

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**PROPUESTA DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LOS
ELEMENTOS DE DRENAJE PARA LA DESCARGA FINAL DE
LAS AGUAS PLUVIALES SALIENTES DEL CONJUNTO
RESIDENCIAL “RÓMULO GALLEGOS” (Z-1) EN LA
POBLACIÓN DE ZUATA, ESTADO ANZOÁTEGUI,
VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LAS BACHILLERES
BOLÍVAR B., JORYENIS
N., Y GARCÍA Z.,
MIRLARYS A. PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO.**

CIUDAD BOLÍVAR, ENERO 2023



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO BOLIVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, intitulado “PROPUESTA DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LOS ELEMENTOS DE DRENAJE PARA LA DESCARGA FINAL DE LAS AGUAS PLUVIALES SALIENTES DEL CONJUNTO RESIDENCIAL “RÓMULO GALLEGOS” (Z-1) EN LA POBLACIÓN DE ZUATA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”, presentado por las bachilleres **BOLÍVAR B., JORYENIS N.** de cédula de identidad No. **22.848.008**, y **GARCÍA Z., MIRLARYS A.** de cédula de identidad No. **22.574.303**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres y apellidos:

Profesor Dafnis Echeverría
(Asesor)

Profesor Francisco Monteverde
(Jurado)

Profesora Beatriz Echeverría
(Jurado)

Profesor Francisco Monteverde
Jefe del Departamento de Ing. Geológica

Firmas:

Profesor Francisco Monteverde
Director de la Escuela de Ciencias de
la Tierra



Ciudad Bolívar, Enero de 2023

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fuerza espiritual que me dio la vida, salud, paciencia, y virtud para concluir esta meta.

A mis padres, por su amor y mostrarme en cada momento su apoyo incondicional, su dedicación en lo que va de vida, el interés para que estudie y me desarrolle como profesional, por estar siempre a mi lado cuando más los necesito ya que son mi pilar fundamental de mi vida pues ellos me han sabido guiar, levantarme y darme los mejores consejos de vida. Por mostrarme que todo lo que me proponga lo puedo lograr que con un poco de esfuerzo nada es imposible sin importar el tiempo en que obtenga mi mérito.

A mis hermanos, por ser parte de mi vida y ser esa unión que me permite seguir adelante y lograr esta meta importante.

A mis abuelos, por ser esas personas que me brindan su apoyo, alegría y consejos para no tropezarme en el camino y cuidarme como unos padres más.

Al resto de mi familia por ser personas importantes y formar parte de mí, brindarme su cariño y apoyo cuando los he necesitado.

A mi compañero de vida por ser parte de esta importante experiencia y ser un apoyo más para lograr esta meta.

Joryenis Nazareth Bolívar Bolívar

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis Padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Son mi mayor inspiración, que, a través de su paciencia, buenos valores, ayudaron a trazar mi camino.

A mis hermanos por su cariño y buenos deseos brindados.

A mis Padrinos, por abrirme las puertas de su casa y brindarme todo el amor y apoyo como una hija más.

Al Señor Natera, por su apoyo incondicional, por sus consejos, enseñanzas, cariño y sobre todo amistad brindada a mi familia y para mí.

A todos ellos les dedico este triunfo.

Mirlarys Antonieta García Zamora

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mi Dios por darme la vida, salud necesaria para concluir con esta meta. A mis padres, Joicy Bolívar y Robin Alfredo Bolívar por su amor y cuidado. A mis hermanos Robin José Bolívar y Johanyenis Bolívar por estar siempre conmigo. A mis abuelos Pedro Bolívar y Nuncia Rondón por sus mejores consejos. A mis tíos Jesse Bolívar, Jenny Bolívar y Jhonny Bolívar y demás familiares por sus apoyos incondicionales. A mi compañero de vida Camilo García por su apoyo y cariño. A mi tutor Ingeniero Geólogo Dafnis Echeverría por su colaboración y disposición para orientarme en la realización de este proyecto. A mi compañera de Tesis Mirlarys García por su confianza. A mis compañeros de estudio por su amistad y apoyo. A mi casa de estudio la Universidad de Oriente por aceptarme ser parte de ella. Y a todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo especial para que esta meta finalizara satisfactoriamente.

Joryenis Nazareth Bolívar Bolívar

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible este proyecto y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles y alegres. Estas palabras son para ustedes: Un sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por brindarme salud, fortaleza y capacidad. A mi Madre Mirla Zamora y a mi Padre Ismael García por ser los mejores padres del mundo, sin ustedes esto no sería posible. A mis hermanos Luis García y Ismael García por siempre estar y mantenernos unidos. A mi Padrino Jaime Virla y mi Madrina Zamin Mosqueda por su apoyo y atención. Al Geólogo Luis Natera, por su amistad y apoyo brindado conmigo y mi familia. A Juan Leal, por todo su cariño y ayuda brindada. A mi Tutor Ingeniero Geólogo Dafnis Echeverría, por haber aceptado ser nuestro guía en este proyecto, quien, con sus conocimientos y su gran trayectoria, paciencia, orientación, fue posible el desarrollo de este proyecto. A mi compañera de tesis Joryenis Bolívar por su amistad y confianza. A todos mis Profesores por haber enriquecido mi formación académica y profesional. A mis compañeros y amigos con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas, quienes serán mis colegas, gracias por todo, por su solidaridad y amistad. Gracias a mi Universidad, por haberme permitido formarme en ella. Gracias a todos, por realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Mirlarys Antonieta García Zamora

RESUMEN

En la presente investigación se elabora una propuesta de la ingeniería básica de los elementos de drenaje superficial para la disposición final de las aguas de escorrentía pluviales salientes del conjunto residencial “Rómulo Gallegos” (codificado Z-1), cuya metodología es un proyecto factible, aplicándose un diseño o estrategia de investigación de campo y documental, para la cual fue necesario disponer de la información hidrológica y topográfica con la finalidad de determinar los caudales que drenaría el urbanismo, los cuales fueron calculados a través del método racional. , el procedimiento utilizado se basó en la determinación del coeficiente de escorrentía ponderado del área de estudio de acuerdo al uso del suelo o cobertura del mismo, la determinación de la intensidad de las precipitaciones que afectan a la zona evaluada tomando en cuenta el tiempo de concentración y el período de retorno considerado. Posteriormente se determinarán los caudales que se drenarán fuera del urbanismo Z-1. Finalmente, se definen un grupo de descargas y las estructuras que estas han de poseer para que las aguas de lluvia sean transportadas a los cuerpos de agua más cercanos. En la propuesta se procuró, elaborar un diseño bajo en costos, por lo que se trató de elegir las pendientes más acordes al terreno para no hacer gastos innecesarios en cuanto a excavación. Las conclusiones derivadas posterior a la obtención de los resultados nos reflejan las características principales de la zona de estudio, destacando que presenta un régimen pluviométrico unimodal, un promedio anual de evaporación elevado y una condición de isoterminia definida por la región y temperatura; por último se puede señalar que el sistema de drenaje planteado tiene la capacidad de captar y transportar $23,4458 \text{ m}^3/\text{s}$ ratificando la confianza del mismo ya que supera el caudal originado en la cuenca con un valor de $22,525 \text{ m}^3/\text{s}$. Para la disposición final de estas aguas de escorrentía drenadas por el urbanismo se proyectaron un total de xx torrenteras para drenar la totalidad de las aguas salientes del urbanismo. Estos caudales estuvieron distribuidos en $9.524 \text{ m}^3/\text{s}$, $1.958 \text{ m}^3/\text{s}$, $1.587 \text{ m}^3/\text{s}$, $8.436 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1.0202 \text{ m}^3/\text{s}$ para cada torrentera respectivamente.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	Error! Bookmark not defined.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Planteamiento del Problema	4
1.2 Objetivos de la investigación	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificación de la investigación	7
1.4 Alcance de la investigación	7
CAPÍTULO II	9
GENERALIDADES	9
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	9
2.2 Geología	10
2.3 Geomorfología	11
2.3.1 Mesas inclinadas	11
2.3.2 Mesa moderadamente conservada	12
2.3.3 Mesas fuertemente disectadas	12
2.3.4 Colinas y lomas	12
2.4 Suelos	13
2.4.1 Suelos presentes en las mesas inclinadas y moderadamente conservadas .	13
2.4.2 Suelos presentes en la mesa fuertemente disectada	13
2.4.3 Suelos presentes en las colinas y lomas	13
2.5 Vegetación del área de estudio	14

CAPÍTULO III	16
MARCO TEÓRICO.....	16
3.1 Antecedentes de la investigación	16
3.2 Bases teóricas.....	20
3.2.1 Sistemas de drenaje	21
3.2.2 Componentes del sistema de drenaje pluvial.....	21
3.2.3 Importancia del drenaje pluvial urbano En las zonas urbanas.....	25
3.2.4 Acciones del Sistema de drenaje urbano	25
3.2.5 Objetivos de un sistema de drenaje.....	26
3.2.6 Tipos de drenaje.....	26
3.2.7 Intensidad, duración y frecuencia de precipitación.....	27
3.2.8 Topografía de la zona, estimación del caudal y estructuras de captación ..	29
3.2.9 Canales	30
3.2.10 Canal abierto.....	31
3.2.11 Tipos de flujo en canales	32
3.2.12 Sumideros	33
3.2.13 Alcantarillas.....	34
3.2.14 Torrenteras.....	34
3.2.15 Variables hidrometeorológicas	34
3.2.16 Caídas y torrenteras.....	40
3.3 Bases legales	49
3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela	49
3.3.2 Ley Orgánica del Ambiente (2006)	52
3.3.3 Ley de Aguas (2007).....	54
3.4 Definición de términos básicos.....	55
3.4.1 Abrupto.....	55
3.4.2 Canales de drenajes	55
3.4.3 Climatología	55
3.4.4 Coeficiente de escorrentía (C)	56
3.4.5 Coeficiente de Manning (n).....	56
3.4.6 Cota	56
3.4.7 Cuenca	56
3.4.8 Cuenca hidrográfica	57
3.4.9 Escorrentía	57
3.4.10 Pendiente	57
3.4.11 Perfil longitudinal	57
3.4.12 Perfil transversal	58
3.4.13 Zanjas	58
CAPÍTULO IV	59
METODOLOGÍA DE TRABAJO	59

4.1 Tipo de investigación.....	59
4.1.1 Investigación a proyecto factible	59
4.2 Diseño de la investigación	59
4.2.1 Investigación de campo	59
4.2.2 Investigación documental.....	60
4.3 Población de la investigación.....	61
4.4 Muestra de la investigación.....	61
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	61
4.5.1 Técnicas de recolección de datos	61
4.5.2 Instrumentos de recolección de datos	63
4.6 Flujograma de la metodología del trabajo	64
4.6.1 Recopilación bibliográfica y material técnico	64
4.6.2 Caracterización climatológica	64
4.6.3 Definición de área de captación y perímetro	65
4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas	65
4.6.7 Análisis e interpretación de resultados.....	67
4.6.8 Propuesta	68
4.6.9 Conclusiones y recomendaciones	68
CAPÍTULO V	70
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	70
1.1 Caracterización climatológica del área de estudio	70
5.1.1 Precipitación	70
5.1.2 Evaporación	73
5.1.3 Temperatura.....	75
5.2 Parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en el área de estudio	76
5.2.1 Área de captación.....	76
5.2.2 Determinación de las áreas de las parcelas de acuerdo a su cobertura	78
5.3 Coeficiente de escorrentía ponderado por parcela	78
5.4 Tiempo de concentración para cada tramo	80
5.5 Caudal saliente del urbanismo	82
5.6 Características de las estructuras de descarga	85
CAPÍTULO VI	90
LA PROPUESTA	90
6.1 Objetivo de la propuesta	90
6.2 Alcance	90
6.3 Justificación	90

6.4 Metodología de trabajo	91
6.5 Propuesta de estructuras de drenaje.....	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
Conclusiones	94
Recomendaciones.....	95
REFERENCIAS	96
APÉNDICES	99

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 División político territorial del Edo Anzoátegui (INE, 2014).....	9
2.2 Ubicación relativa del área de estudio (Maps, 2015).....	10
3.1 Torrentera en gradería (Aristizabal et al,2013).....	44
3.2 Torrentera en gradería con bloques en el fondo (Aristizabal et al, 2013)	45
3.3 Régimen de flujo saltante sobre un canal en gradería (Mejía, 1999)....	8
4.1 Flujograma de metodología de trabajo.....	
5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación San Diego de Cabrutica (INAMEH, 2014).....	71
5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Zuata (INAMEH, 2014).....	72
5.3 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Uverito (INAMEH, 2014).....	72
5.4 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Uverito (INAMEH, 2014).....	74
5.5 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Musinacio (INAMEH, 2014).....	76
5.6 Área de captación y nomenclatura de calles (Bolívar y García, 2023).	77
5.7 Nomenclatura de parcelas (Bolívar y García, 2023).....	77
5.8 Dirección de los flujos internos dentro del urbanismo y los puntos de salida de cada drenaje o descarga final (Bolívar y García, 2023).....	85
5.9 Sección transversal y perfil longitudinal de la torrentera (Bolívar y García, 2023).....	88
6.1 Jerarquización de canales (Bolívar y García, 2023).....	92
6.2 Disposición en planta de las descargas proyectadas (flechas rojas) desde el urbanismo hasta las quebradas naturales adyacentes (Bolívar y García, 2023).....	93

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Coeficientes de escorrentía para su uso en taludes (Japan Road Association, 1984).....	47
3.2 Parámetros hidráulicos del canal rápida.....	48
3.3 Velocidad máxima del material.....	50
3.4 Coeficiente de rugosidad del material (canales).....	50
4.1 Valores de Intensidad, duración y frecuencia de lluvia para la estación de Zuata, período 1971 - 2007 (INAMEH, 2014).....	66
5.1 Características de las estaciones utilizadas (INAMEH, 2014).....	70
5.2 Precipitación media mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).....	71
5.3 Evaporación media, mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).....	74
5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C) Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).....	75
5.5 Área de parcelas (Bolívar y García, 2023).....	78
5.6 Coeficiente de escorrentía ponderado de cada parcela (Bolívar y García, 2023).....	79
5.7 Pendientes longitudinales de cada tramo vial (Bolívar y García, 2023).	80
5.8 Tiempo de concentración e Intensidad de lluvia (Bolívar y García, 2023).....	81
5.9 Caudales salientes del urbanismo a las descargas (Bolívar y García, 2023).....	83
5.10 Características de las estructuras de descarga (Bolívar y García, 2023)	86
5.11 Valores establecidos para el cálculo de torrenteras (Camacho, 1996)..	87
5.12 Elementos geométricos e hidráulicos de la torrentera (Bolívar y García, 2023).....	87
5.13 Elementos geométricos de los canales de descarga final (Bolívar y García, 2023).....	88
5.14 Elementos hidráulicos de los canales de descarga (Bolívar y Carcía, 2023).....	89

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A ESTIMACIÓN DE CAUDALES POR TRAMOS VIALES PRINCIPALES.....	100
A.1 Caudal por el tramo vial principal No 1 (Bolívar y García, 2023).	101
A.2 Caudal por el tramo vial principal No 2 (Bolívar y García, 2023).	102
A.3 Caudal por el tramo vial principal No 3 (Bolívar y García, 2023).	103
A.4 Caudal por el tramo vial principal No 4 (Bolívar y García, 2023).	104
A.5 Caudal por el tramo vial principal No 5 (Bolívar y García, 2023).	105
A.6 Caudal de diseño de cada tramo vial (Bolívar y García, 2023).....	106
B PERFILES LONGITUDINALES DE CANALES PARA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS FLUJOS.....	107
B.1 Perfil longitudinal canal de descarga 2.....	108
B.2 Perfil longitudinal canal de descarga 3.....	109
B.3 Perfil longitudinal canal de descarga 4.....	110
B.4 Perfil longitudinal canal de descarga 5.....	111

INTRODUCCIÓN

América Latina está formada por países principalmente subdesarrollados, cuyos servicios no optimizan una debida calidad de vida a sus habitantes, los drenajes son uno de estos servicios que presentan gran déficit en cuanto a su funcionalidad y vida útil. Destacando que son de suma importancia para garantizar el confort de la población ya que disminuyen el riesgo de inundaciones, estancamientos y escorrentías en lugares no previstos durante períodos de lluvia. Actualmente existe una evidente problemática en los sectores urbanizados de Latinoamérica, que han venido creciendo indiscriminadamente sin una planificación verdaderamente efectiva, por lo que el problema de sistemas de drenajes se intensifica día a día.

Las características geográficas, hidrológicas, geológicas y geotécnicas de Venezuela dan lugar a la existencia de problemas complejos en materia de drenaje superficial y subterráneo; debido al carácter muy aleatorio de las múltiples variables de análisis que entran en juego, aspectos hidráulicos que aún no están totalmente investigados en nuestro país; el planteamiento de las soluciones respectivas, obviamente estarán afectados por niveles de incertidumbres y riesgos inherentes a cada proyecto. Por lo tanto y dado el carácter general y orientativo de la presente investigación, para el tratamiento del problema señalado se deberán aplicar los adecuados criterios profesionales.

Haciendo énfasis en lo anterior, en Venezuela la gran mayoría de los sistemas de drenaje son muy deficientes, en especial en el estado Anzoátegui en donde se construirá el urbanismo “Rómulo Gallegos”, en él se observa la ausencia de drenajes de aguas pluviales proyectados, que al presentarse precipitaciones de duración e intensidad prolongada podrían provocar a dicho urbanismo inundaciones e incomodidad a los habitantes. Con el correcto conocimiento del comportamiento

hidrológico se pueden establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológicos extremos.

Ante lo plateado, es necesario el desarrollo de un sistema de drenaje para el manejo óptimo y funcional de las aguas que salgan fuera del proyectado urbanismo de tal forma que no se produzcan daños a las infraestructuras ni se causen impactos ambientales negativos externos o en las adyacencias del mencionado urbanismo.

El principal objetivo es proponer un sistema de drenaje superficial para la disposición final de aguas pluviales que serán drenadas fuera del proyectado conjunto residencial “Rómulo Gallegos”, desglosándose en varios objetivos tales como: Caracterizar climatológicamente el área de estudio, definir los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación, determinar el caudal de la cuenca y subcuencas que drenarán sus aguas fuera del urbanismo, calcular los parámetros geométricos e hidráulicos de los elementos del sistema de drenaje, definir el trazado en planta y perfil longitudinal de los mencionados elementos de drenajes necesarios para la disposición final de las aguas de escorrentía que serán drenadas fuera del citado urbanismo.

De acuerdo a esto, la estructuración de la investigación está enmarcada en un proyecto factible, aplicando un diseño o estrategia de campo e instrumental. Esta investigación está integrada por seis (6) capítulos:

El Capítulo I. Situación a investigar: describe de manera detallada el problema que está sometido a estudio, además se detallan sus objetivos con fin a ser alcanzado dentro de la investigación y se justifica la necesidad de investigar sobre el tema planteado, al igual que se puntualizan los alcances.

El Capítulo II. Generalidades: versa sobre aspectos comunes y relevantes del área de estudio describiendo la ubicación geográfica, y demás características como geología, geomorfología, suelos y vegetación.

El Capítulo III. Marco teórico: que sustenta la investigación, en él se expresan teorías, enfoques e implica el análisis de investigaciones y antecedentes relacionados al estudio.

El Capítulo IV. Marco metodológico: está relacionado con las normas, técnicas y procedimientos donde se describe el diseño de la investigación, además de la naturaleza y tipo de estudio. Igualmente serán puntualizadas las técnicas de recolección de datos, describiendo a su vez, los procedimientos encaminados al logro de los objetivos propuestos.

El Capítulo V. Análisis y presentación de resultados: apela al diseño propuesto del Sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en las Residencias Rómulo Gallegos, y se muestra los cálculos realizados y obtenidos referentes a caudales y elementos hidráulicos, además de esquemas de secciones transversales y perfiles longitudinales.

Finalmente, el Capítulo VI, centrado principalmente en la presentación de la propuesta, en este se describen los elementos que conforman el sistema de drenajes para el urbanismo “Rómulo Gallegos” y se detallan las características esenciales de los elementos principales del sistema.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del Problema

Globalmente se puede observar la presencia de fenómenos climáticos que afectan enormemente a las diferentes poblaciones que allí se encuentren localizadas, debido a ello, se puede notar la gran acumulación de agua en las calles y carreteras de diversos sitios, esto sucede debido a varios factores, pero uno de los principales es la falta de drenajes para canalizarlas.

El agua es el líquido de mayor importancia para nuestro planeta y para todos los seres vivos que en él habitamos, y las precipitaciones son el mecanismo en el cual éste vital líquido logra llegar a la mayoría de los lugares, ascendiendo desde zonas bajas por la evaporación, condensado por las nubes y siendo transportado por las corrientes de viento hasta lograr llegar a las diferentes zonas descendiendo en estado líquido. Sin embargo, el agua de lluvia no es de provecho para las obras civiles o edificaciones, por el contrario, es el mayor agente erosivo de éstas, si bien el líquido producido por las precipitaciones sirve para limpiar las calles de las ciudades también puede socavar las distintas capas que componen al pavimento.

El agua que se mantiene durante un largo tiempo en un lugar se denomina agua estancada, y éstas son perjudiciales para la sociedad, porque son hábitat perfecta para mosquitos transmisores de enfermedades o de bacterias que de alguna u otra manera pueden afectar la salud de los habitantes de una ciudad, por lo tanto la implementación de drenajes urbanos en el mundo corresponde a la necesidad de destinar las aguas pluviales hasta puntos de descarga adecuados, bien sean naturales o artificiales donde pueda ser aprovechado dicho recurso, con la finalidad de disminuir

el estancamiento de las mismas, ya sea por la existencia de depresiones topográficas que impida el flujo continuo del agua o sobrecarga de las estructuras hidráulicas ubicadas en las vialidades.

El aumento de la población, el desarrollo de países, estados y ciudades en los últimos tiempos han traído como consecuencia la búsqueda de soluciones rápidas y eficaces que den solución a la alta demanda de la población, tal es el caso de los servicios públicos los cuales afectan directamente la calidad de vida de las personas, entre los que tienen especial importancia la recolección y disposición de las aguas pluviales, comúnmente conocido como drenaje urbano.

En este sentido, se puede observar que, en Venezuela, más que un incómodo problema urbanístico, las aguas de escorrentía se transforman en un factor modificador del relieve impulsando los procesos de erosión, transporte y depositación de sedimentos que tienden a producirse en el entorno de los urbanismos que han sido drenados mediante sistemas internos de conducción de estas aguas de escorrentía pluvial. El problema se presenta, justamente una vez que el agua de escorrentía sale del urbanismo; surge, entonces, la necesidad de darle una adecuada disposición final a estas escorrentías para controlar o mitigar el efecto que estos caudales tendrán en el relieve inmediato a las zonas urbanizadas.

