21	0,68	0,39	ok	0,52	2,88	0,00	0,02	0,116	mal
S2	S3	1,10	0,078	99	110	4"	7,62	0,99	0,54	ok	0,76	3,23	0,00	0,03	0,280	ok
S3	VÍA	0,55	0,112	145	160	6"	14,93	0,90	0,51	ok	1,49	3,16	0,01	0,04	0,201	ok
T1	CJ1	1,21	0,053	99	110	4"	7,99	1,04	0,19	ok	0,80	2,29	0,00	0,02	0,201	ok
T2	CJ2	1,21	0,053	99	110	4"	7,99	1,04	0,19	ok	0,80	2,29	0,00	0,02	0,201	ok
CJ1	CJ2	0,82	0,074	99	110	4"	6,57	0,85	0,46	ok	0,66	3,04	0,00	0,02	0,196	ok
CJ2	CALLE	0,82	0,074	99	110	4"	6,58	0,85	0,46	ok	0,66	3,04	0,00	0,02	0,196	ok
RJ1	RJ2	0,40	0,154	182	200	8"	23,38	0,90	0,65	ok	2,34	3,48	0,02	0,05	0,201	ok

Tabla 13. Revisión hidráulica de tuberías pluviales.
Fuente: elaboración propia.

6.4. Detalle de tubería perforada para zona de juegos con arena

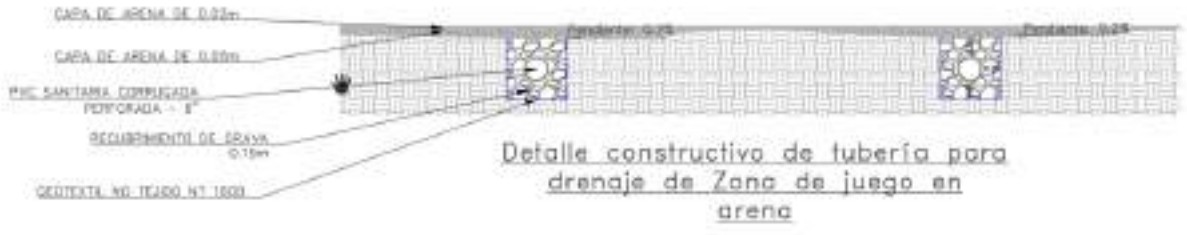


Figura 10. Detalle constructivo para tubería de drenaje superficial en zona de juegos con arena
Fuente: elaboración propia

Alcaldía de
MONTERÍA

CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis hidráulico hidrológico al mismo predio ya que no existían cuerpos de aguas cercanos que ocasionaran inundaciones.
- El análisis pluviométrico se realizó partiendo de estaciones meteorológicas del IDEAM, los cálculos de los diferentes parámetros se realizaron fundamentalmente bajo teorías existentes, sin embargo, el consultor bajo su criterio acondiciona parámetros bajo su experiencia (Periodo de retorno).
- El cálculo del caudal de escorrentía se realizó por el método racional. Los caudales de diseño se seleccionaron para un periodo de retorno de 5 años debido a que es un canal pequeño. Sin embargo, la altura mínima sobrepasa por 20 cm al tirante hidráulico para mayor seguridad.
- el drenaje superficial del proyecto estará compuesto por sumideros de rejilla que serán evacuados hacia las calles. Serán en total 3 sumideros con dimensiones internas de 0.5x0.5 metros y profundidades variables, que serán conectados entre sí, por medio de tuberías PVC corrugada de 4'' y 6". Los cárcamos o canales serán 2, con profundidades variables y anchos de 0.4 metros, estarán conectados por una tubería de PVC corrugada de 8" de diámetro.
- En la revisión de las tuberías de drenaje para los sumideros, el primer tramo no cumple el Tao ni la velocidad, esta decisión se tomó debido a que está pendiente es la mínima que se puede adaptar para que el agua descole hacía la vía y el diseño en general pueda cumplir con las cotas del terreno.
- La localización, dimensionamiento, cotas de implantación, longitudes, y demás variables de interés para la construcción son presentados en el **Anexo 1. Plano de Drenaje** que acompaña a este informe.
- Se recomienda durante la adecuación del lote para construcción, se conserven las cotas de implantación de diseño. Cualquier modificación debe ser informada para aprobación.
- Se recomienda durante la etapa de revisión al estudio, ser informado al consultor cualquier observación ya que este es el responsable del estudio.

Elaborado por:

Angela Paternina T

Angela Paternina Toscano
Contratista SIM

REFERENCIAS

Chow, V. (1959). *Hidráulica de Canales Abiertos.* Recuperado el 08 de 10 de 2021

Chow, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2000). *Hidrología Aplicada.* Bogotá: McGRAW-HILL. Recuperado el 26 de 09 de 2021

Delgadillo, A., & Páez , G. (2008). *Aspectos hidrológicos, subcuencas susceptibles a crecidas, escenarios de riesgo por crecidas.* Fundación para la prevencón de riesgos del estado Mérida (FUNDAPRIS).

Google. (24 de Agosto de 2022). *Google Earth Pro*.

Google. (25 de Agosto de 2022). *Google Earth Pro*.

IDEAM. (2022). *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. Recuperado el 2 de julio de 2022

Ministerio de Transporte de Colombia. (2009). *Manual de drenaje para carreteras.* Bogotá.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 de 2017.* Bogotá. Recuperado el 03 de Junio de 2021

Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.

Vargas, & Díaz - Granados. (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad-duración-frecuencia para Colombia.