Lo planteado anteriormente nos lleva a las siguientes interrogantes en relación al sistema de disposición final de las aguas de lluvia provenientes de la urbanización codificada como Z-I en la población de Zuata en el estado Anzoátegui.

¿Cuáles características pluviométricas se presentan en el área de estudio?

¿Cuáles son los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en dicha área de estudio?

¿Cómo determinar el caudal de la cuenca y subcuencas en el área de estudio?

¿Cuál sería el trazado en planta y perfil longitudinal de las obras de descarga final en el área de estudio?

¿Cuáles son los parámetros geométricos e hidráulicos de los elementos de descarga final propuestos en el área de estudio?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Proponer la ingeniería básica de un sistema de disposición final de aguas de escorrentías pluviales que sean drenadas fuera del conjunto residencial “Rómulo Gallegos”, codificado como Z-I, en la población de Zuata, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar climáticamente el área de estudio.
2. Delimitar la cuenca aportadora de escorrentía de aguas pluviales.
3. Estimar coeficiente de escorrentía ponderado de la cuenca aportadora de agua de escorrentía.
4. Determinar el Tiempo de concentración e intensidad de lluvia de las parcelas y tramos viales.

5. Determinar el caudal de drenaje aportado por las parcelas y tramos viales.
6. Efectuar el trazado en planta y perfil longitudinal de los elementos de drenaje de descarga final.
7. Calcular los elementos geométricos e hidráulicos de los elementos de drenaje de descarga final.

1.3 Justificación de la investigación

El presente estudio se justifica debido a que se intenta presentar una propuesta factible para prevenir las posibles consecuencias del drenaje pluvial incontrolado en el entorno de las zonas urbanizadas de la zona residencial Z-I en el sector de Zuata, en relación con la manera cómo funciona actualmente el drenaje de las aguas de escorrentía pluvial en el sector, de tal manera que conducirá al diseño de un sistema de drenaje óptimo y funcional mediante canales abiertos, torrenteras y una fosa de disipación, las cuales facilitarán la conducción de las aguas pluviales de manera segura, para evitar el impacto negativo en el relieve por la generación de erosión (formación de cárcavas) o depositación de sedimentos que estas aguas puedan ocasionar en el entorno del urbanismo.

1.4 Alcance de la investigación

El desarrollo de esta investigación pretende abarcar desde el análisis de la pluviosidad reinante en el área de estudio, la delimitación de las cuencas que drenarán las aguas de origen pluvial, la estimación del coeficiente de escorrentía ponderado de la zona, los tiempos de concentración de los tramos de las trayectorias que conducirán las aguas pluviales. Asimismo, se determinará mediante el método racional el caudal

de drenaje total que aportará la cuenca. A través de la determinación de las anteriores variables hidrológicas se procederá posteriormente a la determinación de la geometría y dimensiones de los elementos para la descarga final (torreteras) y también de su alineamiento en planta y su perfil longitudinal.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El estado Anzoátegui posee una superficie de 43.300 Km², que representa el 4,7% del territorio nacional, limita al Norte con el Mar Caribe; al Sur con el estado Bolívar; al Oeste con los estados Miranda y Guárico y al Este con los estados Sucre y Monagas. La capital del estado es Barcelona y sus principales ciudades: Anaco, Aragua de Barcelona, Cantaura, Clarines, El Tigre, Pariaguán, Píritu, Puerto La Cruz, San Tomé, Santa Rosa y Soledad.



Figura 2.1 División político territorial del Edo Anzoátegui (INE, 2014)

El municipio José Gregorio Monagas tiene una población de 17.534 habitantes, dividido entre 7 parroquias, la Parroquia Zuata cuenta con 3.572 habitantes.

El área de interés para la realización del estudio hidrológico comprende una superficie de 21.600 ha, dentro de la cual se localiza la poligonal urbana del centro poblado de Zuata, y abarca una zona perteneciente a los municipios José Gregorio Monagas del Estado Anzoátegui y Santa María de Ipire del estado Guárico, considerando el grupo de microcuencas hidrográficas cuyos cauces drenen hacia y desde el área de la poligonal.

Zuata es un poblado ubicado en la parte sur del estado Anzoátegui, se comunica con la carretera que une a Pariaguán con San Diego de Cabrutica, el desarrollo urbanístico “Rómulo Gallegos” (Z-1) se proyecta construirse en el centro de este poblado. (INE,2015)



Figura 2.2 Ubicación relativa del área de estudio (Maps, 2015).

2.2 Geología

Los llanos de Venezuela Oriental presentan mayor diversidad geomorfológica por influencia de su geología. El manto pleistoceno (Formación Mesa) ha sido removido por erosión en gran parte de Guárico y en Anzoátegui suroriental, y las formaciones arcillosas de Mioceno así expuesta producen una topografía caracterizada

por un drenaje más complejo, reticular y dendrítico y en consecuencia, más disecada que las monótonas mesas del este-sureste de Anzoátegui y Monagas sur-central.

La zona erosionada termina hacia el este en una notable línea de farallones indentados que se extienden de sur a norte, desde la región de San Diego de Cabruta, hasta cerca de Santa Rosa, estado Anzoátegui. Esta línea forma de modo general, la divisoria generalizada entre los llanos centrales (principalmente Guárico) y los orientales (Principalmente Monagas y Anzoátegui suroriental). En contraposición con los primeros, los llanos orientales se caracterizan por la presencia de mesas extensas y planas (entre los cuales se destacan las de Guanipa, Morichal Largo y Tigre), de unos 280 metros de alturas sobre el nivel del mar, y 120 metros sobre el nivel de la llanura circúndate, siempre mal drenadas, frecuentemente con drenaje centripeto hacia una depresión central o axial. Estas suelen estar bordeadas por los farallones abruptos que constituyen el cauce mayor de los morichales o de los grandes ríos, de curso generalmente oeste-este. (INAMEH, 2014)

2.3 Geomorfología

Las instalaciones del proyecto se encuentran en la región natural Llanuras Disectadas Centrales, que a su vez se insertan dentro de la Provincia Fisiográfica de los Llanos Orientales Venezolanos, constituidas por los siguientes paisajes y relieves.

2.3.1 Mesas inclinadas

La unidad está constituida por formas de mesa de moderada a baja elevación que han sufrido basculamiento, sus altitudes varían entre 78 y 121 msnm. Además, presenta bajo grado de pendiente (<3%). excepcionalmente en los núcleos de relieve colinoso las pendientes llegan al 6%. No se observa erosión profunda en surcos o

cárcavas, pero por su grado de inclinación predomina el transporte de sedimentos desde las partes más altas. Localmente se observan colinas aisladas o pequeños promontorios con afloramientos de material ferruginoso.

2.3.2 Mesa moderadamente conservada

Las mesas moderadamente conservadas son extensas geoformas semi planas a suavemente onduladas que han sufrido un proceso geológico de denudación, presenta valores de altitud que van de 80 a 144 m y bajas pendientes 0 y 2%. Localmente, se presentan colinas redondeadas que presentan mayor contenido de material ferruginoso. En otros casos, se encuentran vegas coluvio-aluviales principales o laterales de configuración alargada y de perfil transversal cóncavo.

2.3.3 Mesas fuertemente disectadas

Las mesas fuertemente disectadas son unidades de forma tabular, de relieve plano a ondulado, con irregularidades topográficas moderadas, cuya principal característica son los significativos desniveles altimétricos y de pendiente. La morfodinámica de este sector va de muy activa en los taludes de las mesas con pendientes entre 60 y 90%, a medianamente activa en los sectores de tope y glacis con pendientes entre 19 y 25%. Las altitudes van de 140 a 160 msnm.

2.3.4 Colinas y lomas

Las colinas están constituidas por geoformas que resultan del proceso de degradación y disección de los materiales menos consolidados de la Formación Mesa y Las Piedras, por ello quedan expuestos sectores que exhiben mayor resistencia a la erosión. Son excesivamente drenadas y tienen un perfil inclinado. Sus altitudes llegan a 200 msnm y tienen pendientes de un 34%. (INAMEH, 2014)

2.4 Suelos

2.4.1 Suelos presentes en las mesas inclinadas y moderadamente conservadas

Presentan suelos profundos, de texturas medias y arenosas con subsuelos de arcilla arenosa, de buen drenaje; aunque en pequeños sectores se presentan suelos arenosos con pedregosidad superficial y suelos franco-arenosos con subsuelos arcillosos. Son suelos ácidos, de baja fertilidad natural y de moderada susceptibilidad a la erosión y en algunos sectores, con mayor potencial erosivo. Desde el punto de vista taxonómico, gran parte de estos suelos son del grupo Typic paleudults, Typic paleustults, Typic Ustipsamments y Oxic dystrustepts, caracterizados por tener buen drenaje, moderada permeabilidad, de textura arenosa o areno francosa en el Horizonte A y franco arcillo arenosa a franco arcillosa o arcillosa en su Horizonte B.

2.4.2 Suelos presentes en la mesa fuertemente disectada

Se presentan mayormente suelos poco estables y susceptibles a la erosión concentrada, de drenaje interno moderado y externo rápido. Son predominantemente arcillosos, aunque en las vegas coluvio aluviales provienen de aportes laterales y longitudinales, por lo que en este caso son de texturas arenosas en todo el perfil. Desde el punto de vista taxonómico, gran parte de estos suelos son del grupo Typic quartzipsamments, Typic ustorthents, Arenic haplustults, Typic plinthustults y Ultic haplustox.

2.4.3 Suelos presentes en las colinas y lomas

Los suelos se caracterizan por presentar en general un alto desarrollo pedogenético con presencia de un horizonte de acumulación de arcillas a los 30-40 cm de profundidad. El drenaje externo rápido, interno moderado y permeabilidad moderada. En otros casos, el suelo presenta un horizonte óxico indicador de un alto desarrollo. Las saturaciones con bases son bajas (35%), baja capacidad de intercambio catiónico y pH ácidos (5). Gran parte de estos suelos son del grupo Typic paleustults, Ultic haplustox y Oxyc dystrostepts. (INAMEH, 2014)

2.5 Vegetación del área de estudio

La región en estudio según el Atlas de vegetación de Venezuela pertenece a la zona de vida Bosque Seco Tropical (BST), ubicada al Norte del río Orinoco, principalmente en los llanos centrales. De acuerdo con el mapa de vegetación de Huber y Alarcón 1886, la vegetación está representada por las sabanas características de *Trachipogon sp*, localizadas en posiciones geomorfológicas de topes y glacis cubriendo una amplia extensión de la Formación Mesa.

Estas sabanas a su vez se encuentran asociadas a un componente leñoso constituido por las especies chaparro (*Curatella americana*), alcornoque (*Bowdichia virgilioides*) y chaparro manteco (*Byrsonima crassifolia*).

En zonas de vegas de los ríos se encuentran los denominados matorrales que es un tipo de vegetación secundaria asociada con el abandono de actividades agrícolas de subsistencia, dentro de las especies comunes se encuentran: *Piptadenia sp* (yopo) y normalmente asociadas con mejores condiciones de fertilidad edáfica como *Panicum maximun* (guinea), *Hiparrhenia rufa* (yaraguá), *Rinchelytrum repens*, o *Salanum sp*. (bola de gato).

Hacia el este del área estudiada dentro de la matriz de sabana se puede diferenciar herbazales gramínoideas, periódicamente inundables dominados por *Leersia hexandra*

e *Hymenachne amplexicaulis*, *Paspalum fasciculatum*, así como también, en menor proporción la especie flotante de *Paspalum repens*.

Los bosques de galería en el área estudiada se localizan en las márgenes de los causes del río Zuata y las quebradas: Tigre, Merey y Flores, presentan un dosel de porte bajo a medio (> a 12 m), de cobertura semidensa a densa, dentro de las especies más características en esta cobertura se encuentran *Copaifera officinalis* (aceite), *Lonchocarpus punctatus* (aco), *Zanthoxylum fagara*, *Bourreria cumanensis* (guatacaro), *Protium guianensis* (currucay), *Mauritia flexuosa* (moriche), *Hymenea courbaril* (algarrobo), *Spondias moin* (jobo), *Tapirira guianensis*, *Lecthys ollaria* (coco de mono), *Guazuma ulmifolia* (guacimo) *Tapirira guianensis* (jobillo), *Simphonia globulifera*, *Duguetia riberensis*, *Sclerolobium aureum*, *Copaifera pubiflora* (copaiba), *Trichilia singulares*, *Coccoloba caracassana*, *Licania apetala*.

En las partes más abiertas, se pueden ubicar *Montrichardia arborecens* (rábano de agua) y *Achrosticum aureum* (helecho de agua), mientras que en el sotobosque se encuentran *Randia aculeata* (cruceto), *Jathropha ureans* (guaritoto), *Casearia silvestris* (tortolito), *Fagara caribea* (mapurite blanco).

En cuanto al uso de la tierra, el área estudiada se caracteriza por un alto grado de intervención que ha dado paso al uso agrícola animal que corresponde a la ganadería extensiva, vacuna y caballar, así como también el desarrollo de vías de acceso asociadas con la actividad minera. (INAMEH, 2014)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

A continuación, se presentan algunos estudios previos que han servido de referencia metodológica y de contenido a la presente investigación.

Rubén R, (2009), estudiante del Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño Extensión Barinas. En su trabajo especial de grado titulado: “**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LA VIALIDAD RURAL DE SANTA LUCIA – JACOA, (FUNDO ZAMORANO) DEL MUNICIPIO BARINAS ESTADO BARINAS**”. El proyecto se fundamentó de tipo factible, apoyado en la modalidad de investigación documental y de campo. El mismo consistió en proporcionar una solución a la problemática planteada el cual permitirá por medio de la topografía demarcar la posición exacta del drenaje a utilizar de acuerdo a su condición de uso (longitudinal o transversal); de igual manera se determinan las nuevas estructuras hidráulicas acordes a las nuevas secciones correspondientes al diseño.

Este proyecto guarda estrecha relación con el proyecto de investigación debido a que el tipo de investigación que se llevó a cabo es al igual un proyecto factible. A demás se comparó el cálculo de los elementos hidráulicos del canal.

Socorro y Rodríguez (2005) en su trabajo de grado realizaron una investigación denominada “**CAUSAS DE INUNDACIONES POR LLUVIA EN LA URBANIZACIÓN ALTOS DEL PILAR**”, cuyo objetivo fue analizar las causas de inundaciones por lluvia en la Urbanización Altos del Pilar. El tipo de investigación

utilizada fue de carácter descriptivo. La información se obtuvo por medio de la observación directa en el sitio, toma de fotografías y entrevistas realizadas los habitantes de la urbanización. Entre los resultados obtenidos, se revela que la Urbanización presenta problemas de drenaje de aguas de lluvia en sus calles y en los sistemas cloacales, debido a la adición o incorporación de aguas provenientes de otras urbanizaciones y al uso de los sistemas cloacales como conductos recolectores de aguas de lluvias provenientes de las casas.

Este trabajo es relevante para el presente ya que se utilizaron similares técnicas e instrumentos para la recolección de datos para sustentar el proyecto del sistema de drenaje de aguas pluviales del urbanismo.

Cardenas R. en su trabajo de grado titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL ÓPTIMO Y FUNCIONAL PARA EL SECTOR “LA ROTARIA”** de la parroquia Raúl Leoni de Maracaibo. Edo. Zulia. Realizó la determinación de la intensidad de lluvia en la zona de estudio mediante el método Gumbel, el mismo se basa en la distribución de valores extremos, se consideró los datos de las precipitaciones caídas en la zona para realizar el cálculo del periodo de retorno y las curvas de intensidad-duración-frecuencia. Además se estimó el gasto perteneciente a las áreas de estudio mediante el método racional, basándose en el coeficiente de escorrentía de la zona y un tiempo de concentración tomado de la información meteorológica del estado Zulia.

El proyecto de investigación se relaciona con la presente ya que se utilizó el método racional para el cálculo del caudal que pasa por el sistema de drenaje.

Arana P., S. y Jiménez S., A. (1999), UCV. **“MANTENIMIENTO DE DRENAJES EN LA VIALIDAD”**, esta investigación proporciona conocimientos básicos en lo que se refiere al sistema de drenaje vial, analizando la planificación del

mantenimiento, sus objetivos y procedimientos. Describe las fallas en los sistemas de drenajes, sus efectos y causas, además toca aspectos del mantenimiento correctivo, métodos de reconstrucción y rehabilitación de canales.

La investigación antes mencionada, brinda como aporte al presente estudio las características técnicas de los sistemas de drenaje vial y como aplicar un mantenimiento, aunque la misma trabaje con aspectos muy generales, se utiliza como guía para no desviarnos del tema principal de estudio.

Cedeño y Guerra (2010), en su trabajo de grado titulado **“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES ADYACENTES AL CANAL DE CINTURA EXISTENTE DESDE LA PROGRESIVA 0+000 HASTA LA 1+235 EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”**, determinaron la capacidad hidráulica del sistema de drenaje en estudio y delimitaron las áreas tributarias que descargan aguas pluviales en el canal. Siguiendo una metodología descriptiva utilizaron información de la Corporación Venezolana de Guayana “C.V.G”, C.V.G. Tecmin, a partir de estos datos pudieron conocer el material, sección transversal y perímetro mojado, con el cual se pudo calcular el radio hidráulico y coeficiente de rugosidad ponderado que constituye la sección del canal de Cintura, los caudales generados por cada área tributaria, se estudiaron por los métodos racional, Chow y el del Hidrograma Triangular según las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (I.D.F.) reflejado como resultado un perímetro mojado de 9,20 metros, un radio hidráulico de 0,57 metros, y el caudal máximo de 29,95 metros cúbicos/segundo. Concluyendo así, que debido al aumento de tamaño de la ciudad se van incorporando nuevas aguas de escorrentía a dicho canal provocando así las inundaciones.

Esta investigación es de importancia para el presente, porque nos permite guiar en la determinación del caudal de la cuenca y subcuencas en el área de estudio a través del método racional, así como también los parámetros geométricos e hidráulicos en los

canales de drenaje propuestos. También es de importancia destacar que los autores consideraron en sus cálculos y análisis de resultados el posible crecimiento de la ciudad para así evitar futuros problemas en el sistema.

Echeverría, B. (2015), elaboró en su trabajo de grado titulado **“INGENIERÍA BÁSICA DE UN SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES PARA EL CONJUNTO RESIDENCIAL JOSÉ GREGORIO MONAGAS, EN SAN DIEGO DE CABRUTICA, MUNICIPIO JOSÉ GREGORIO MONAGAS, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”**, el cual tenía como objetivo general proponer la ingeniería básica de un sistema de canales de drenaje de aguas superficiales para el conjunto residencial José Gregorio Monagas, en San Diego de Cabrutica, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela. La metodología se desarrolló bajo el esquema de una investigación documental y de campo de tipo proyectiva se dice que la investigación es proyectiva porque intenta proponer soluciones a una determinada situación. Se utilizó información facilitada por entes como INAMEH, la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) que fueron necesarios para la determinación de datos hidrológicos e hidráulicos para el estudio.

El método para la estimación del caudal fue el Método Racional. Finalmente se propone el sistema de captación de aguas pluviales resumido en una tabla donde se muestran los caudales, elementos geométricos e hidráulicos, perfiles longitudinales de los canales y secciones transversales de los mismos.

Huarcaya, A. y Márquez, R. (2017), elaboraron en trabajo de grado titulado **“ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS IDF PARA LA POBLACIÓN DE EL SALTO EN EL MUNICIPIO MATORIN, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.”** el cual tenía como objetivo general construir las curvas IDF para la mencionada población. Este trabajo de grado presenta un aporte metodológico significativo a la presente investigación por cuanto

presenta las técnicas y procedimientos para la construcción de las curvas IDF lo cual podrá ser utilizado como método en el estudio objeto de este documento. (p. 4)

Estos trabajos son relevantes para el presente porque posee las herramientas necesarias para guiarnos en el trazado de los canales del sistema de drenaje por el que circularan las aguas pluviales, tomando en cuenta la topografía del lugar. También el cálculo del caudal máximo que circula en la zona.

3.2 Bases teóricas

Al abordar el estudio de un sistema de drenaje pluvial, en primer lugar, se trata de dar una definición, por lo que Camacho (2004) dice que, es el conjunto de acciones materiales o no, que están destinadas a evitar en la medida de lo posible, que las aguas de origen pluvial cause daños a las personas o a las propiedades en las ciudades, o que logren obstaculizar el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

De tal manera, que la recolección de las aguas servidas en un sistema separado supone que también la existencia de una red de alcantarillado para recolectar las aguas de lluvia y conducir las hasta los cauces de quebradas existentes en la zona, sin provocar daños a las propiedades vecinas o de la zona misma.

Por ello, las viviendas y edificaciones del sector deben proyectar y construir sus instalaciones sanitarias de forma tal que permitan conducir sus aguas servidas a las tanquillas de empotramiento cloacal, y sus aguas de lluvias, provenientes de techos y patios interiores para ser descargados libremente a las calles, donde serán recolectadas en sumideros, torrenteras etc.

3.2.1 Sistemas de drenaje

Bañon Blázquez. L. (2009) explica que un sistema de drenaje es un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar en la medida de lo posible que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana, es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos. (Pag. 18-2)

Dentro del término “aguas pluviales” quedan comprendidas no solamente las aguas originadas por las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que provienen de otros sectores y discurren a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie.

3.2.2 Componentes del sistema de drenaje pluvial

Un sistema de drenaje pluvia está conformado por una serie de elementos, que se establecen en cuanto a las siguientes consideraciones acerca de los diferentes componentes del sistema de drenaje superficial, entre los cuales se señalan:

- a. La pendiente longitudinal del pavimento (So)
- b. La pendiente transversal del pavimento (Sx)
- c. Los brocales-cunetas
- d. Las cunetas laterales y en la isla central
- e. Los tableros de puentes.

En atención a los elementos señalados, puede decirse que constituyen parte fundamental para dar viabilidad al diseño de un sistema de drenaje optimo y funcional.

3.2.2.1 La pendiente longitudinal:

Si la vía se ha proyectado con brocales, la pendiente longitudinal no debe ser menor de 0.5% y en casos extremos de 0.3%. Si la vía se proyecta sin brocales, la pendiente longitudinal puede ser menor, pero esto trae como consecuencia el crecimiento de vegetación. En el caso de vías diseñadas en sectores muy planos, se recomienda aumentar la pendiente transversal.

Por otra parte, en los puntos bajos y en una longitud correspondiente a unos 15m a partir de este punto, debe mantenerse una pendiente mínima de 0.3%. Esta última condición debe ser acompañada de la siguiente consideración: la distancia horizontal de la curva vertical (L) dividida por la diferencia de las pendientes en el punto bajo, debe ser igual o menor de 50.

$$50 > L / (G2 - G1) \quad (3.1)$$

Dónde :

L= Longitud de la curva (m) ;

G= Pendiente (%)

3.2.2.2 Pendiente transversal

Una pendiente transversal de 2% o menor, permite al conductor mantener la estabilidad del vehículo. En estas áreas de intensa lluvia, puede llegarse hasta un 2.5%. De hecho, en vías donde 3 o más canales tiene la misma pendiente transversal hacia el hombrillo, el último canal debe tener una pendiente mayor. Los dos primeros canales pueden tener pendiente normal, mientras que en el par de canales subsiguientes la

pendiente puede incrementarse entre 0.5 a 1%. En este orden de ideas, el máximo valor de la pendiente transversal es de 4%.

3.2.2.3 Brocales y cunetas

Los brocales y Cunetas se colocan al borde del canal exterior, sirviendo los siguientes propósitos:

- Contener el agua de lluvia dentro del borde de la vía y lejos de los terrenos adyacentes.

- a. Prever la erosión del relleno que constituye los taludes.
- b. Asegurar un buen delineamiento de los pavimentos.
- c. Ordenar el desarrollo de los terrenos adyacentes a la vía.

En este sentido, el ancho del conjunto brocal-cuneta está comprendido entre 0.3 y 1.00 m; la pendiente transversal de los brocales-cunetas puede ser la misma que la del pavimento, algunas veces puede incrementarse en 80 mm por metro con respecto al hombrillo.

3.2.2.4 Canales laterales y en la isla central

Los canales laterales a la vía se utilizan generalmente cuando no existen los brocales, ellos recogen las aguas provenientes del pavimento y de áreas laterales adyacentes al mismo. Debido a las limitaciones de espacio en las vías urbanas, estos canales no deben ser utilizados.

Puede decirse que estos canales laterales prácticamente imprescindibles en secciones en corte, en depresiones o donde las intersecciones transversales viales son

escasas. Los canales ubicados en la isla central son también de gran importancia, ya que sirven para drenar los canales viales adyacentes, se indican específicamente en aquellas vías con más de dos canales en cada dirección y diseñados para altas velocidades.

3.2.2.5 Tableros de puentes

El drenaje de los tableros de los puentes es similar a l de las secciones con brocales, la importancia de este drenaje estriba en:

- a. Los puentes de acero son susceptibles a la corrosión.
- b. La humedad sobre el tablero del puente se congela antes que en el resto de la vía.
- c. El deslizamiento ocurre con pequeños espesores de agua, debido a que la textura de la superficie de concreto en los mismos es más lisa.

Sin embargo, debe evitarse ubicar los puentes en horizontal o puntos bajos. Así mismo, deben colocarse sumideros de rejillas a la salida de los puentes.

En el diseño del drenaje urbano solo se considera el exceso de agua en la superficie no tomado en consideración el flujo sub-superficial y subterráneo, ya que en el tiempo de retardo es muy largo, y por tanto no tienen gran influencia en el dimensionamiento de lo real.

3.2.3 Importancia del drenaje pluvial urbano En las zonas urbanas

Se tiene la necesidad de desalojar el agua de lluvia de tal modo que se mitiguen los riesgos para los habitantes, las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas que afectan a la población. Sin embargo, la construcción de edificios, casas, la pavimentación de calles, estacionamientos y otras construcciones modifican el entorno natural y generan superficies poco permeables; aumentando los volúmenes de escurrimiento. Así, la urbanización incrementa los volúmenes que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Esto obliga a diseñar los sistemas de drenaje artificial con mayor capacidad que la que tenían las corrientes naturales originales. El drenaje pluvial urbano, tiene como función la captación y desalojo de las aguas de lluvia hasta sitios donde se descarguen en los cuerpos de agua, de tal forma que se reduzcan los daños e inconvenientes a los habitantes donde llegan o cruzan los escurrimientos o que puedan afectar a otras cercanas. Un sistema de drenaje está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias, que permiten el desalojo de las aguas de lluvia y que requieren de su mantenimiento para su correcta operación. (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Drenaje Pluvial Urbano Pag. 1)

3.2.4 Acciones del Sistema de drenaje urbano

Las acciones a que se refiere la definición de sistema de drenaje urbano pueden ser de dos tipos: Preventivas, que disminuyen los daños mediante la administración adecuada de los usos de las áreas potencialmente sujetas a ellos; y Correctivas, que alivian esos daños en las áreas donde las medidas de tipo preventivo son insuficientes. Como un ejemplo práctico podemos decir que las acciones que impliquen la construcción de una obra hidráulica, u otras cuyas dimensiones y características se modifiquen por razones hidráulicas, son correctivas, y las restantes se consideran preventivas.

3.2.5 Objetivos de un sistema de drenaje

Un sistema de drenaje urbano debe de estar dirigido al logro de unos objetivos, es decir los fines o intenciones hacia los cuales se dirigen las acciones a llevar a cabo. Estos objetivos son dos uno básico, que evita al máximo posible los daños que las aguas de lluvia puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano; y un objetivo complementario, que propone garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones.

3.2.6 Tipos de drenaje

3.2.6.1 Drenaje superficial

Comprende las acciones correctivas constituidas por el conjunto de facilidades naturales y artificiales que conducen al escurrimiento superficial, desde el lugar de caída de las aguas de lluvia hasta su entrada en un cauce natural o en un conducto artificial, disminuyendo las molestias al tráfico de personas y vehículos.

3.2.6.2 Drenaje secundario

Es el conjunto de acciones correctivas constituidas por los conductos y obras conexas construidas por el hombre, las cuales permiten garantizar que las aguas no obstaculicen el normal desenvolvimiento del tráfico de personas y vehículos en las áreas de escurrimiento.

3.2.6.3 Drenaje primario

Es el conjunto de acciones correctivas constituido por los cauces naturales, los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas a salvaguardar la vida de las personas y evitar el daño a las propiedades existentes en las áreas de escurrimiento. Sin embargo, en la práctica lo anterior se traduce en que el drenaje primario debe ser concebido principalmente en forma tal, que conjuntamente con las acciones preventivas cumpla con el objetivo básico, comprobándose su funcionamiento para el complementario; y en el caso del drenaje superficial y secundario debe verificarse en primer lugar el objetivo complementario y luego comprobar para el básico.

Una manera sencilla de distinguir el drenaje primario del secundario, es asociándolo al caso de un conducto artificial. Si las dimensiones del conducto establecidas de acuerdo a la función complementaria permanecen sin modificaciones y garantizan el grado de protección requerido en la función básica, entonces el conducto es un drenaje secundario, pero si por el contrario existe la necesidad de aumentar esas dimensiones para garantizar el buen funcionamiento del sistema, entonces estamos en presencia de un drenaje primario. Asimismo, la secuencia del escurrimiento no es necesariamente del drenaje superficial, al secundario y luego al primario, pues el drenaje secundario puede ser parcial o totalmente descartado.

3.2.7 Intensidad, duración y frecuencia de precipitación

La intensidad debe ser considerada como el volumen de agua de lluvia que cae en un determinado espacio de tiempo como parámetro importante en el diseño de las obras de drenajes, estas, en conjunto con la pendiente, determinan las alturas mojadas de las estructuras a diseñar.

La intensidad de la lluvia depende de la duración de esta, existiendo una relación inversa entre ellas.

La selección del nivel de probabilidad apropiado para un diseño, es decir, el riesgo que se considera aceptable, depende de las condiciones económicas y técnicas y se relacionan con los daños, perjuicios y molestias que las inundaciones puedan ocasionar al público, comercio, industria e instituciones de la localidad.

La duración en las precipitaciones es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, la lluvia según su duración puede llamarse corta o larga. Las normas establecen que el tiempo de duración que debe considerarse para la determinación de la intensidad de la lluvia, no será inferior a 5 minutos, en cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales.

Para efectos de diseño de un sistema de recolección de aguas de lluvia, deben tomarse en cuenta todas las variables que puedan intervenir, en la determinación de un gasto de agua de lluvia acumulándose, y que pueda crear inconvenientes a la comunidad, en general se pueden considerar factores para la recolección del agua:

- a. Características de la zona
- b. Curvas de pavimento
- c. Tiempo de concentración
- d. Estimación de caudal

La frecuencia es un factor que asociado a la probabilidad y al intervalo de recurrencia de la precipitación, “es el número de veces que un evento es igualado o excedido de un intervalo de tiempo determinado o en un número de años.

La frecuencia se denota, por lo tanto. $F = \# \text{ de años} / \# \text{ de veces}$.

Este parámetro dependerá por tanto del mayor tiempo de registros disponibles, la mayor probabilidad de ocurrencia en la misma estimación hecha.

3.2.8 Topografía de la zona, estimación del caudal y estructuras de captación

La topografía no es más que la característica del área donde actúa la cuenca en estudio referente al tipo de superficie, sus pendientes, los porcentajes de construcción, etc. Estos parámetros intervienen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda la escorrentía de las aguas pluviales que puedan concentrarse en un punto. La superficie total a considerar en el proyecto estará constituida por el área propia, más el área natural de la hoya que drena a través de ella.

Se deben determinar las diferentes características de la superficie que la constituye, en este sentido las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitaria (INOS) establecen coeficientes de escorrentías para determinadas superficies y zonas. Para determinar claramente las áreas y las características fisiográficas de las cuencas, deben utilizarse planos topográficos, además, donde se señale la naturaleza del material del cauce y el tipo de vegetación existente en el mismo.

Debe disponerse de una nivelación a lo largo de los cauces naturales, con secciones transversales en sitios notables e indicaciones de las estructuras existentes, pues estas son indispensables para determinar las planicies inundables.

Los problemas de drenaje son causados principalmente por el exceso de aguas pluviales en un determinado espacio físico proveniente de las precipitaciones, es por ello que para el diseño de las obras de drenaje pluvial urbano se considera que el excedente de agua hallado en la superficie, no tomado en consideración el flujo

subterráneo, ya que el tiempo de retardo es muy extenso y por lo tanto, no tiene gran influencia en el dimensionamiento de la estructura de drenaje.

Se estima conveniente hacer uso de la ecuación racional, para el cálculo del canal en desarrollo. Para lograr un buen diseño, debe tomarse en cuenta todas las variables que puedan intervenir en la determinación de un gasto de agua de lluvia, y que puedan crear inconvenientes a la comunidad, sin embargo, no se debe jedar de reconocer que ello resulta difícil de evaluar y que aun con la mejor información disponible, existen criterios económicos que privaran para limitar los diseños en un determinado rango de probabilidades de ocurrencia de daños.

La determinación del diseño para un sistema de recolección de aguas de lluvias en zonas pobladas, atiende generalmente al método racional, el cual asume que el caudal máximo que se acumula en determinado punto, como consecuencia de la escorrentía de aguas pluviales esta expresado por la ecuación.

$$Q = C * I * A \quad (3.2)$$

Donde:

Q: caudal en lps

A: área de la cuenca debe ser en ha

C: coeficiente de escurrimiento ponderado

I: intensidad de la lluvia en lps/ha

3.2.9 Canales

Según, J Aguirre 1980 en hidráulica de canales expresa que, los canales son elementos que cumplen con la función de llevar el agua hacia la parte baja de los cortes,

o rellenos, hasta otro canal de intersección, o a un punto de descarga, como por ejemplo una alcantarilla, estos canales pueden ser abiertos o cerrados, también dirigen el agua en el sentido longitudinal de la vía.

Los canales al igual que las cunetas son de concreto, adicionalmente se les coloca acero en ambos sentidos. La inclinación del canal y de la vía no debe ser la misma, especialmente si la vía es plana.

En aquellos casos en que la pendiente transversal del canal no es mucho mayor que la de la vía y sus superficies son del mismo tipo, se considera este como parte de la vía.

3.2.10 Canal abierto

Puede considerarse como un gran tubo de corriente limitado por los contornos sólidos del canal y la superficie libre superior sometida a la presión atmosférica.

Un análisis simplificado de flujo permanente permite establecer la profundidad y la velocidad en una sección como las características que definen el tipo de flujo en un canal.

Si la profundidad en una sección del canal no varía en el intervalo de tiempo en consideración se dice que el flujo es permanente. Si la profundidad varía, entonces, es no permanente.

Para ambos casos el caudal “Q” o el volumen de fluido que fluye por la sección en la unidad de tiempo está dado por: $Q=V \times A$, siendo V la velocidad media de la sección normal al flujo del área transversal A.

3.2.11 Tipos de flujo en canales

3.2.11.1 Flujo permanente

Un flujo permanente es aquel en el que las propiedades fluidas, son constantes en el tiempo, a pesar de que las mismas no lo sean en el espacio. Las características de este tipo de flujo se pueden describir como: Velocidad (V), Caudal (Q), y Calado (h), estas son independientes del tiempo, pero podrían variar a lo largo del canal.

3.2.11.2 Flujo transitorio o no permanente.

Es el que presenta cambios en sus características al paso del tiempo, para estudiar el comportamiento del canal.

3.2.11.3 Flujo uniforme

Este es el que se da en un canal recto, cuya sección es de pendiente constante, y se encuentra a una distancia considerable de los puntos en que se realizan las mudanzas de sección transversal, puede ser de forma, de rugosidad, cambio de la pendiente o en una variación del caudal.

3.2.11.4 Flujo gradualmente variado

Es cuando la profundidad de flujo cambia a través de la longitud del canal. Este puede ser permanente o no permanente.

Se clasifica en rápidamente variado o gradualmente variado, dependiendo de la profundidad del agua.

3.2.11.5 Flujo subcrítico o flujo lento

Es el nivel efectivo del agua en una determinada sección.

3.2.11.6 Flujo crítico.

Cuando la velocidad es igual que la raíz cuadrada de la gravedad por la profundidad.

3.2.11.7 Flujo supercrítico.

En el caso de flujo supercrítico, también denominado flujo veloz, el nivel del agua efectivo en una sección determinada está condicionado a la condición de contorno situada aguas arriba.

3.2.12 Sumideros

Son las estructuras más comunes, utilizadas para incorporar el escurrimiento superficial a los sectores. Dependiendo de la manera como se realiza la captación del agua, la práctica usual los clasifica en:

- a. De ventana
- b. De rejas
- c. Mixto
- d. Especiales

Cada uno de estos tipos, poseen características en cuanto a su forma, condiciones de flujo y campo de aplicabilidad en el proyecto de un sistema de drenaje urbano.

3.2.13 Alcantarillas

Son elementos que se usan para el drenaje transversal de la vía, tienen por objetivo permitir el paso de las aguas cuyos cauces son interferidos por las carreteras. Para lograr un buen diseño de estas, tanto estructural como hidráulicamente, es necesario considerar el carácter, dirección y magnitud de las cargas a que están sometidas (gastos de diseño), las propiedades físicas de los materiales, la pendiente, la forma, la longitud, la rugosidad y la determinación del tamaño del orificio requerida para que el conducto satisfaga los requerimientos hidráulicos.

3.2.14 Torrenteras

Las torrenteras al igual que los canales rápidos, tienen como objetivo bajar las lluvias que ocurren sobre los taludes de la vía. Se diferencia de los canales rápidos en que el fondo del canal es en forma de escalera, algunas veces estas obras se utilizan en el drenaje transversal a la salida de las alcantarillas.

Estas estructuras son utilizadas generalmente en tramos donde las pendientes son muy altas, por su característica física estas ayudan a suavizar las energías de los caudales que circulan por ellas, este detalle evita en deterioro que pueda ocasionar el caudal en la estructura que finalmente canalice el mismo.

3.2.15 Variables hidrometeorológicas

3.2.15.1 Caudal

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Generalmente se mide en m^3/s , y es directamente influenciado por:

- a. La precipitación sobre la cuenca.
- b. Las características geológicas, edafológicas y topográficas de la cuenca.
- c. La cobertura vegetal.

3.2.15.2 Evaporación

Se define como el proceso mediante el cual se convierte el agua líquida en un estado gaseoso. La evaporación puede ocurrir solamente cuando el agua está disponible.

También se requiere que la humedad de la atmósfera sea menor que la superficie de evaporación (a 100% de humedad relativa no hay evaporación).

Generalmente se expresa en mm por unidad de superficie, por unidad de tiempo, y es directamente influenciada por:

- a. El viento.
- b. La temperatura del agua y del aire.
- c. La humedad del aire.

3.2.15.3 Evapotranspiración

Se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo. Es directamente influenciada por:

- a. El tipo de cobertura vegetal.
- b. La disponibilidad de humedad (agua libre) en el suelo.
- c. La profundidad del manto freático.
- d. La radiación solar.
- e. La temperatura.

3.2.15.4 Precipitación.

Máximo Vellón también menciona que la precipitación es toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión.

La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental. Para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. Generalmente se expresa en mm, y es directamente influenciada por:

- a. Los vientos.
- b. La topografía del área.
- c. Presión atmosférica.
- d. Presencia de frentes.
- e. Temperatura.

3.2.15.5 Humedad.

La cantidad de vapor de agua presente en el aire, se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad relativa es la relación porcentual entre la

cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura.

La humedad del aire es un factor que sirve para evaluar la comodidad térmica del cuerpo vivo que se mueve en cierto ambiente. Sirve para evaluar la capacidad del aire para evaporar la humedad de la piel, debida a la transpiración fundamentalmente. También es importante, tanto la del aire, como la de la tierra, para el desarrollo de las plantas. Generalmente se expresa en %, y es directamente influenciada por:

- a. La temperatura.
- b. La radiación solar.
- c. El viento.
- d. La disponibilidad de humedad en el suelo.
- e. El tipo de vegetación.
- f. La proximidad o no de grandes superficies líquidas como el mar o lagos.

–

3.2.15.6 Temperatura.

La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, sin embargo su significado formal en termodinámica es más complejo.

La temperatura está íntimamente relacionada con la energía interna y con la entalpía de un sistema: a mayor temperatura mayor será la energía interna y la entalpía del sistema.

La temperatura es una propiedad intensiva, es decir, que no depende del tamaño del sistema, sino que es una propiedad que le es inherente y no depende ni de la cantidad de sustancia ni del material del que este compuesto.

3.2.15.7 Radiación solar.

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 6000 K, en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la radiación solar.

3.2.15.8 Viento.

El viento es el flujo de gases a gran escala. En la Tierra, el viento es el movimiento en masa del aire en la atmósfera en movimiento horizontal. Generalmente se expresa en km/h, y es directamente influenciada por: presencia de frentes.

3.2.15.9 Presión atmosférica.

La presión atmosférica es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire sobre la superficie terrestre.

La presión atmosférica en un punto coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera.

Como la densidad del aire disminuye conforme aumenta la altura, no se puede calcular ese peso a menos que seamos capaces de expresar la variación de la densidad del aire ρ en función de la altitud z o de la presión p .

3.2.15.10 Transpiración.

Es la evaporación a través de las hojas. El proceso fisiológico de alimentación de las plantas se efectúa mediante el paso de ciertas cantidades de agua, portadoras de los alimentos, por el interior de ellas y ese tráfico solamente es posible gracias a la transpiración.

3.2.15.11 Nubes.

Una nube es un hidrometeoro que consiste en una masa visible formada por cristales de nieve o gotas de agua microscópicas suspendidas en la atmósfera. Las nubes dispersan toda la luz visible y por eso se ven blancas. Sin embargo, a veces son demasiado gruesas o densas como para que la luz las atraviese, cuando esto ocurre la coloración se torna gris o incluso negra.

3.2.15.12 Neblina.

La neblina es un fenómeno meteorológico, concretamente un hidrometeoro, que consiste en la suspensión de muy pequeñas gotas de agua en la atmósfera, de un tamaño entre 50 y 200 micrómetros de diámetro, o de partículas higroscópicas húmedas, que reducen la visibilidad horizontal a una distancia de un kilómetro o más. Ocurre naturalmente como parte del tiempo o de la actividad volcánica. Es común en atmósfera fría debajo de aire templado.

3.2.15.13 Interceptación.

Es la parte de la precipitación que es interceptada por objetos superficiales como la cubierta vegetal o los tejados, en general, parte de esta agua interceptada nunca alcanza al suelo porque se adhiere y humedece estos objetos y se evapora.

La interceptación, juntamente con el agua que permanece retenida en las pequeñas pozas, y la humedad del suelo (agua retenida en los poros, sin llegar a saturarla), constituyen la humidificación del suelo, y no contribuyen al escurrimiento superficial ni al subterráneo.

3.2.16 Caídas y torrenteras

El agua recogida por los canales e interceptores es entregada a los canales de alta velocidad, generalmente en la dirección del talud, lateralmente a la zona inestable, mediante estructuras de disipación conocidas como torrenteras.

Las torrenteras, o rápidas escalonadas son canales con gradas o escalones donde, a la vez que se conduce el agua, se va disipando la energía cinética del flujo por impacto con los escalones, llegando el agua al pie de la rápida con la energía disipada, por lo que no se hace necesaria alguna estructura adicional, o dado el caso, una estructura pequeña (Mejía, 2008).

El sistema de graderías generalmente es más eficiente para disipar energía que otros métodos de disipación. El flujo, en este tipo de canal, es turbulento y debe construirse un muro lateral de borde libre suficiente, para permitir la salpicadura del flujo.

Ante la inexistencia de datos experimentales, los canales en gradería pueden diseñarse asumiendo una velocidad de 5.0 m/s, a través de la sección mínima en la cabeza de cada grada (Aristizabal et al,2013).

El régimen de flujo de las rápidas escalonadas, depende de las características geométricas y del caudal manejado por la estructura. Pueden analizarse dos situaciones:

3.2.16.1 Régimen de flujo saltante

En este caso, la disipación de la energía se genera independientemente, en cada escalón al romperse el chorro en el aire, al mezclarse en el escalón o por formación de resaltos hidráulicos (Mejía, 1999).

El régimen de flujo saltante se caracteriza por una sucesión de chorros en caída libre que chocan en el siguiente escalón, seguidos por un resalto hidráulico parcial o totalmente desarrollado. En este régimen la disipación de energía se produce en cada escalón. En el régimen de flujo rasante, el agua fluye sobre los escalones como una corriente estable, rasando sobre ellos y amortiguándose por el fluido re-circulante atrapado entre los escalones.

En este último régimen la disipación de energía se produce en la formación de vórtices en las gradas.

Los pasos fundamentales para el diseño de torrenteras son (Mejía, 2008):

- a. Estimar el caudal de diseño.
- b. Evaluar las dimensiones geométricas básicas del canal (pendiente, altura, ancho).

c. Seleccionar la altura óptima del escalón.

d. Calcular las características hidráulicas del flujo.

El diseño de torrenteras en régimen saltante debe verificar que el alcance del chorro parabólico en la dirección X, producido por la corriente a la velocidad para la cual se logra el caudal de diseño para un período de retorno dado, sea menor que la longitud de la huella de diseño, y en consecuencia, el chorro saltará efectivamente escalón tras escalón disipando energía en su camino descendiente, mediante el uso de la torrentera en todos los tramos diseñados.

El movimiento parabólico de una partícula se encuentra regido por dos ecuaciones de trayectoria en el plano cartesiano: la ecuación que describe el movimiento uniforme en la dirección X, y la ecuación que describe el movimiento uniformemente acelerado en la dirección Y. Ellas son:

$$X = v \cdot t \quad (3.3)$$

Donde x es el avance en la dirección X, expresada en m; v es la velocidad constante a la cual la partícula se mueve en la dirección X, expresada en m/s; t es el tiempo que tarda la partícula en moverse una distancia “ x ” a una velocidad constante v , expresada en s, y tomando convenientemente la dirección positiva del eje Y hacia abajo:

$$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (3.4)$$

Donde y es la altura de la lámina del agua, en m, g es la aceleración de la gravedad, en m/s^2 , t es el tiempo que tarda la partícula en moverse una distancia “ y ” bajo los efectos de la aceleración g , en s. Despejando de ambas ecuaciones la variable tiempo, e igualándolas, resulta:

$$x = 0.4515 \cdot y^{1/2} \cdot v \quad \cdot(3.5)$$

Donde para el caso de un caudal de diseño Q , descendiendo por un escalón con huella $X_{\text{escalón}}$, y contrahuella $Y_{\text{escalón}}$, se tiene que x es el avance del chorro producido por el caudal de diseño Q en la dirección X , en m; y es la altura de la lámina del agua para el caudal de diseño Q en la dirección Y , en m; y v es la velocidad a la cual desciende el caudal de diseño Q por la torrentera, en m/s.

Las dimensiones de diseño serán suficientes siempre que se cumpla que $x < X_{\text{escalón}}$, pues esto asegurará que el chorro descenderá escalón a escalón disipando energía en cada caída, motivo por el cual se construye el canal de torrentera en forma escalonada y no lisa. En régimen rasante el diseño de torrenteras se ciñe estrictamente al diseño de canales, en el cual se verifica que para un caudal de diseño dado, las dimensiones propuestas permiten la evacuación de dicho caudal (Aristizabal et al,2013).

3.2.16.2 Diseño de estructuras en gradería

Se recomiendan los siguientes criterios básicos:

- a. Cimentar las estructuras siempre en corte y nunca sobre rellenos.
- b. Acomodar las gradas a la pendiente del terreno, evitando las gradas de gran altura.
- c. La altura del muro lateral debe ser superior a la mitad de la altura de la grada:
 $D \geq 1/2H$.

- d. Debe ser autolimpiante. (Que no permita sedimentación).
- e. Debe incluirse una estructura de disipación en el pie de la torrentera.

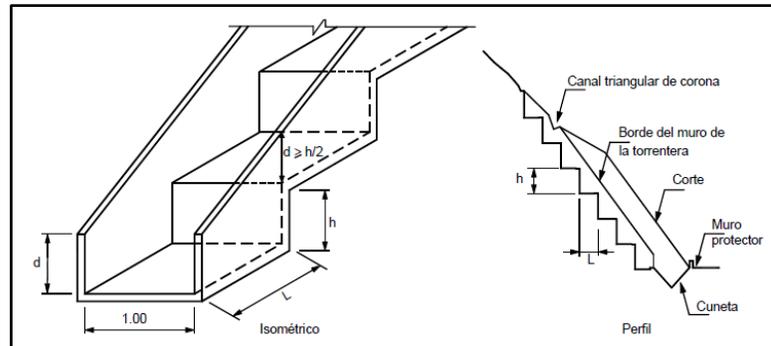


Figura 3.1 Torrentera en gradería (Aristizabal et al,2013).

3.2.16.3 Diseño de estructuras de control de escorrentía

Es muy importante determinar lo más exactamente posible, la intensidad máxima esperada de la lluvia y los caudales generados. La mayoría de los diseños de obras de drenaje superficial para taludes, que se realizan con procedimientos totalmente empíricos, dan como resultado obras insuficientes con secciones que no son capaces de manejar los caudales de agua que se concentran en las coronas de los taludes. La razón principal de esta falla es que las intensidades de las lluvias, que en la zona tropical con frecuencia son superiores a 50 mm/ hora, no son tenidas en cuenta.

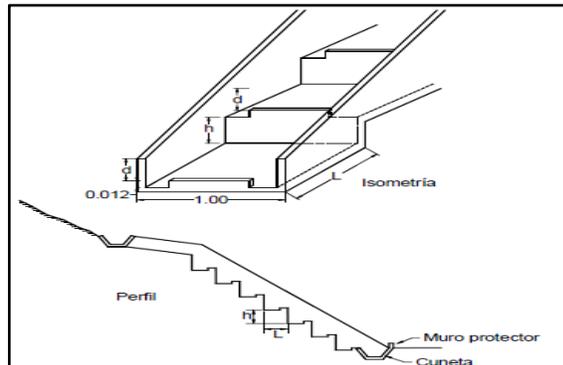


Figura 3.2 Torretera en gradería con bloques en el fondo (Aristizábal et al, 2013).

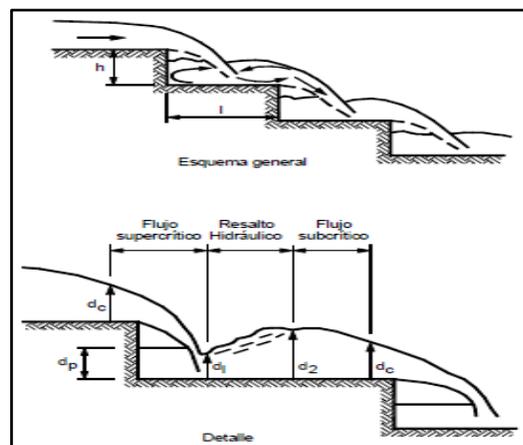


Figura 3.3 Régimen de flujo saltante sobre un canal en gradería (Mejía, 1999).

3.2.16.4 Dimensionamiento de las obras de drenaje

❖ **Criterio de velocidad mínima:** la velocidad de flujo debe ser lo suficientemente grande, para que no se produzca taponamiento del canal. El gradiente mínimo de los canales está determinado por la mínima velocidad de flujo necesaria para evitar la sedimentación.

La velocidad no debe ser menor de 1.3 m/s para el flujo pico, con una frecuencia de uno en dos años. Generalmente, la pendiente mínima utilizada es del 2% para impedir la sedimentación.

Sin embargo, si existe la posibilidad de transporte de gravas o bloques, se requieren pendientes superiores.

Debe tenerse cuidado de que la velocidad no sea superior a 4 m/s para evitar desgaste del recubrimiento de concreto y problemas de erosión (Aristizábal et al,2013).

❖ **Secciones:** el dimensionamiento de la sección del canal puede hacerse con la ecuación de Manning, asumiendo una velocidad máxima permisible de 4 m/s y una rugosidad η de 0.013 para el concreto liso o mayor de acuerdo con las características del canal. Para calcular la velocidad del flujo, se puede emplear la siguiente expresión:

$$V = (1/n) \cdot (R_h^{0.67} \cdot S^{1/2}) \quad (3.6)$$

Donde:

V = Velocidad en m/s

η = Factor de rugosidad

R = Profundidad hidráulica media

Área/Perímetro en metros

S = Pendiente promedio del canal. (Aristizábal et al,2013)

Tabla 3.1 Coeficientes de escorrentía para su uso en taludes
(Japan Road Association, 1984).

Superficie	Características	Coefficiente C
Superficie de carretera	Pavimentada	0.7 a 0.95
	Destapada	0.3 a 0.7
Talud	Suelo fino	0.4 a 0.65
	Suelo grueso	0.1 a 0.3
	Roca dura	0.7 a 0.85
	Roca blanda	0.5 a 0.75
	Pendiente 0 a 2%	0.05 a 0.1
Pastizales en suelos arenosos	2 a 7%	0.1 a 0.15
	Más de 7%	0.15 a 0.25
	Pendiente 0 a 2%	0.13 a 0.17
Pastizales en suelos arcillosos	2 a 7%	0.18 a 0.22
	Más de 7%	0.25 a 0.35
	Escarpes de fuerte pendiente de roca	0.75 a 0.95
Arenas intermedias		0.20 a 0.40
Parques con árboles y pastos		0.10 a 0.25
Montañas de pendientes suaves		0.30
Montañas de pendientes fuertes		0.50

3.2.16.5 Canal con pantallas deflectoras

Son canales de disipación de energía que atienden caudales en laderas o cauces que estén dentro de un rango entre 10 y 50% de pendiente. Estas estructuras permiten cambios de dirección y de pendiente dentro de los rangos establecidos. El dimensionado de la estructura parte de la determinación del caudal a atender. Con este se calcula el ancho de la estructura con el apoyo de las siguientes fórmulas, desarrolladas en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

$$b = 0.905 \cdot Q_D^{2/5} \quad (3.7)$$

$$V_{\text{prom}} = 4.376 \cdot Q_D^{1/5} \quad (3.8)$$

En donde:

b: Ancho del canal,

Q_D : Caudal de diseño

V_{prom} : Velocidad del flujo en el canal (Aristizábal et al,2013).

3.2.16.6 Canal de rápidas con tapa

Son canales que disipan la energía del agua en laderas y cauces con pendientes mayores a 50%. Estas estructuras permiten cambios de dirección y de pendiente dentro de los rangos establecidos. El dimensionado de la estructura se logra a partir de la determinación del caudal a atender, y con la fórmula se calcula el ancho del canal. Las fórmulas fueron desarrolladas en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Tabla 3.2 Parámetros hidráulicos del canal rápida.

$$a = 0,1 \times \left[\frac{Q_p}{4,79 \times 10^{-3}} \right]^{0,4}$$

$$v_{rap} = 3,01 \times \left[\frac{Q_p}{4,79 \times 10^{-3}} \right]^{0,2}$$

$$v_{prom} = 1,60 \times \left[\frac{Q_p}{4,79 \times 10^{-3}} \right]^{0,2}$$

Donde:

a: es función de Q_p

a: ancho del canal (m)

Q_p : Caudal a atender (m^3/s)

V_{prom} : Velocidad promedio en función de Q_p (Aristizábal et al,2013).

3.3 Bases legales

3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Esta representa la mayor de las leyes aplicadas dentro de la propuesta de mejoramiento en los sistemas de drenaje urbano.

Artículo 127 (Capítulo IX De los Derechos Ambientales): es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bióticos regulará la materia.

El artículo anterior tiene importancia dentro de este proyecto debido a que en él se dice que es un deber del Estado velar por la seguridad de los ciudadanos manteniendo un ambiente seguro y equilibrado. Esto incluirá la seguridad que tendrían los habitantes de Zuata a través de una propuesta que de ser ejecutada por las autoridades competentes se evitaría los daños que ocasionan las inundaciones en torno a la salud y al medio ambiente.

Decreto Extraordinario 5.138

Artículo 3.23 Velocidad mínima: la velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas servidas será de 0,6 m/s. La velocidad mínima a

sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas pluviales y únicos, será de 0,75 m/s.

Artículo 3.24 Velocidad máxima: la velocidad máxima a sección llena en colectores de alcantarillado, dependerá del material a emplear en los mismos.

Los artículos 3.23 y 3.24 indican que se tomara en cuenta la resistencia de la velocidad del material de acuerdo a la velocidad máxima y evitar la velocidad mínima para evitar la sedimentación de partículas según sea el caso (aguas servidas y pluviales).

Las velocidades máximas admisibles, según el material de los colectores serán las siguientes:

Tabla 3.3 Velocidad máxima del material.

Concreto	Velocidad limite en (m/s)
RCC ₂₈ = 210 kg/cm ²	5,00
RCC ₂₈ = 280 kg/cm ²	6,00
RCC ₂₈ = 350 kg/cm ²	7,50
RCC ₂₈ = 420 kg/cm ²	9,50
Arcilla vitrificada	6,00
Asbesto-cemento	4,50
PVC	4,50

Tabla 3.4 Coeficiente de rugosidad del material (canales).

Material	"n"
Revestimiento de asfalto	0,015
Revestimiento de concreto	0,015
Excavados en tierra	0,022-0,030
Lechos pedregosos y taludes con gramas	0,035

Artículo 3.28 pendientes mínimas: la pendiente mínima de los colectores de un sistema de alcantarillado, estará determinado por las velocidades mínimas admisibles a sección llena.

Artículo 3.29 Pendientes máximas: las pendientes máximas de los colectores de un sistema de alcantarillado, serán los correspondiente a las velocidades máximas admisibles a sección llena, según el material empleado en los mismos.

Los artículos 3.28 y 3.29 en el Decreto Extraordinario 5.138 son de gran utilidad para la evaluación en un sistema de drenaje. Estos guardan una relación con los artículos 3.23 y 3.24, puesto que dependiendo de las pendientes, se originan ciertas velocidades, las cuales tienen un rango según lo descrito. Se debe tomar en consideración el grado de inclinación de las pendientes para no salirse dentro de los límites de velocidades admisibles.

Artículo 14 Cálculo del gasto: En el cálculo citado se debe utilizar los períodos de retorno de lluvias siguientes:

- a) Para zonas residenciales, de 2 a 15 años.
- b) Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, de pendiendo de su justificación económica.
- c) Para obras de canalización de cursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.

El artículo 14 revela los criterios establecidos al momento de seleccionar los períodos de retornos que estarán presentes en las curvas (I:D:F) para estimar el caudal generado por las aguas pluviales de la región.

Hidráulica de alcantarillado

El gasto con el cual se debe calcular cualquier tramo de un sistema de alcantarillado, será el correspondiente al extremo inferior del mismo.

El régimen se considerará como permanente y uniforme, salvo en casos muy especiales debidamente justificados. Todos los colectores de sección cerrada, cualquiera sea su forma, se calcularán a capacidad plena, pero sin presión. En casos especiales podrán trabajar a presión, previa justificación hidráulica, así como el uso del material adecuado.

En este caso el gasto se calculará por medio de la ecuación de Manning para los cajones presentes en el canal del aeropuerto sin dejar borde libre.

3.3.2 Ley Orgánica del Ambiente (2006)

Conservación del suelo y del subsuelo

Artículo 62

La gestión para la conservación del suelo y del subsuelo debe realizarse atendiendo a los lineamientos siguientes:

1. La clasificación de los suelos en función de sus capacidades agroecológicas.
2. El uso y aprovechamiento del suelo y del subsuelo debe realizarse en función a su vocación natural, la disponibilidad y acceso a las tecnologías ambientalmente seguras, a fin de evitar su degradación.

3. La adopción de medidas tendientes a evitar y corregir las acciones que generen erosión, salinización, desertificación o modificación de las características topográficas y otras formas de degradación del suelo y del paisaje.

4. La restauración y recuperación del suelo y del subsuelo que haya sido afectado por la ejecución de actividades.

Registro de información ambiental

Artículo 66

La Autoridad Nacional Ambiental establecerá y mantendrá un Registro de Información Ambiental, el cual deberá contener los datos biofísicos, económicos y sociales, así como la información legal, relacionados con el ambiente. Los datos del registro son de libre consulta y se deberán difundir periódicamente por medios eficaces cuando fueren de interés general.

Alcance del Registro de Información Ambiental

Artículo 67

El registro al que se refiere el artículo anterior deberá contener al menos los siguientes aspectos:

- a. Los inventarios de sistemas ambientales.
- b. Los inventarios de recursos hídricos.
- c. Los inventarios del recurso suelo.
- d. Los inventarios de diversidad biológica y sus componentes.
- e. Los inventarios forestales.

- f. Los inventarios de cuencas hidrográficas.
- g. El inventario de fuentes de emisión y contaminación de suelos, aire y agua.
- h. La información sobre áreas bajo régimen de administración especial.
- i. La información hidrometeorológica e hidrogeológica.
- j. La información jurídica de leyes, decretos y resoluciones vigentes en materia ambiental.
- k. Información cartográfica.
- l. La información sobre el hábitat y tierras de los pueblos y comunidades indígenas debidamente demarcadas.
- m. Cualesquiera otras, de interés para la gestión del ambiente y el desarrollo sustentable.

3.3.3 Ley de Aguas (2007)

Formas de control y manejo

Artículo 12

El control y manejo de las aguas se realizará mediante:

1. La clasificación de los cuerpos de agua o sectores de estos, atendiendo a su calidad, usos actuales, y potenciales.
2. El establecimiento de rangos y límites máximos de elementos contaminantes en los afluentes líquidos generados por fuentes puntuales.
3. Establecimiento de condiciones y medidas para controlar el uso de agroquímicos y otras fuentes de contaminación no puntuales.

4. La elaboración y ejecución de programas maestros de control y manejo de los cuerpos de agua, donde se determinen las relaciones causas - efectos entre fuentes contaminantes y problemas de la calidad de aguas...

La clasificación de los cuerpos de aguas y la aprobación de los programas maestros de control y manejo de los mismos, los cuales se podrán realizar conjunta o separadamente con los planes de gestión integral de las aguas en el ámbito de las cuencas hidrográficas.

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Abrupto

Dicho de un terreno escarpado, quebrado o de difícil acceso. (Real Academia Española, 2012).

3.4.2 Canales de drenajes

Es una cuneta que se encuentra ubicada en la orilla de la carretera para recoger y conducir el agua superficial para drenaje alejándola del lecho de la vía. (Carciente J, 1985).

3.4.3 Climatología

Tratado del clima, conjunto de las condiciones propias de un determinado clima. (Real Academia Española, 2012).

3.4.4 Coeficiente de escorrentía (C)

Se denomina coeficiente de escorrentía al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso (lluvia neta), y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total).

Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial. (Gustavo A, 2003).

3.4.5 Coeficiente de Manning (n)

Es un valor adimensional utilizado en la ecuación de Manning en los cálculos de capacidades de colectores, tuberías o canales que funcionan a gravedad cuya cuantía depende del material. (Gustavo A, 2003).

3.4.6 Cota

Altura de un punto sobre el nivel de otro plano de referencia. (Real Academia Española, 2012).

3.4.7 Cuenca

Es un concepto geográfico e hidrológico que se define como el área de las superficie terrestre por donde el agua de lluvia escurre y transita o drena a través de una red de corrientes que fluyen hacia una corriente principal y por ésta hacia un punto común de salida que puede ser un almacenamiento de agua interior, como un lago, una laguna o el embalse de una presa, en cuyo caso se llama cuenca endorreica.

Cuando sus descargas llegan hasta el mar se les denominan cuencas exorreicas. Normalmente la corriente principal es la que define el nombre de la cuenca. (Zinck A, 1977).

3.4.8 Cuenca hidrográfica

El territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. (Zinck A, 1977).

3.4.9 Escorrentía

Ocurre cada vez que la corriente de agua llega a un cauce superficial producto de haberse discurrido de los charcos y depresiones. (Carciente J, 1985).

3.4.10 Pendiente

Proporción entre la distancia de cotas entre dos puntos y su longitud. (López, 1998).

°3.4.11 Perfil longitudinal

Es la representación gráfica de la intersección del terreno con un plano vertical que contiene al eje longitudinal de nivelación, con esto se obtiene la forma altimétrica del terreno a la largo de la mencionada línea. (Bolinaga J, 1979).

3.4.12 Perfil transversal

Es la representación gráfica de la intersección del terreno con un plano vertical perpendicular al eje longitudinal, este se realiza en cada uno de los puntos que definen al perfil longitudinal, es decir, se realiza en todos los puntos de cambio. (Bolinaga J, 1979).

3.4.13 Zanjas

Son canales abiertos que tienen como objeto recoger el agua que proviene de las plataformas de la vía. (Carciente J, 1985).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

4.1.1 Investigación a proyecto factible

La investigación según su propósito será proyecto factible o investigación proyectiva, El Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2003), plantea: consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades (p. 16).

Esta investigación se considera proyecto factible porque se trata de una propuesta de acción para conducción final de las aguas pluviales que saldrán fuera del futuro conjunto residencial “Rómulo Gallegos” (Z-1), lo cual representa una necesidad para los que habitarán en las adyacencias de dicho urbanismo.

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 Investigación de campo

Según Tamayo y Tamayo M. (1999) dice: “Cuando los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual los denominamos primarios; su valor radica

en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas. Conviene anotar que no toda información puede alcanzarse por esta vía, ya sea por limitaciones especiales o de tiempo, problemas de escasez o de orden ético”. (p. 72).

Se afirma que esta investigación será de campo por cuanto se realizarán observaciones de las zonas donde se drenarán las aguas fuera del urbanismo, así como también la verificación de los suelos en los taludes donde se trazarán las obras de drenaje.

4.2.2 Investigación documental

De acuerdo con el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales (2003): “Se entiende por Investigación Documental, el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos”. (p. 20).

Debido a la necesidad de consultar material obtenido mediante la observación directa y la ejecución de estudios in situ, como planos topográficos y detalles estructurales del área de estudio; la investigación se considera de campo, y documental, ya que los datos climatológicos fueron extraídos de bases de datos tabulados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y fue necesaria la recopilación de estudios y términos de fuentes bibliográficas.

4.3 Población de la investigación

Según Tamayo y Tamayo, (1997): “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”. (p. 114).

En el presente caso se considerará como población de la investigación toda la superficie de la zona que se desea urbanizar susceptible de captar aguas pluviales.

4.4 Muestra de la investigación

Según Tamayo, T. Y Tamayo, M (1997), afirma que la muestra: “es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico”. (p. 38).

La muestra de la investigación será considerada de igual tamaño que la población por considerarse esta de dimensiones finitas y mensurables.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.5.1 Técnicas de recolección de datos

Según Arias, F. (1999) “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido, etc.” (p. 25)

4.5.1.1 Observación directa

Se enfocará en el contacto visual con los fenómenos que ocurren en el lugar de estudio.

Sabino, C. (1994) afirma que: “La observación Directa trata de conocer hechos y situaciones que de algún modo tienen un cierto carácter público o que por lo menos no pertenecen estrictamente a las esferas de la conducta privada de los individuos”. (p. 148).

4.5.1.2 Revisión documental

La recopilación documental o consulta de archivos sustenta la obtención de información a través de textos bibliográficos, documentos corporativos, informes técnicos, fuentes audiovisuales, informes, manuales, fuentes estadísticas, bases de datos computarizados e información electrónica; ya que son fuentes de información confiable y viable para el logro de los objetivos trazados durante el desarrollo de la investigación.

Según, Arias, F. (2006) expresa que la investigación documental: “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. (p. 25).

4.5.1.3 Consultas académicas

Para la elaboración de la investigación realizarán consultas a los tutores académicos con el objetivo de aclarar dudas referentes al proyecto y orientar los pasos a seguir para abordar el problema de estudio.

4.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Según Arias. F. (1999) “Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guías de entrevista, lista de cotejo, grabadores, escalas de actitudes u opinión (tipo liker), etc.” (p.25).

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizarán para la investigación serán:

1. Estación total
2. Computadora portátil
3. Cámara fotográfica digital GPS
4. Internet e imágenes satelitales de la zona.
5. Cuaderno de notas

Por otra parte, según Finol y Camacho (2006): “un cuaderno de notas es un documento similar al diario. En él se registran las informaciones de los hechos, eventos

o acontecimientos en el propio terreno; ayudará a analizar la situación al momento de recoger el material”. (p 77).

4.6 Flujograma de la metodología del trabajo

La propuesta de un sistema de drenaje superficial para la recolección de las aguas que son drenadas hacia el exterior del conjunto residencial “Rómulo Gallegos”, Zuata, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela se llevó a cabo, siguiendo la metodología que mejor se ajusta al logro de los objetivos propuestos; cumpliendo a su vez, con la secuencia de trabajo definida por la figura 4.1, donde se reflejan las diversas etapas involucradas en el desarrollo de la investigación.

4.6.1 Recopilación bibliográfica y material técnico

En esta etapa de la investigación se recopiló todo el material bibliográfico relacionado con el tema de estudio y el material técnico como los planos del desarrollo urbanístico, los estudios hidrológicos y topográficos fundamentales para el logro de los objetivos.

4.6.2 Caracterización climatológica

Este punto de la investigación estuvo basado en describir las condiciones del área de estudio en función de las variables hidrometeorológicas que representaran mayor interés, como la precipitación, evaporación y temperatura. Fue esencial destacar las variables en estudio a través de tablas donde se pueden reflejar sus valores correspondientes de manera mensual, permitiendo observar la variación de las mismas.

4.6.3 Definición de área de captación y perímetro

Habiendo delimitado los límites de la cuenca, se procedió a determinar el área total de la cuenca siendo definida por toda la zona que deberá ser drenada, posteriormente conociendo el área fue sencillo la determinación del perímetro, valores fundamentales para la consecución del objetivo.

4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas

4.6.4.1 Categorización y determinación de áreas

En esta fase se clasificaron las parcelas y se les dió una nomenclatura para facilitar el proceso de identificación.

Posteriormente se determinó el área correspondiente a cada parcela, describiendo el tipo de estructura como urbanismo, áreas verdes o pavimento, aunado a eso se determinó el área correspondiente a la estructura vial.

4.6.4.2 Estimación del tiempo de concentración e intensidad

La estimación del tiempo de concentración (T_c) requirió de información extraída del plano topográfico y fue determinado a través de la ecuación:

Según el California Culvert Practices:

$$T_c = 0.0195 (H^3/L)^{0.385} \quad (4.1)$$

Seguidamente se procede a determinar la intensidad de lluvia correspondiente a cada tiempo de concentración para cada tramo vial, según los valores de intensidad de lluvia para la estación Zuata (período 1971 – 2007) presentados en la tabla 4.1:

Tabla 4.1

Intensidad de lluvia (I) en l/s/ha					
Duración (min)	Período de retorno(Tr) en años				
	5	10	25	50	100
15	417	444,8	528,2	583,8	653,3
30	275,22	347,5	408,66	444,8	486,5
60	166,8	216,84	250,2	300,24	330,82
180	69,5	83,4	100,08	116,76	130,66
360	38,92	44,48	55,6	63,94	69,5
540	25,02	33,36	38,92	41,7	47,26
720	19,46	22,24	27,8	30,58	33,36
1440	11,12	13,9	16,124	16,68	19,46

4.6.4.3 Determinación de coeficientes de escorrentía

En este punto del proyecto se determinaron los valores de coeficiente de escorrentía correspondientes a cada parcela o área de interés, fueron determinados de manera ponderada para obtener mayor exactitud en los cálculos y se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{C}_e = \frac{A_1 * C_{eA1} + A_2 * C_{eA2} \dots A_n * C_{eAn}}{\sum_{i=0}^n A} \quad (4.5)$$

Los valores parámetros de coeficiente de escorrentía se extrajeron de la tabla 3.1 y estableciéndolos de la siguiente manera:

Jardines y zonas verdes 0,30

Residencias multifamiliar separadas (Urbanismo) 0,60

Pavimento asfalto 0,825

4.6.4.4 Determinación de caudales

En esta etapa se determinaron los caudales producidos dentro del urbanismo, mediante la ecuación del método racional (3.2), en función del área aportada en la zona respectiva y los valores correspondientes de coeficiente de escorrentía ponderado e intensidad.

4.6.4.5 Definición de puntos de descarga y estructuras necesarias

Los puntos de descarga fueron considerados en el momento del trazado en planta, pero en esta etapa se describieron a profundidad, selección la opción más favorable de acuerdo a desnivel y cercanía de cauces naturales de agua.

En función del desnivel, longitud hasta el punto de descarga, se evaluaron las necesidades de emplear estructuras de disipación de energía, implementando canales de bases elevadas para desniveles bajos y torrenteras para desniveles superiores y que presentaran velocidades elevadas que pudieran socavar el cauce de agua.

4.6.7 Análisis e interpretación de resultados

Posterior a la ejecución de todos los cálculos necesarios para el logro de los objetivos, se realizaron los análisis correspondientes de manera individual, donde se destacaron los aspectos más importantes y haciendo énfasis en que los procedimientos aplicados arrojaron valores positivos que respaldan lo planteado en el proyecto.

4.6.8 Propuesta

Habiendo definido y proyectado un sistema de drenajes superficiales con validez respaldada por los cálculos, se procedió a la presentación de la propuesta donde se describió su capacidad, estructura; destacando las características geométricas e hidráulicas de la torrentera y demás canales para la disposición final de las aguas de lluvia.

4.6.9 Conclusiones y recomendaciones

En base a los resultados obtenidos y a los análisis realizados se procedió con la elaboración de las conclusiones y recomendaciones en función de los objetivos planteados en la investigación.

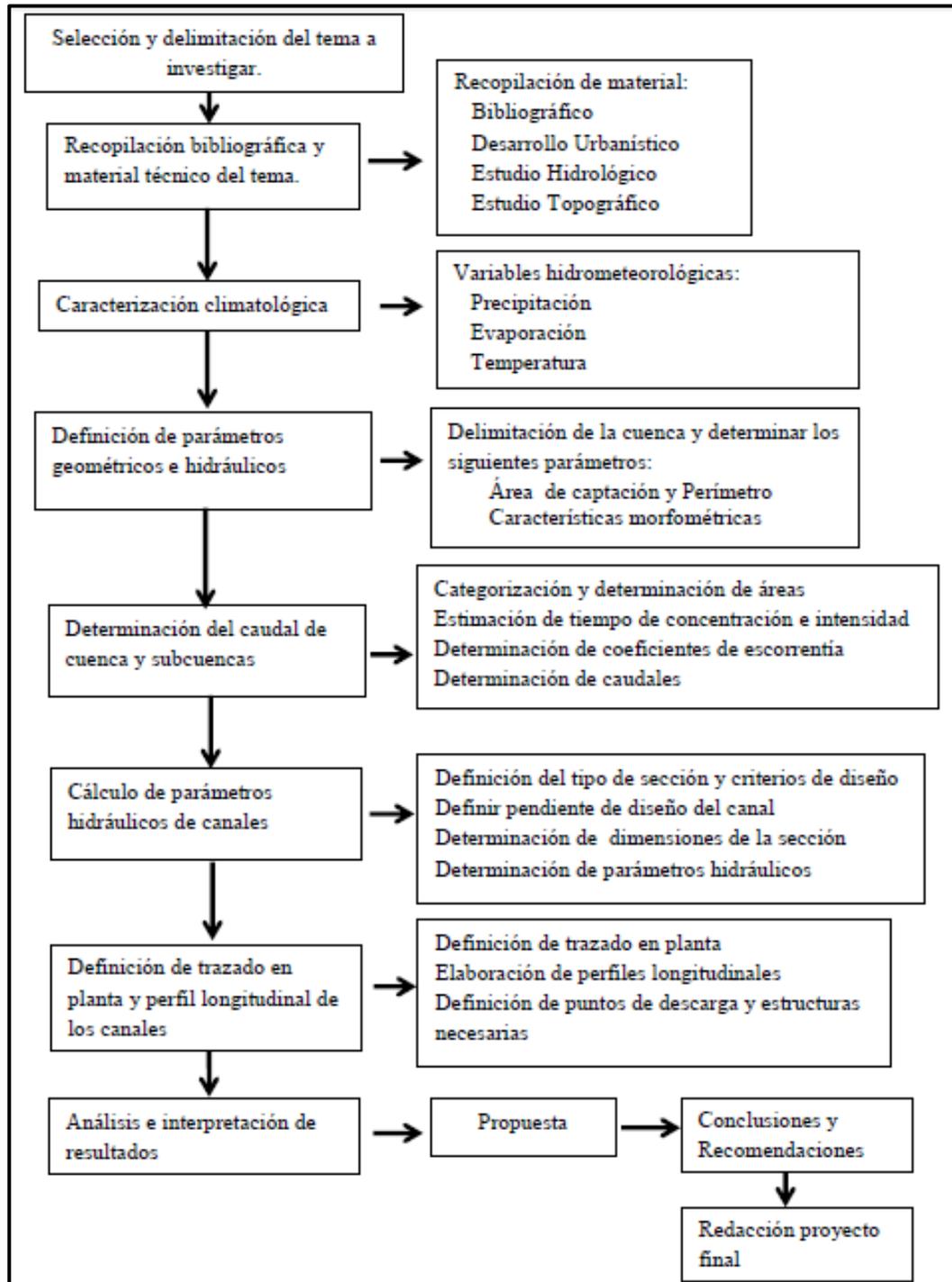


Figura 4.1 Flujo de metodología de trabajo (Bolívar y García, 2023).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

1.1 Caracterización climatológica del área de estudio

Para establecer las características del clima se efectuó un análisis cuantitativo, con base en los datos de los promedios mensuales y anuales de los parámetros registrados por las estaciones meteorológicas San Diego de Cabrutica, Zuata y Uverito; sin embargo, es importante señalar que dichas estaciones son del tipo PR, por lo que registran únicamente datos de Precipitación.

En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones de la zona y la tomada como referencia.

Tabla 5.1 Características de las estaciones utilizadas (INAMEH, 2014).

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Organismo
San Diego de Cabrutica	PR	3762	08°25'15''	64°53'10''	140	INAMEH
Zuata	P.D.	2622	08°21'40''	65° 11'35''	58	INAMEH
Uverito	PR	3752	08°07'48''	64° 43'36''	120	INAMEH
Musinacio (*)	C1	4712	07°42'10''	64°46'30''	52	INAMEH

5.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 990 mm, el cual fue estimado a partir de los promedios anuales de las estaciones

localizadas alrededor del área de estudio. En la tabla 5.2, se muestran los promedios mensuales y el total anual de precipitación de las estaciones San Diego de Cabrutica, Zuata, Uverito y Musinacio, para el período 1971-2007; con base en ellos se elaboraron las figuras 5.1 a 5.4.

Tabla 5.2 Precipitación media mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
San Diego de Cabrutica	6,0	8,5	10,8	29,6	92,6	163,7	187,7	170,0	142,1	95,5	60,4	22,4	989
Zuata	6,4	7,4	8,6	27,7	78,7	160,9	196,2	192,4	137,4	107,8	51,8	21,0	996
Uverito	9,4	10,1	10,4	45,9	94,2	168,3	171,8	196,1	136,5	96,0	62,6	29,1	1030
Musinacio	9,7	10	15,8	70,5	158,4	285,3	292,7	243,3	204,2	115,2	77,2	31,7	1514

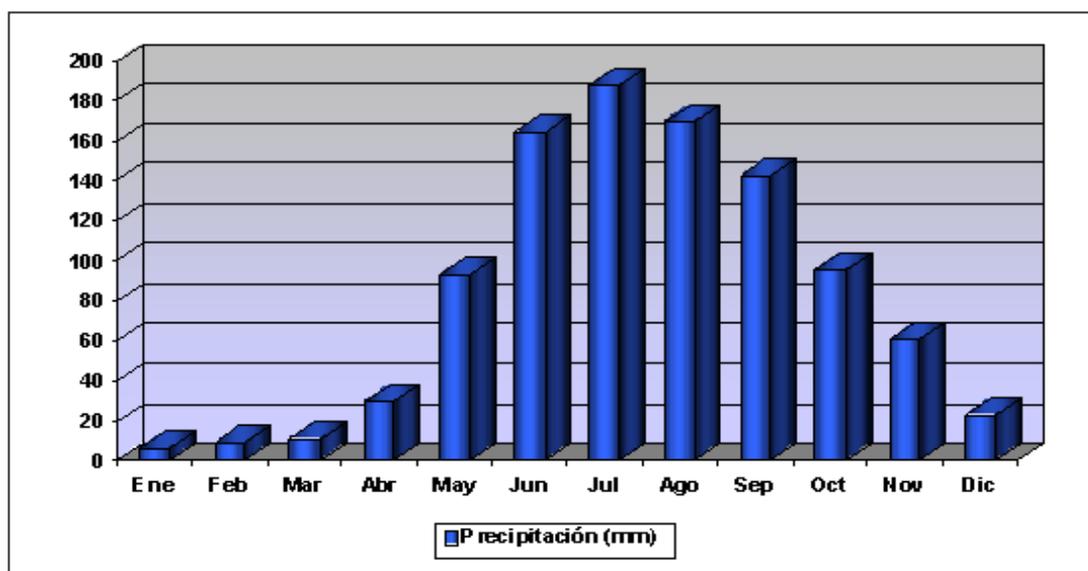


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación San Diego de Cabrutica (INAMEH, 2014).

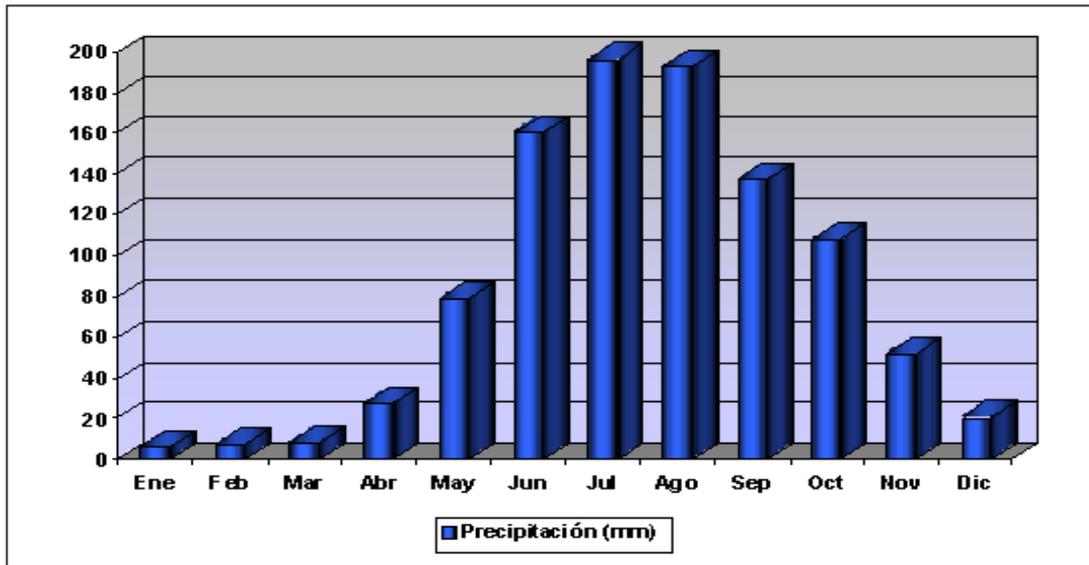


Figura 5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Zuata (INAMEH, 2014).

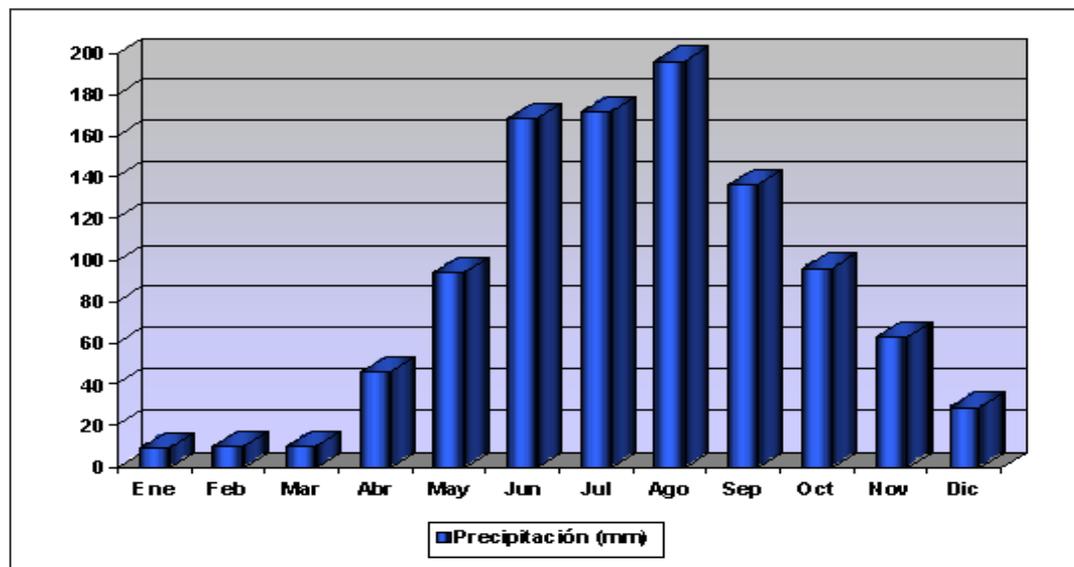


Figura 5.3 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Uverito (INAMEH, 2014).

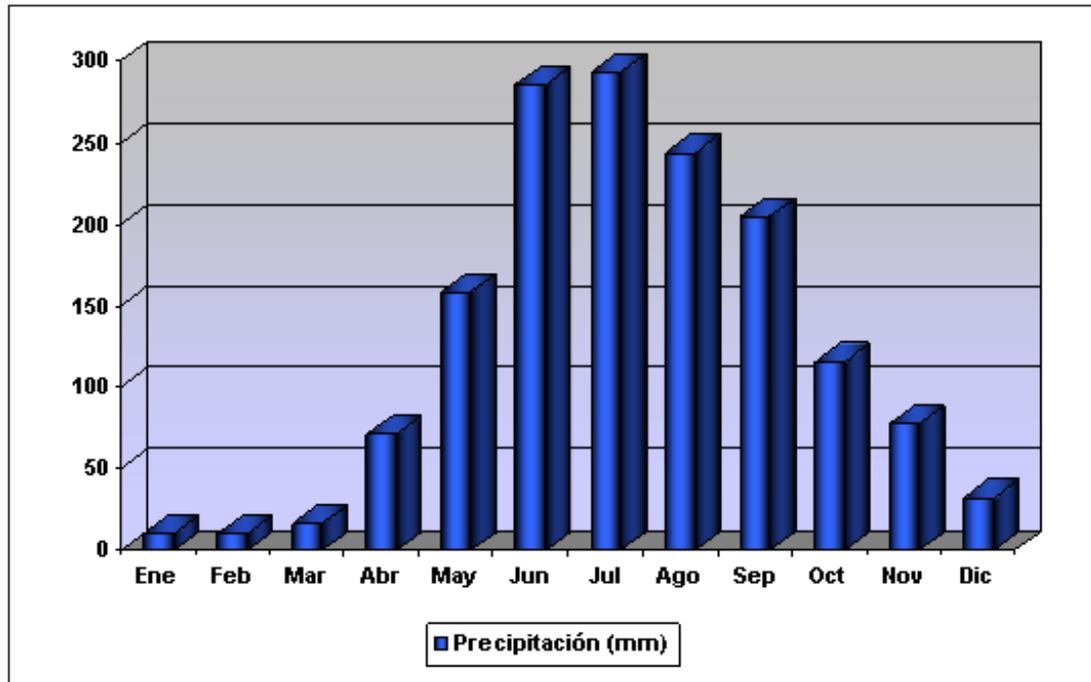


Figura 5.4 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2014).

El régimen pluviométrico es de tipo unimodal, es decir, se registra un tope de lluvia durante el año. Este ocurre en los meses del verano astronómico (junio, julio y agosto), lo cual corresponde con la época de mayor actividad de la convergencia intertropical, responsable directa de la distribución temporal de las lluvias en el territorio venezolano. En estos tres meses se recoge casi el 50% del volumen total de precipitación anual. El valor más bajo de precipitación se registra en los tres primeros meses del año (enero, febrero y marzo)

5.1.2 Evaporación

En estos meses (marzo y octubre) ocurren altas temperaturas, mayor cantidad de horas de brillo solar, baja humedad relativa, así como un aumento de la velocidad del viento. Por otra parte, la evaporación registra sus valores más bajos durante los meses de junio y diciembre, es decir en las épocas de mayor pluviosidad y menor temperatura

respectivamente. En la tabla 5.3, se indican los promedios mensuales, así como el valor total medio anual de la estación Musinacio y la figura 5.5 muestra el comportamiento anual de dicha variable.

La evaporación promedio anual en la zona es elevada, según la estación Musinacio, la cual registra un valor alrededor de los 2600 mm por año. Esta variable climática no tiene una variación anual de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos épocas donde ocurren los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de equinoccio de primavera y otoño.

Tabla 5.3 Evaporación media, mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).

Estación	En e	Fe b	Ma r	Ab r	Ma y	Ju n	Jul	Ag o	Se p	Oc t	No v	Dic	Anua l
Musinacio	238	254	309	282	237	177	186	187	194	205	196	206	2.671

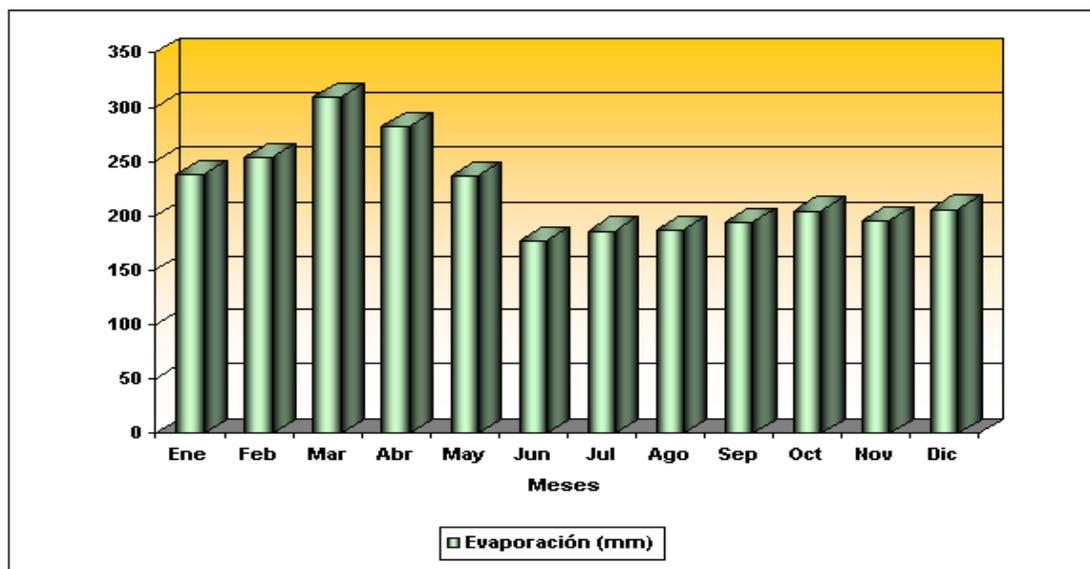


Figura 5.4 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2014)..

5.1.3 Temperatura

En la zona, no existen estaciones que midan la Temperatura del aire; sin embargo, la estación más cercana (Musinacio) registra 28,3 °C en promedio mensual.

Por encontrarse en la zona tropical, se cumple la condición de isoterminia, es decir, la diferencia de los valores de temperatura entre el mes más cálido y el más frío no supera los 5 °C.

En la tabla 5.4, se indican los valores medios de temperatura para la estación Musinacio. Con base en dichos valores se elaboró la figura 5.6 que muestra el comportamiento anual en la estación mencionada.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C) Período 1971-2007 (INAMEH, 2014).

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Musinacio	Máxima	32,9	33,6	34,5	34,7	33,8	31,9	31,7	31,9	32,4	32,9	32,7	32,5	33,0
	Media	28,0	28,7	29,5	29,5	28,8	27,5	27,4	27,4	28,1	28,6	28,5	27,9	28,3
	Mínima	22,4	22,6	23,2	23,9	23,9	22,8	22,7	23,1	23,1	23,4	23,4	22,9	23,1

La distribución anual de la temperatura, al igual que la evaporación es de tipo bimodal. Se observa que las mayores temperaturas ocurren en la primavera astronómica, marzo – abril, con un máximo secundario en septiembre – octubre (otoño astronómico).

Las temperaturas más bajas se registran en el lapso diciembre – febrero (invierno astronómico) y en el mes de junio, coincidiendo con la época de máxima pluviosidad.

Por otra parte, la amplitud térmica anual promedio es de 2,2°C, lo que ratifica la condición de isoterminia del clima del área.

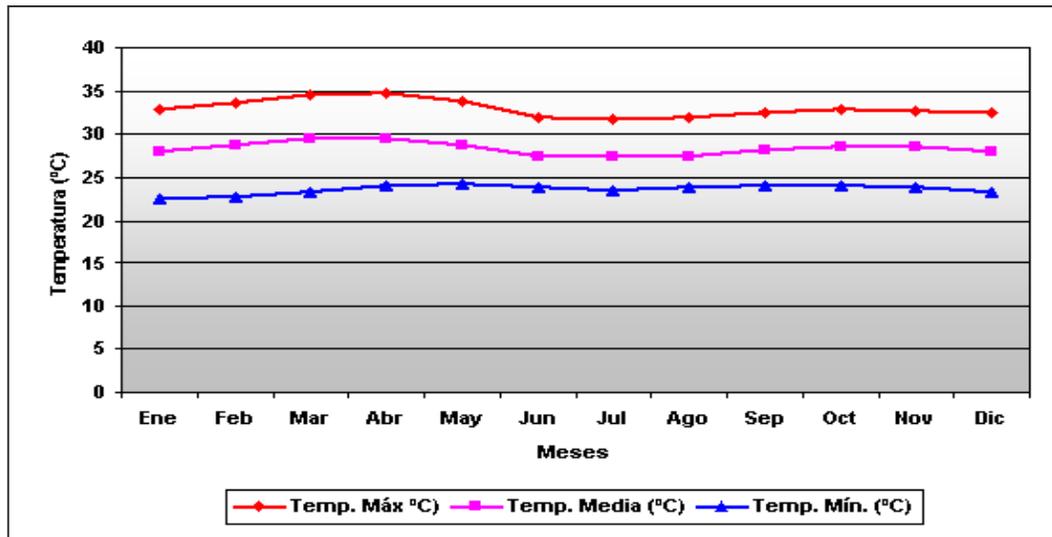


Figura 5.5 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Musinacio (INAMEH, 2014).

5.2 Parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en el área de estudio

5.2.1 Área de captación

El área de captación de la cuenca fue delimitada aproximadamente en 82,62 hectáreas con un perímetro de 4,212 km, las cuales están conformadas por 55,27 Ha de área urbanizada, 14,72 Ha de área pavimentada y 12,63 Ha de vegetación proveniente de zonas externas al urbanismo pero que fueron consideradas dentro del diseño debido a la posible incidencia en el funcionamiento del sistema, dichos límites del área de captación se pueden apreciar en las figuras 5.7 y 5.8.

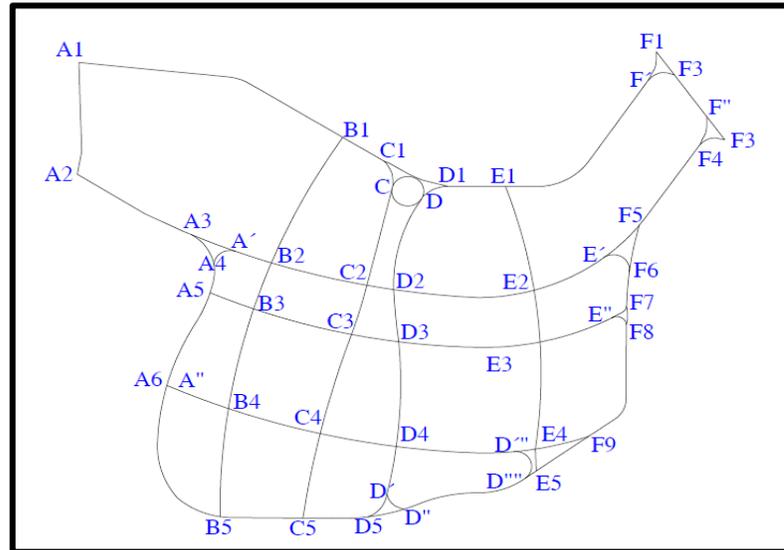


Figura 5.6 Área de captación y nomenclatura de calles (Bolívar y García, 2023).

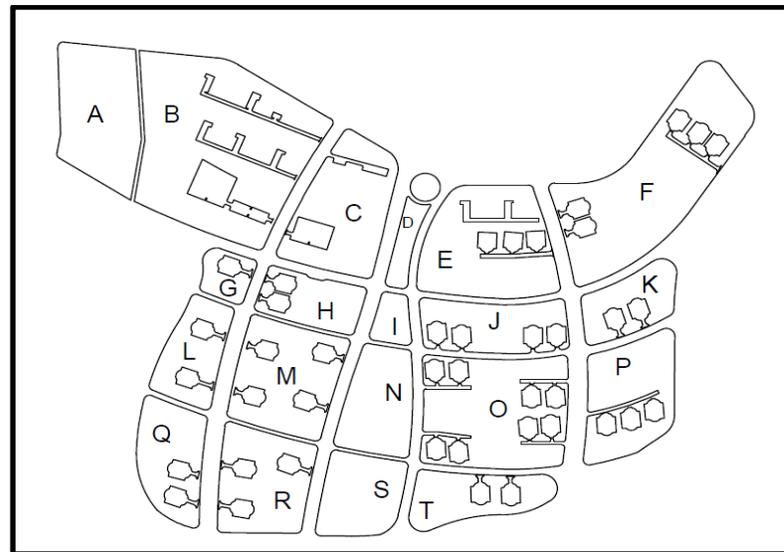


Figura 5.7 Nomenclatura de parcelas (Bolívar y García, 2023).

5.2.2 Determinación de las áreas de las parcelas de acuerdo a su cobertura

Con base a la propuesta urbanística se determinaron las áreas de cada parcela de acuerdo al uso futuro del suelo y a la cobertura proyectada; utilizando el programa AUTOCAD se han determinado las áreas del urbanismo (tabla 5.5).

Tabla 5.5 Área de parcelas (Bolívar y García, 2023).

Parcela	Área Total (Ha)	Urbanismo (Ha)	Pavimento (Ha)
A	3,588,967	3,588,967	0
B	8,963,792	7,871,851	1,091,941
C	3,801,771	3,372,732	0,420939
D	0,598532	0,598532	0
E	4,497,448	3,927,175	0,570273
F	6,755,939	6,092,708	0,663231
G	0,768998	0,64297	0,126028
H	1,690,718	1,446,852	0,243866
I	0,577582	0,577582	0
J	2,427,012	1,980,796	0,446216
K	1,773,737	1,529,871	0,243866
L	1,979,846	172,381	0,256036
M	3,609,025	3,117,198	0,491827
N	2,370,995	2,370,995	0
O	5,324,712	4,208,533	1,116,179
P	3,238,641	2,820,946	0,417695
Q	237,598	2,128,019	0,247961
R	3,056,698	2,678,614	0,378084
S	2,126,276	2,126,276	0
T	2,101,434	1,857,568	0,243866

5.3 Coeficiente de escorrentía ponderado por parcela

Se utilizó a tal fin la fórmula 4.5 expuesta en el capítulo anterior y considerando los coeficientes de escorrentía presentados en la tabla 3.1 se obtuvo el coeficiente de escorrentía ponderado por parcela (tabla 5.6).

Tabla 5.6 Coeficiente de esorrentía ponderado de cada parcela (Bolívar y García, 2023).

Parcela	Área Total (Ha)	Clasificación	Área (Ha)	Coeficiente ponderado
A	3,588967	Urbanismo	3,588967	0,600
		Pavimentos	0	
B	8,963792	Urbanismo	7,871851	0,627
		Pavimentos	1,091941	
C	3,801771	Urbanismo	3,372732	0,624
		Pavimentos	0,420939	
D	0,598532	Urbanismo	0,598532	0,600
E	4,497448	Urbanismo	3,927175	0,629
		Pavimentos	0,570273	
F	6,755939	Urbanismo	6,092708	0,622
		Pavimentos	0,663231	
G	0,768998	Urbanismo	0,64297	0,637
		Pavimentos	0,126028	
H	1,690718	Urbanismo	1,446852	0,632
		Pavimentos	0,243866	
I	0,577582	Urbanismo	0,577582	0,600
J	2,427012	Urbanismo	1,980796	0,641
		Pavimentos	0,446216	
K	1,773737	Urbanismo	1,529871	0,631
		Pavimentos	0,243866	
L	1,979846	Urbanismo	1,72381	0,629
		Pavimentos	0,256036	
M	3,609025	Urbanismo	3,117198	0,631
		Pavimentos	0,491827	
N	2,370995	Urbanismo	2,370995	0,600
O	5,324712	Urbanismo	4,208533	0,647
		Pavimentos	1,116179	
P	3,238641	Urbanismo	2,820946	0,629
		Pavimentos	0,417695	
Q	2,37598	Urbanismo	2,128019	0,623
		Pavimentos	0,247961	
R	3,056698	Urbanismo	2,678614	0,628
		Pavimentos	0,378084	
S	2,126276	Urbanismo	2,126276	0,600
T	2,101434	Urbanismo	1,857568	0,626
		Pavimentos	0,243866	

5.4 Tiempo de concentración para cada tramo

Previamente se deberá determinar la pendiente de cada tramo vial dividiendo la diferencia de elevación de los extremos de la vía entre su longitud, lo cual se presenta en la tabla 5.7:

Tabla 5.7 Pendientes longitudinales de cada tramo vial (Bolívar y García, 2023).

Canales	Longitud (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	Δ (m)	S (‰)
Principal 1	8,187,800	87,170	78,000	9,170	111,996
Principal 2	6,692,300	87,683	77,849	9,834	14,694
Principal 3	6,518,000	87,353	77,583	9,770	14,989
Principal 4	5,946,000	86,100	79,559	6,541	11,001
Perimetral	21,078,700	88,946	81,446	7,500	3,558
A1 - B1	5,265,600	90,991	85,371	5,620	10,673
A1 - A3	4,649,100	93,481	85,360	8,121	17,468
A' - B5	6,509,900	85,273	79,090	6,183	9,498
A1 - B5	11,468,600	91,240	77,080	14,160	12,347
A5 - B3	879,300	83,060	82,557	0,503	5,720
A" -B4	1,126,700	80,500	80,049	0,451	4,003
B1 - C1	923,100	88,000	88,000	0,000	0,000
B1 - C	1,763,600	88,000	87,920	0,080	0,454
B4 - C4	1,794,400	81,500	81,375	0,125	0,697
B5 - C5	1,553,600	79,461	78,086	1,375	8,850
C1 - E1	2,366,400	88,000	87,000	1,000	4,226
C2 - B2	1,848,800	87,500	85,826	1,674	9,055
C3 - B3	1,909,300	85,500	83,724	1,776	9,302
C2 - D2	509,500	87,500	86,660	0,840	16,487
C3 - D3	899,100	85,500	85,000	0,500	5,561
C4 - D4	1,491,500	81,375	81,000	0,375	2,514
C5 - D5	122,4	78,086	78	0,086	0,703
D - E1	1,902,100	87,184	86,184	1,000	5,257
D2 - E2	2,656,900	86,660	84,000	2,660	10,012
D3 - E3	2,661,500	85,000	83,000	2,000	7,515
D4 - E4	2,618,100	81,000	80,750	0,250	0,955
E5 - D5	331,220	80,568	78,000	2,568	7,753
E' - E2	147,25	86,66	84	2,660	18,065
E" - E3	144,33	83,75	83	0,750	5,196
F1 - E1	464,91	88	86,5	1,500	3,226
F1 - F3	220,97	88	88	0,000	0,000
F3 - E2	568,68	88	84	4,000	7,034
F3 - E5	842,05	88	80,568	7,432	8,826
F5 - E4	568,68	85,221	80,75	4,471	7,862
F9 - E4	103,46	81,567	80,75	0,817	7,897
F9 -E5	125,86	81,567	80,568	0,999	7,939

La estimación del Tiempo de concentración (T_c) se efectuará utilizando la fórmula del California Culvert Practices (ecuación 4.1) y obteniéndose la intensidad de lluvia según los datos de la tabla 4.1, finalmente, los resultados definitivos de estos parámetros se presentan en la tabla 5.8:

Tabla 5.8 Tiempo de concentración e Intensidad de lluvia (Bolívar y García, 2023).

Canales	Longitud (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	H (m)	Tc (min)	I (Lps/ha)
						25 años
Principal 1	818,78	88,000	79,461	8,539	19,78	490,13
Principal 2	669,23	87,920	78,086	9,834	14,84	528,20
Principal 3	651,80	87,500	78,000	9,500	14,59	528,20
Principal 4	594,60	86,500	80,568	5,932	15,72	522,43
Perimetral	2107,87	94,000	84,404	9,596	56,36	269,43
A1 - B1	526,56	93,621	88,000	5,621	13,95	528,20
A1 - A3	464,92	93,621	85,500	8,121	10,49	528,20
A' - B5	650,99	85,644	79,461	6,183	17,18	510,83
A1 - B5	1146,86	93,621	79,461	14,160	24,02	456,30
A5 - B3	87,93	84,227	83,724	0,503	4,47	528,20
A" -B4	112,67	80,500	81,500	1,000	4,57	528,20
B1 - C1	92,31	88,000	88,000	0,000	SP	
B1 - C	177,66	88,000	87,920	0,080	20,45	484,77
B4 - C4	179,44	81,500	81,375	0,125	17,42	508,93
B5 - C5	155,36	79,461	78,086	1,375	5,86	528,20
C1 - D1	128,73	88,000	87,000	1,000	5,33	528,20
C2 - B2	184,88	87,500	85,826	1,674	6,64	528,20
C3 - B3	190,83	85,500	83,724	1,776	6,73	528,20
C2 - D2	50,95	87,500	86,660	0,840	1,95	528,20
C3 - D3	89,81	85,500	85,000	0,500	4,59	528,20
C4 - D4	145,15	81,375	81,000	0,375	8,93	528,20
C5 - D5	148,96	78,086	78	0,086	16,22	518,45
D1 - E1	109,91	87,000	86,500	0,500	5,80	528,20
D1 - D	80,30	87,000	87,500	0,500	4,04	528,20
D2 - E2	265,69	86,660	84,000	2,660	8,45	528,20
D3 - E3	266,15	85,000	83,000	2,000	9,44	528,20
D4 - E4	261,81	81,000	80,750	0,250	20,63	483,29
E5 - D5	331,22	80,568	78,000	2,568	11,04	528,20
E' - E2	147,25	86,66	84	2,660	4,27	528,20
E" - E3	144,73	83,75	83	0,750	6,82	528,20
F1 - E1	431,54	88	86,5	1,500	18,44	500,81
F1 - F3	221,46	88	88	0,000	SP	
F3 - E2	492,75	88	84	4,000	14,73	528,20
F3 - E5	842,05	88	80,568	7,432	21,55	476,01
F5 - E4	568,68	85,221	80,75	4,471	16,65	515,02
F9 - E4	103,46	81,567	80,75	0,817	4,48	528,20
F9 -E5	125,86	81,567	80,568	0,999	5,19	528,20

5.5 Caudal saliente del urbanismo

La estimación del caudal de la cuenca y subcuencas se realizó mediante el método racional, fue necesario delimitar y caracterizar las parcelas dentro el urbanismo de acuerdo al tipo de estructura y el posible coeficiente de escorrentía que se generara dentro de la misma siendo fundamental obtener el valor ponderado para mayor precisión en los cálculos, aunado a eso fue significativo extraer información de los planos topográficos para definir la dirección en la que escurriría el agua en función de las características presentes en el terreno y para computar el tiempo de concentración de los canales que nos permitirán obtener los valores de intensidad correspondientes a través de las tablas de intensidad – duración y frecuencia suministradas por INAMEH. En el Apéndice

La delimitación de cuencas se realiza tomando en cuenta la totalidad de una determinada área lo cual definirá posteriormente el caudal que aportará la misma; en éste caso la cuenca aporta un gasto total aproximado de 22,525 m³/s distribuido entre cinco (5) posibles descargas detalladas en la tabla 5.9.

Debido a que la estructura y ubicación de las parcelas con respecto a los canales no es la misma, produce canales de diferentes volúmenes de agua, cada uno con características definidas, pero en ciertas condiciones los canales pueden llegar a tener mismos valores de intensidad y coeficientes de escorrentía, inclusive el área drenada puede llegar a ser similar.

En la tabla 5.9 se mencionan los diferentes afluentes que conforman la estructura de la cuenca, las sub cuencas que hemos de tratar son aquellas nombradas como principales exceptuando el caso de la descarga número 5 donde se define como Perimetral, tratándose específicamente de canales superficiales.

Tabla 5.9 Caudales salientes del urbanismo a las descargas (Bolívar y García, 2023).

Canal de Descarga final	Tramo vial	Caudal de Afluentes (Q)	Caudal Total (Q) (m ³ /s)
		(m ³ /s)	
1	Principal No 1	8,386	9,524
	A1 - B5	1,138	
2	Principal No 2	1,934	1,958
	B5 - C5 Derecho	0,0245	
3	Principal No 3	1,516	1,587
	C5 - D5 Derecho	0,019	
	E5 - D5 Izquierdo	0,0522	
4	Principal No 4	8,256	8,436
	F3 - E5	0,1808	
5	Perimetral	1,0202	1,020
		Total (Q m³/s)	22,525

Las aguas pluviales provenientes de la escorrentía generada a través de la vialidad y las diferentes parcelas presentes, cada una con sus características correspondientes al tipo de edificación, tomando en cuenta que los afluentes de los tramos principales se denotarán como tramos secundarios.

La ubicación del tramo vial principal No 1 lo predispone a ser el de mayor volumen y deberá estar en la capacidad de transportar eficientemente 9.5244 m³/s, destacando las 23.92 hectáreas aproximadas que influyen sobre el mismo de manera directa, tomando en cuenta las parcelas y la vialidad, excluyendo el área previamente drenada por parte de sus afluentes (apéndice A.1 y figura 5.9).

De acuerdo a las condiciones presentes dentro del urbanismo, el tramo vial principal No 2 deberá tener la capacidad de transportar de eficientemente $1,9581 \text{ m}^3/\text{s}$, con un área de influencia de 5,27 hectáreas aproximadamente proveniente de las parcelas que drenan de forma directa y la escorrentía producida en vialidad (apéndice A.2 y figura 5.9).

El tramo vial principal No 3 es uno de los que menor volumen de aguas de escorrentía debe manejar, todo esto debido a que apenas deberá transportar $1,5877 \text{ m}^3/\text{s}$ producto de un área de 2,265 hectáreas aproximadamente incluyendo la vialidad y de los tramos viales secundarios que actúan en forma de colectores drenando el área que le corresponda en función de su ubicación (apéndice A.3 y figura 5.9).

La ubicación del tramo vial principal No 4 con respecto a las parcelas, lo predestina a ser el segundo de mayor volumen de aguas de escorrentía, requiriendo transportar de manera eficiente $8,4367 \text{ m}^3/\text{s}$ producto de 14,19 hectáreas aproximadas que drenan directamente, a pesar de que cuenta con el mayor número de tramos viales secundarios drenando sobre el mismo, el volumen de agua que transportan los mismos no es lo suficientemente alto como para convertirlo en el tramo vial de mayor gasto. (apéndice A.4 y figura 5.8).

El Tramo vial perimetral será el encargado de captar el área exterior que por condiciones topográficas pueda tender a drenar hacia las inmediaciones del urbanismo, deberá ser capaz de transportar de manera eficiente $1,0202 \text{ m}^3/\text{s}$, procedente de 12,62 hectáreas aproximadas y a pesar de que el mismo debe captar mayor área que los tramos viales principales No 2 y No 3, se trata de vegetación lo cual tiene un coeficiente de escorrentía bajo generando caudales menores.

En la figura 5.8 se muestran la ubicación y dirección de los flujos en los tramos viales principales y secundarios dentro del urbanismo, así como también los puntos de salida de los flujos fuera del urbanismo o inicio de los drenajes de descarga final.

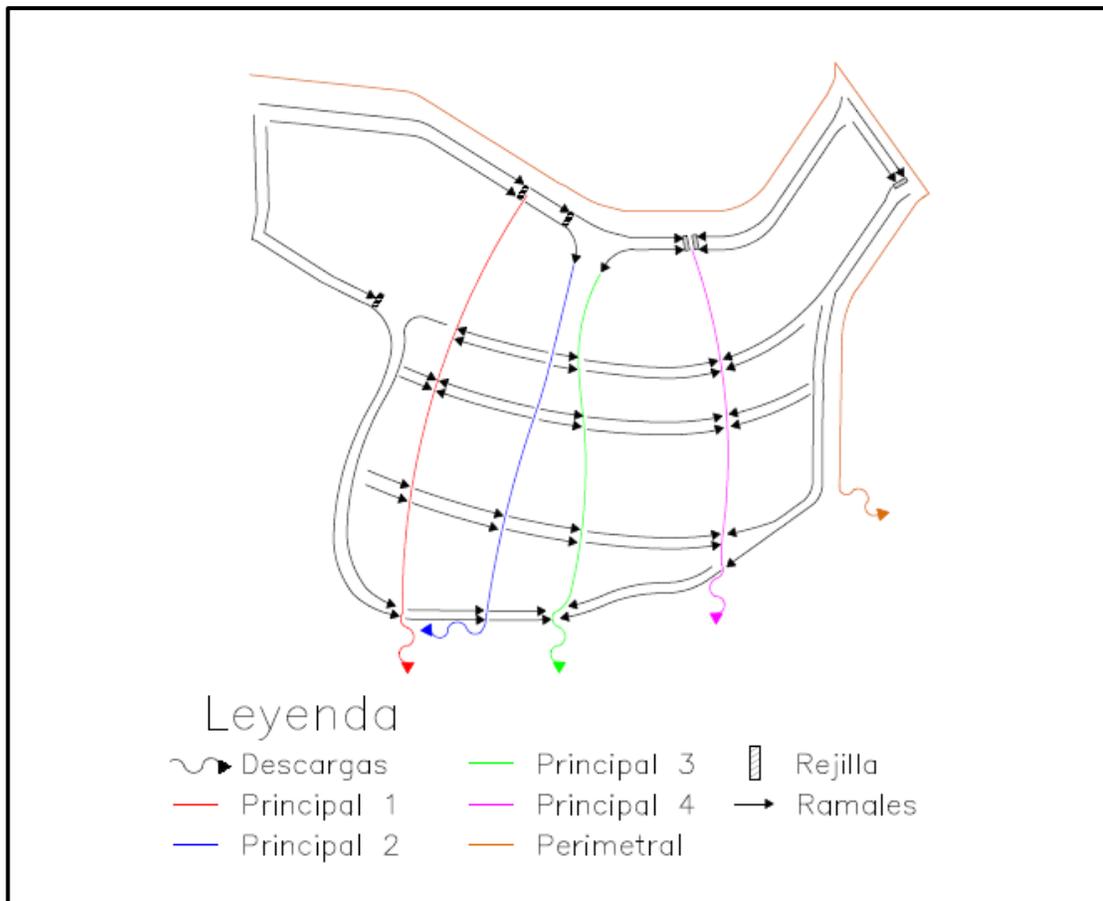


Figura 5.8 Dirección de los flujos internos dentro del urbanismo y los puntos de salida de cada drenaje o descarga final (Bolívar y García, 2023).

5.6 Características de las estructuras de descarga

A continuación, es necesario proyectar las estructuras encargadas de descargar el agua en un entorno adecuado donde no perjudique al urbanismo en estudio.

Es fundamental conocer el desnivel existente hasta el cauce del río propuesto como punto final de las descargas, ya que nos permitirá establecer la estructura necesaria a implementar; dichos desniveles se presentarán en la tabla 5.10

Tabla 5.10 Características de las estructuras de descarga (Bolívar y García, 2023).

Descarga	Cota Inicial del Lecho del Canal (msnm)	Cota del Cauce natural (msnm)	Δ (m)	Longitud (m)	Pendiente longitudinal /So) (m/m)	Estructura Necesaria
1	76,000	72,000	4,000	148,75	0.0269	Torrentera
2	76,749	76,000	0,749	155	0.00483	Canal
3	76,753	75,000	1,753	110	0.01593	Canal
4	77,559	76,000	1,559	220	0.00708	Canal
5	80,246	79,000	1,246	200	0.00623	Canal

En función a lo observado en la tabla 5.10, podemos destacar que el desnivel de las descargas 2, 3, 4 y 5 se relativamente bajos produciendo pendientes pequeñas que no desarrollaran mucha velocidad de flujo, por lo cual no es necesaria la implementación de estructuras de disipación de energía, asimismo en el caso de la 1 si se presenta un desnivel significativo, por ende existe la necesidad de estructuras de disipación de energía, en específico torrentera.

Con base a los criterios de Camacho (1996) se procederá a la estimación de la altura de la huella máxima y a la longitud mínima de la contrahuella para el diseño idóneo de la torrenteras, según es presentado a continuación en las tablas 5.11 y 5.12:

Tabla 5.11 Valores establecidos para el cálculo de torrenteras (Camacho, 1996).

VALORES APROXIMADOS											
Nº FROUDE = 2				Nº FROUDE = 3				Nº FROUDE = 4			
h/y	Lc/y	LR/y	y ² /y	h/y	Lc/y	LR/y	y ² /y	h/y	Lc/y	LR/y	y ² /y
1.0	2.8	9.4	1.9	1.0	3.4	18.4	3.4	1.0	3.4	28.6	5.2
1.5	3.2	9.0	1.7	1.5	4.0	17.2	3.0	1.5	4.5	27.0	4.7
2.0	3.5	8.5	1.4	2.0	4.4	15.8	2.6	2.0	5.2	25.2	4.2

NOTA: En las torrenteras, como longitud de la huella se recomienda utilizar 1.1 Lc.

Tabla 5.12 Elementos geométricos e hidráulicos de la torrentera (Bolívar y García, 2023).

Descarga Número 1 (Torrentera)								
Q (m³/s)	n	So	Base (m)	Y (m)	BL (m)	Y+BL (m)	Área (m²)	Perímetro (m)
9.5244	0,016	0,0269	2,2	0,9	0,3	1,1	1,98	4
Radio hidráulico (m)	Velocidad (m/s)	Dh (m)	Fr	h/y	Lc/y	h	Lc	Lt
0,495	6,414	0,9	2,159	1	2,8	1,1	3,08	3,388

En la figura 5.9 se muestra la sección transversal y el perfil longitudinal de la torrentera propuesta para la descarga No 1

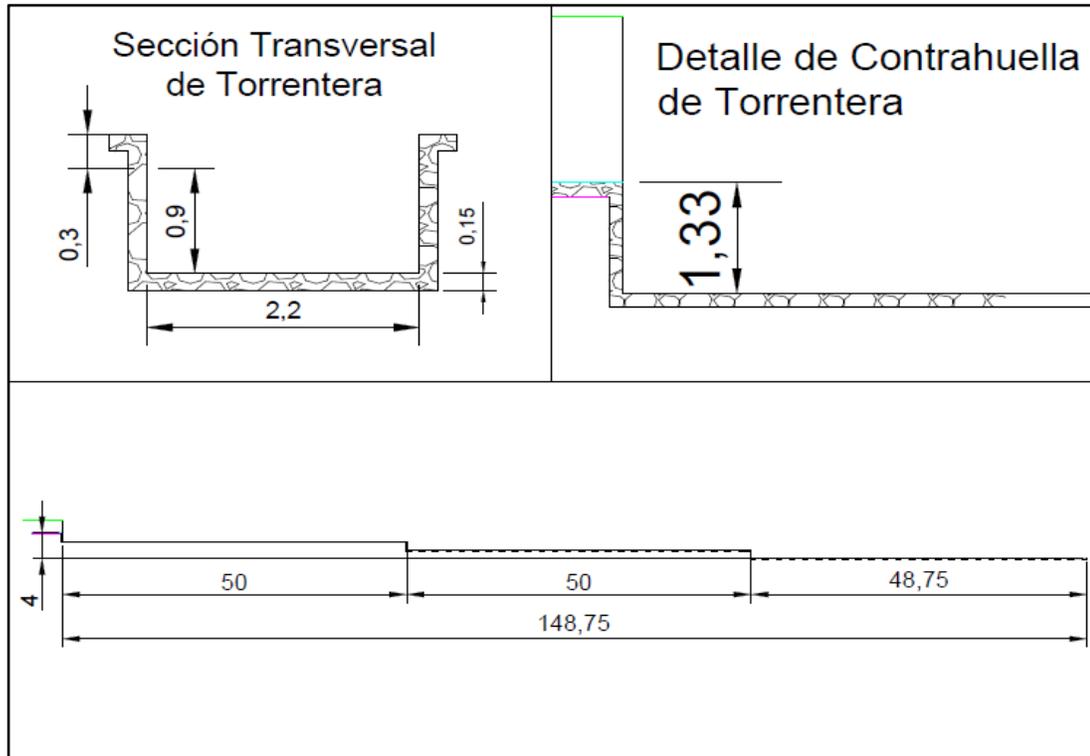


Figura 5.9 Sección transversal y perfil longitudinal de la torrentera (Bolívar y García, 2023).

A continuación, en las tablas 5.13 y 5.14 se presentan los elementos geométricos e hidráulicos correspondientes al resto de las estructuras de descarga final, los cuales fueron determinados mediante el programa HCANALES:

Tabla 5.13 Elementos geométricos de los canales de descarga final (Bolívar y García, 2023).

Descarga	Área (A) (m ²)	Cof rugosidad (n)	Pendiente longitudinal (S ₀) (m/m)	Base (b) (m)	Profundidad (Y) (m)	Borde libre (B _L) (m)	Perímetro mojado (P _m) (m)
2	0.95	0,016	0.00483	1,00	0,9457	0,28	2.89
3	0,6	0,016	0.01593	1,00	0,51	0,15	2,01
4	2.59	0,016	0.00708	4,00	0.65	NA	5.29
5	0.55	0,016	0.00623	1,80	0.31	0,0.9	2.41

Tabla 5.14 Elementos hidráulicos de los canales de descarga (Bolívar y García, 2023).

Descarga	Caudal de diseño (Q) m ³ /s	Energía específica (D) (m.kg/kg)	Radio hidráulico (Rh) (m)	Velocidad (V) (m/s)	Número de Froude (Fr)
2	1,9581	1.16	0,33	2,06	0.68
3	1,5877	1.01	0,25	3.14	1.41
4	8,437	1.19	0.49	3.26	1.30
5	1,020	0.48	0,23	1.84	1.06

Los canales de descarga final, como se puede observar en la tabla 5.13, son implementados debido a las pendientes livianas que no generan grandes velocidades del flujo que pongan en riesgo el lecho del cauce natural, se proyectaron con una base ancha y poca profundidad para mantener la velocidad lo más baja posible obteniendo rangos entre 1,8 m/s y 3.2 m/s. En el caso de la descarga número 4, el borde libre no fue aplicado debido a las condiciones del terreno, ya que presenta una pendiente baja y debe transportar un gran volumen de agua, por ende fue preciso despreciarlo.

Las dimensiones de los canales de descarga varían entre 1.0 y 4.0 metros de base y de profundidad entre 0,3 y 0.9 metros, observándose pendientes sumamente bajas que no superan el 1,5 %.

Los perfiles y secciones de los canales de descarga final se podrán detallar en el Apéndice B.

CAPÍTULO VI

LA PROPUESTA

6.1 Objetivo de la propuesta

Propuesta de un sistema de drenaje para la conducción de aguas pluviales provenientes del futuro conjunto residencial “Rómulo Gallegos”, en la población de Zuata, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela.

6.2 Alcance

Proyectar, calcular y diseñar un sistema de drenajes superficiales que tenga la capacidad de transportar de manera eficiente la totalidad de la escorrentía producida por la pluviosidad que provengan del interior del urbanismo Rómulo Gallegos ubicado en Zuata, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela.

6.3 Justificación

La implementación del sistema de drenajes para la disposición final de las aguas de escorrentía pluvial salientes del conjunto residencial Z-1 propuesto garantizará la correcta escorrentía externa al urbanismo, adecuadamente encauzada hasta las corrientes de aguas naturales existentes adyacentes a la zona urbanizada. Incrementando la calidad de vida de los habitantes que residen fuera del urbanismo, al igual que impidiendo posibles inundaciones que dificulten la ejecución de futuras actividades antrópicas en las adyacencias del conjunto residencial.

6.4 Metodología de trabajo

Principalmente fue necesaria la delimitación el área y perímetro de la cuenca, recopilación del material técnico correspondiente a los estudios hidrológicos y topográficos, posteriormente la delimitación y cálculo del área de parcelas, vialidad y vegetación, en función de estos se determinó el coeficiente de escorrentía ponderado, fue imprescindible obtener los valores de pendiente, tiempo de concentración e intensidad, y seguidamente se procedió a la estimación del caudal mediante el método racional.

Habiendo obtenido los caudales que drenarían por cinco tramos viales principales, se eligieron los puntos de descarga final de las aguas pluviales drenadas desde el urbanismo.

6.5 Propuesta de estructuras de drenaje

La propuesta se basa en un sistema de drenajes conformado por cuatro (4) canales de descarga final y una (1) torrentera, con la capacidad de drenar eficientemente las aguas salientes de las 82,62 hectáreas del urbanismo y un caudal de 22,527 m³/s y manteniendo velocidades superiores a la mínima 0,75 m/s y menores a la máxima de 5 m/s (figura 6.1).

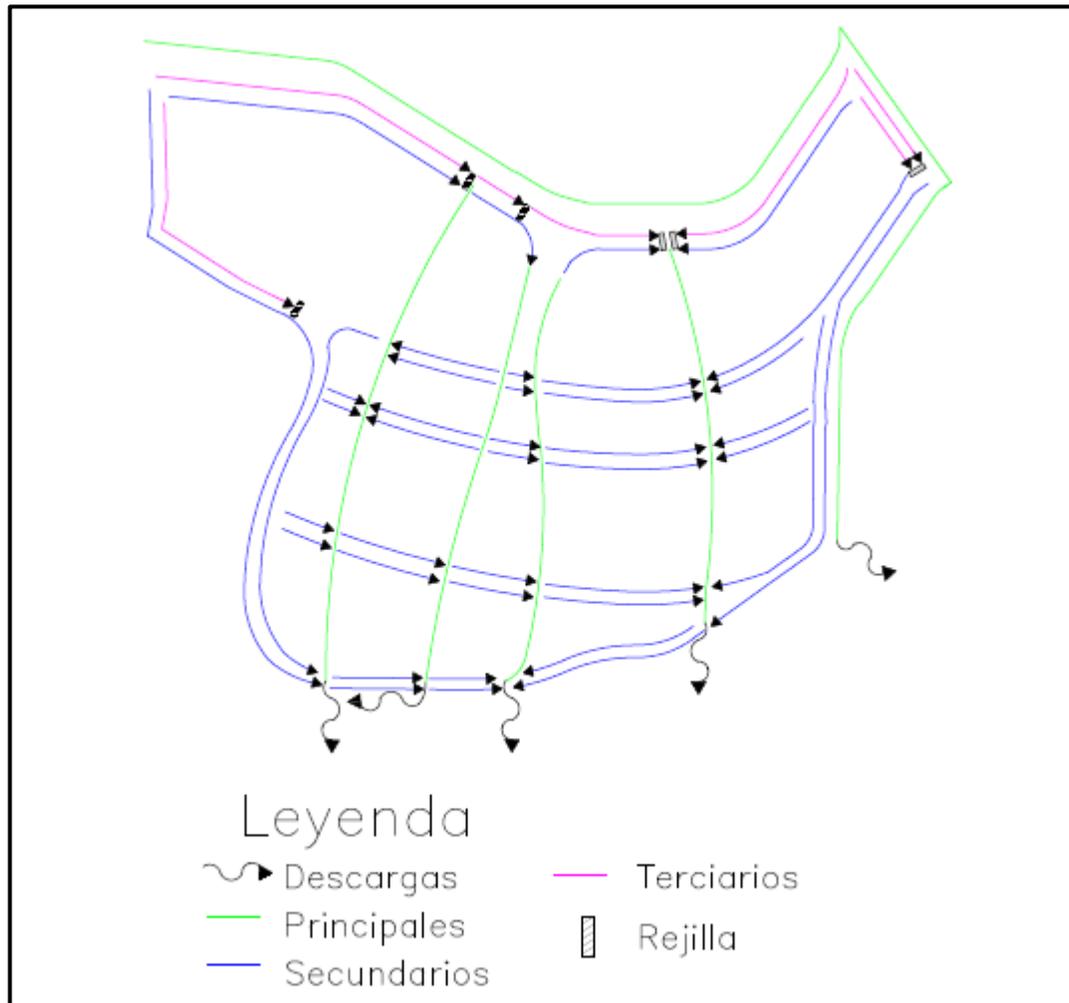


Figura 6.1 Jerarquización de canales (Bolívar y García, 2023).

Las dimensiones de los canales principales oscilaron desde 0,70 m hasta 1,40 m de base y 0,80 m y 1,5 m de altura, en el caso de los canales secundarios y terciarios fue de 0,30 m – 0,70 m de base.

La figura 6.2 muestra la disposición en planta de las cinco (5) descargas proyectadas, las descargas 1 y 2 con dirección S 45 W y las descargas 3,4 y 5 con dirección en su alineamiento de S 45 E.



Figura 6.2 Disposición en planta de las descargas proyectadas (flechas rojas) desde el urbanismo hasta las quebradas naturales adyacentes (Bolívar y García, 2023).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Posterior al estudio y análisis de los cálculos correspondientes para el logro de los objetivos, se puede concluir que:

1. La zona de estudio presenta un régimen pluviométrico unimodal, definido por un tope de lluvia durante el año, ocurriendo en los meses del verano astronómico (junio, julio, agosto), en estos tres meses se recoge casi el 50 % del volumen total de precipitación anual; asimismo la evaporación promedio anual es elevada, registrando un valor aproximado de 2600 mm por año, destacando dos épocas donde se presentan los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de equinoccio de primavera y otoño; aunado a eso la temperatura cumple con la condición de isoterma, lo que significa que la variación de temperatura entre el mes más cálido y frío no supera los 5°C, característica ratificada por los datos de temperatura suministrados.

2. El área de la cuenca cuenta con 82,62 hectáreas equivalentes a 0,8262 km² y un perímetro de 4,212 km y por su forma oval a redondeada será moderadamente generadora de inundaciones importantes cuando las magnitudes de las precipitaciones superan el período de retorno utilizado para el diseño.

3. El caudal de la cuenca producto de las aguas pluviales es de 22,525 m³/s distribuido entre 5 puntos de descargas, cada uno con su respectivo gasto, definiéndolos como las subcuencas que la conforman. La descargas número 1 y 4 drenan un caudal de 9,2544 m³/s y 8,436 m³/s respectivamente, siendo las de mayor volumen, asimismo las descargas 2, 3 y 5 con un gasto de 1,958 m³/s , 1,587 m³/s y 1,0202 m³/s

4. Los parámetros geométricos están en función de las caudales y taludes a través de los terrenos por donde se trazarán la torrentera y los canales de descarga variando entre 1.00 a 4.00 metros de base y 0.31 a 1,94 metros de profundidad debido al gasto que deben transportar, y en el caso de la torrentera dichas dimensiones se corresponden a una base 2.2 m y una prof de 0.9 m con una huella de 1.1 m y una contrahuella de 3.38 m.

+Recomendaciones

1. Analizar las consecuencias ante la posibilidad de eventos hidrometeorológicos de gran intensidad y/o duración y de baja ocurrencia.

2. Se sugiere a los entes encargados del mantenimiento de las obras de drenaje realizar constante y sistemática revisión a los distintos elementos que conforman el sistema de drenajes, con la finalidad de acometer las reparaciones oportunas a que haya lugar.

3. Se recomienda a los entes encargados de la construcción de las obras de drenaje a emplear una mezcla de lechada de concreto y rocas en el punto final de las estructuras de descarga a manera de protección del cauce natural.

REFERENCIAS

Arias, Fidas. (1999). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela. (pp.55)

Arias, Fidas. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Quinta Edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela. (pp.143)

Arocha, Simón. (1983). **CLOACAS Y DRENAJES**. Ediciones Vega s.r.l. Caracas, Venezuela. (pp.263)

Bañon Blázquez, Luis (2000). **EL AGUA Y LA CARRETERA**. 4 de Abril de 2015. [http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02010401.pdf]. (pp.1–4)

Bateman, Allen (2007). **HIDROLOGÍA BASICA Y APLICADA**. Grupo de Investigaciones en Transporte de Sedimentos. Colombia. (pp.70)

Beltran González, L. (2004). **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Primera edición. Editorial Ameco. Puerto la cruz, Venezuela. (p. 5)

Bolinaga, Juan. (1979). **DRENAJE URBANO**. Instituto nacional de obras. Caracas, Venezuela. (pp.399)

Breña A. y Jacobo M. (2006). **PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL**. Editorial Casa Abierta al Tiempo. México. (pp.254)

Chereque, W. (2003). **HIDROLOGÍA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL**. Segunda edición. Editorial Concytec. Lima, Perú.(pp.223)

Chow, Ven Te. (1994). **MANUAL DE HIDROLOGÍA APLICADA**. Editorial Nomos S.A. Colombia. (pp.584)

Chow, Ven Te. (2000). **HIDROLOGÍA APLICADA**. Cuarta Edición. Editorial Nomos S.A. Colombia. (pp.577)

Chow, Ven Te. (2004). **HIDRÁULICA DE LOS CANALES ABIERTOS**. Quinta Edición. Editorial Nomos S.A. Colombia. (pp.655).

Chow, Ven Te. (2008). **HIDRÁULICA DE LOS CANALES ABIERTOS**. Editorial Nomos S.A. Colombia. (pp.655)

Comisión Estatal de Aguas de Querétaro (2000). **ALCANTARILLADO PLUVIAL**. 19 de Noviembre de 2015 [<http://www.ceaqueretaro.gob.mx>]. (pp.30).

Diccionario de la Real Academia Española (DRAE). (2012) **DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA**. 17 de abril de 2015. [<http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>]

Erazo, Adriana. (2004). [Servicio Nacional de Estudios Territoriales]. **REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS Y MEDIOS EN EL SALVADOR**. 30 de septiembre de 2014. [<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/caudales.pdf>]. (pp.21)

Finol M, Camacho H, (2006). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela. (p. 77)

Garreaud, Réne (2005). **ATMÓSFERA, TIEMPO Y CLIMA**. 5 de Abril de 2015. [http://mct.dgf.uchile.cl/CURSOS/Clases_Atmosfera/clase1_intro.pdf]. (pp.12)

Hernandez, M. (2003). **EL MANUAL DE TESIS DE GRADO Y ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA Y TESIS DOCTORALES DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA LIBERTADOR**. Tercera Edición. FEDUPEL. Caracas, Venezuela. (pp.245).

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). (2014). 20 de septiembre de 2014. Anzoátegui. [<http://www.inameh.gob.ve/>]

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2015). **XIV CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA DE ANZOATEGUI** 15 de febrero de 2015. [<http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/anzoategui.pdf>]

Jiménez Escobar, Henry (1986). **HIDROLOGÍA BÁSICA**. 28 de Noviembre de 2015 [<http://www.univalle.edu.com>]. (pp.248)

Martin Domingo, Augustin (2011). **APUNTES DE TRANSMICIÓN DEL CALOR**. 3 de Abril de 2015 [<http://oa.upm.es/6935/1/amd-apuntes-transmision-calor.pdf>]. (pp.53)

Martínez A. y Navarro, J. (1996). **HIDROLOGÍA FORESTAL: EL CICLO HIDROLÓGICO**. Universidad de Valladolid. Valladolid, España. (pp.286)

Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú (2011). **MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRAULICA Y DRENAJE**. 2 de Diciembre de 2015 [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf]. (pp.222)

Rodríguez, P. (2008). **HIDRÁULICA DE CANALES**. Instituto tecnológico de Oaxaca. México. (pp 570)

Rocha, Arturo. (2002). **HIDRÁULICA DE TUBERÍAS Y CANALES**. Primera Edición. Lima, Perú. (pp 515)

Sabino, C. (1994). **COMO HACER UNA TESIS Y ELABORAR TODO TIPOS DE ESCRITOS**. Tercera Edición. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela. (pp.240)

Scosinsky, G. y Losilla, M.[Revista Geológica de América Central] (2000). **MODELO ANALÍTICO PARA DETERMINAR LA INFILTRACIÓN CON BASE EN LA LLUVIA MENSUAL**. 30 de septiembre de 2014. [<http://www.latindex.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/viewFile/8579/8102>]. (pp.43-55)

Tamayo, M. (1997). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Segunda Edición. Editorial Limusa. Mexico. (pp.175)

Tamayo, M. (1999). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Segunda Edición. Editorial Limusa. Mexico. (pp.231)

APÉNDICES

APÉNDICE A
ESTIMACIÓN DE CAUDALES POR TRAMOS VIALES
PRINCIPALES

A.2 Caudal por el tramo vial principal No 2 (Bolívar y García, 2023).

Tramo vial Principal 2						
Clasificación	Categoría	Coef de escorrentía C	Intensidad de lluvia I (lps/ha)	Area A (ha)	Caudal Q (l/s)	Caudal Q (m³/s)
1/2 Parcela M	Urbanismo	0,631	528,20	1,8045125	601,1117	0,6011
1/3 Parcela R	Urbanismo	0,628	528,20	1,0188993	337,8874	0,3379
Área Tributaria D	Urbanismo	0,6	528,20	0,296199	93,8714	0,0939
Área Tributaria I	Urbanismo	0,6	528,20	0,178184	56,4701	0,0565
Área Tributaria N	Urbanismo	0,6	528,20	0,864219	273,8883	0,2739
Área Tributaria S	Urbanismo	0,6	528,20	0,646168	204,7836	0,2048
Calle C - C5	Pavimento	0,825	528,20	0,468461	204,1389	0,2041
Canal B1 - C					84,2117	0,0842
Tramo B4 - C4					52,7386	0,0527
Tramo B5 - C5					24,5076	0,0245
				Q total (m³/s)	1933,6091	1,9336

A.3 Caudal por el tramo vial principal No 3 (Bolívar y García, 2023).

Tramo Vial Principal 3						
Clasificación	Categoría	Coef de escorrentía C	Intensidad de lluvia I (lps/ha)	Área A (ha)	Caudal Q (l/s)	Caudal Q (m³/s)
Área Tributaria D	Urbanismo	0,6	528,2	0,244513	77,4911	0,0775
Área Tributaria I	Urbanismo	0,6	528,2	0,170215	53,9445	0,0539
Área Tributaria N	Urbanismo	0,6	528,2	0,774268	245,3810	0,2454
Área Tributaria S	Urbanismo	0,6	528,2	0,619982	196,4847	0,1965
Calle D - D5	Pavimento	0,825	528,2	0,45626	198,8221	0,1988
Tramo D1 - D					43,6200	0,0436
Tramo C2 - D2					65,2287	0,0652
Tramo C3 - D3					146,1280	0,1461
Tramo C4 - D4					380,0501	0,3801
Tramo C5 - D5					18,9518	0,0190
Tramo E5 - D5					90,3952	0,0904
				Q total (m³/s)	1516,4973	1,5165

A.4 Caudal por el tramo vial principal No 4 (Bolívar y García, 2023).

Tramo Vial Principal 4							
Clasificación	Categoría	Coef de escorrentía C	Intensidad de lluvia I (lps/ha)	Área A (ha)	Caudal Q (l/s)	CaudalQ (m³/s)	
Parcela E	Urbanismo	0,629	522,43	4,497448	1476,7845	1,4768	
Parcela P	Urbanismo	0,629	522,43	3,238641	1064,2692	1,0643	
1/2 Parcela F	Urbanismo	0,622	522,43	3,3779695	1097,8243	1,0978	
1/2 Parcela O	Urbanismo	0,647	522,43	2,662356	900,1321	0,9001	
Calle E1 - E5	Pavimento	0,825	522,43	0,41622	179,3916	0,1794	
Tramo C1 - E1					49,0151	0,0490	
Tramo D1 - E1					25,3843	0,0254	
Tramo D2 - E2					122,7251	0,1227	
Tramo D3 - E3					903,3844	0,9034	
Tramo D4 - E4					708,9560	0,7090	
Tramo F1 - E1					187,8764	0,1879	
Tramo F3 - E2					1230,8259	1,2308	
Tramo E' - E2					55,7319	0,0557	
Tramo E'' - E3					55,2511	0,0553	
Tramo F5 - E4					135,3783	0,1354	
Tramo F9 - E4					15,7795	0,0158	
Tramo F9 - E5					47,1529	0,0472	
					Q total (m³/s)	8255,8627	8,2559

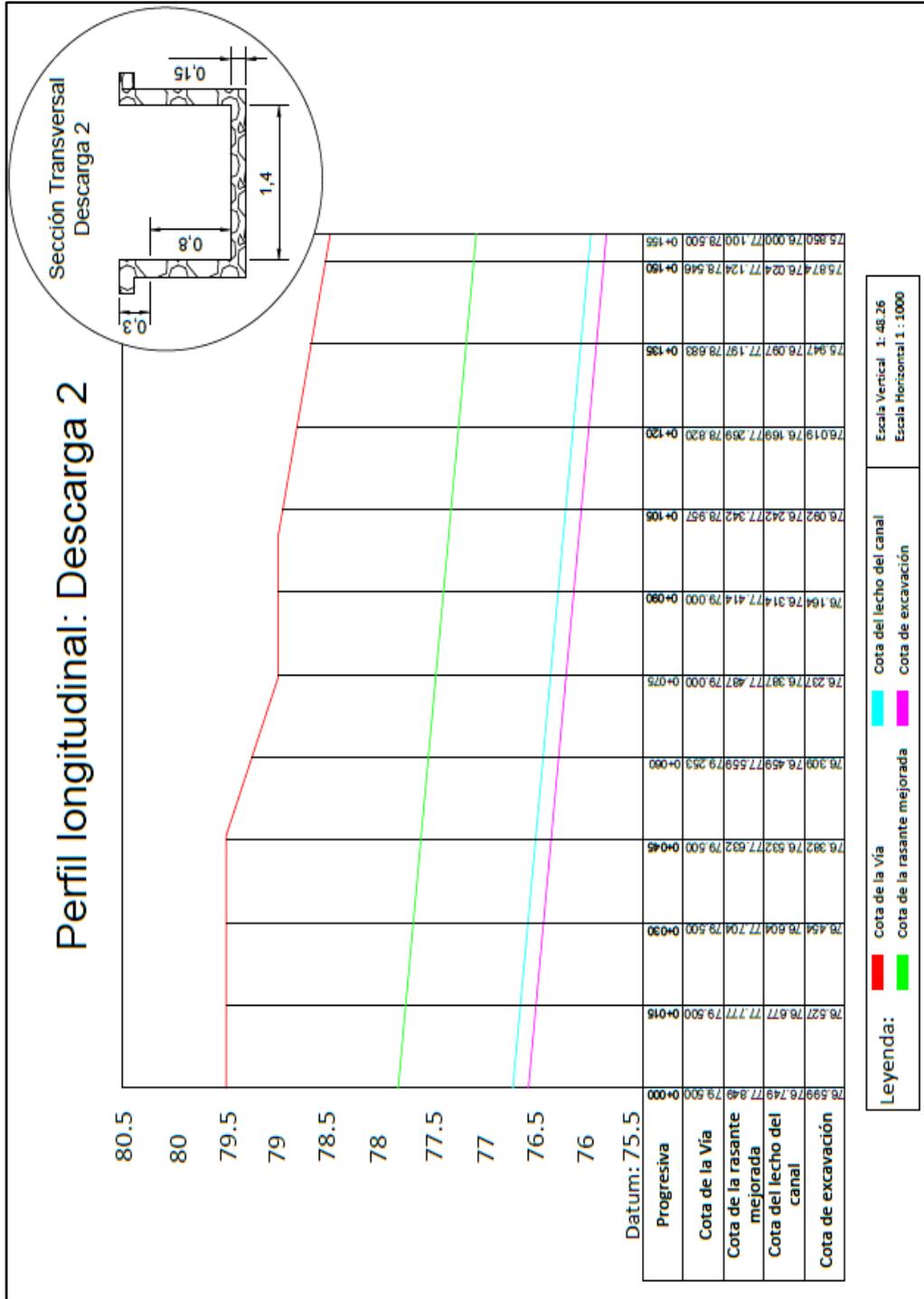
A.5 Caudal por el tramo vial principal No 5 (Bolívar y García, 2023).

Tramo vial principal Perimetral						
Clasificación	Categoría	Coef de escorrentía C	Intensidad de lluvia I (lps/ha)	Área A (ha)	Caudal Q (l/s)	Caudal Q (m³/s)
Vegetación exterior	Áreas Verdes	0,3	269,43	12,621301	1020,1671	1,0202
				Q total (m³/s)	1020,1671	1,0202

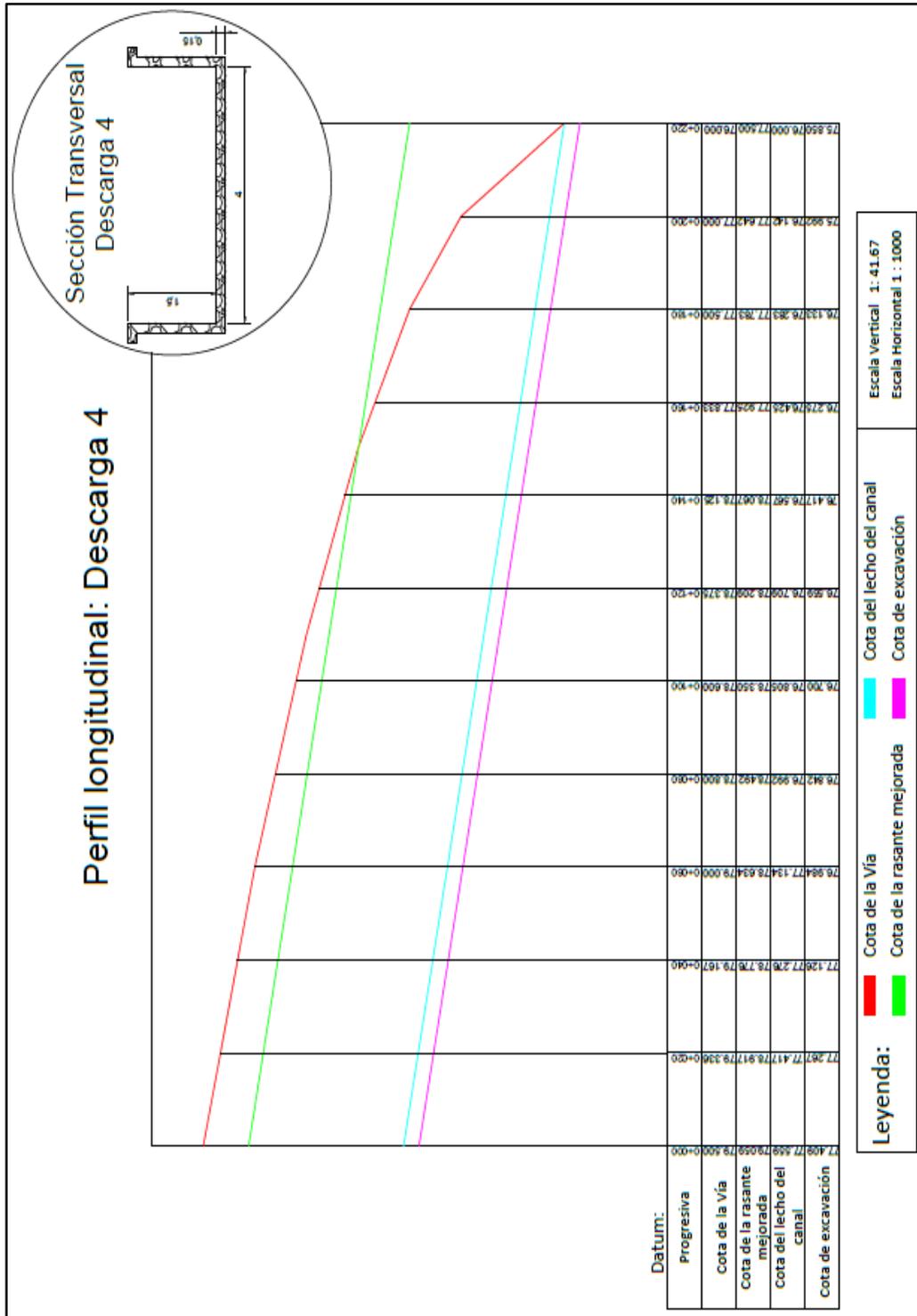
A.6 Caudal de diseño de cada tramo vial (Bolívar y García, 2023).

Canal	Caudal de diseño (Qd)		Canal	Caudal de diseño (Qd)		Canal	Caudal de diseño (Qd)	
	(Lps)	m ³ /s		(Lps)	m ³ /s		(Lps)	m ³ /s
A1 - B1 Izquierdo	122,537	0,1225	C1 - E1	49,02	0,0490	E5 - D5 Izquierdo	52,233	0,0522
A1 - B1 Derecho	406,920	0,4069	C2 - B2	42,70	0,0427	E5 - D5 Derecho	90,395	0,0904
A1 - A3	944,577	0,9446	C3 - B3	29,12	0,0291	E' - E2	55,732	0,0557
A' - B5	241,774	0,2418	C2 - D2	35,14	0,0351	E'' - E3	27,626	0,0276
A1 - B5	1137,99	1,1380	C3 - D3	83,17	0,0832	F1-E1 Izquierdo	99,825	0,0998
A5 - B3	13,411	0,0134	C4 - D4 Izq	184,22	0,1842	F1-E1 Izquierdo	88,051	0,0881
A'' - B4	19,022	0,0190	C4 - D4 Der	195,83	0,1958	F1-F3	51,106	0,0511
B1 - C1	21,232	0,0212	C5 - D5	19,31	0,0193	F3 - E2	1230,83	1,2308
B1 - C	84,212	0,0842	D - E1	69,00	0,0690	F3-E5	180,815	0,1808
B4 - C4	26,369	0,0264	D2 - E2	61,36	0,0614	F5 - E4	135,38	0,1354
B5 - C5	24,508	0,0245	D3 - E3 Izq	862,79	0,8628	F9-E4	15,779	0,0158
			D3 - E3 Der	40,59	0,0406	F9-E5	47,15	0,0472
			D4 - E4 Izq	36,54	0,0365			
			D4 - E4 Der	672,42	0,6724			

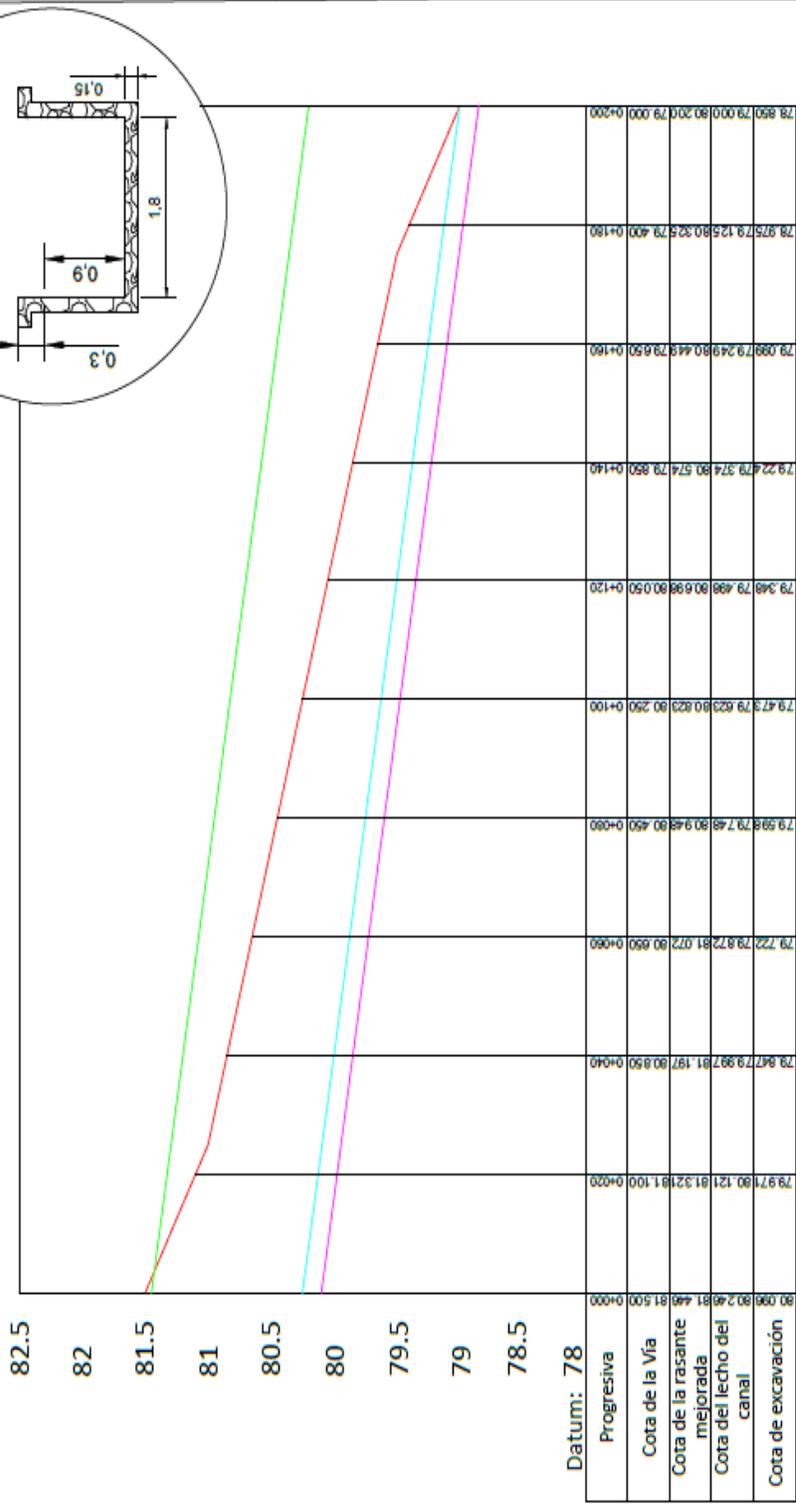
APÉNDICE B
PERFILES LONGITUDINALES DE CANALES PARA
DISPOSICIÓN FINAL DE LOS FLUJOS



B.1 Perfil longitudinal canal de descarga 2



Perfil longitudinal: Descarga 5





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

CONSTANCIA DE REVISIÓN Y CONFORMIDAD DE TUTORIA

A través de la presente hago de su conocimiento que el trabajo de grado intitulado **“PROPUESTA DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LOS ELEMENTOS DE DRENAJE PARA LA DESCARGA FINAL DE LAS AGUAS PLUVIALES SALIENTES DEL CONJUNTO RESIDENCIAL “RÓMULO GALLEGOS” (Z-1) EN LA POBLACIÓN DE ZUATA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”**, presentado por las bachilleres **BOLÍVAR B., JORYENIS N.** de cédula de identidad No. **22.848.008**, y **GARCÍA Z., MIRLARYS A.** de cédula de identidad No. **22.574.303**, fue revisado y aprobado por quien suscribe y en vista de ello, se propone para que sea expuesto y defendido por su autor.

Sin otro particular

Atentamente.


Prof. Dafnis Echeverría
Asesor académico

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	PROPUESTA DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LOS ELEMENTOS DE DRENAJE PARA LA DESCARGA FINAL DE LAS AGUAS PLUVIALES SALIENTES DEL CONJUNTO RESIDENCIAL “RÓMULO GALLEGOS” (Z-1) EN LA POBLACIÓN DE ZUATA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
BOLÍVAR BOLÍVAR, JORYENIS NAZARETH	CVLAC	22.848.008
	e-mail	joryenisbb22@gmail.com
	e-mail	
GARCÍA ZAMORA, MIRLARYS ANTONIETA	CVLAC	22.574.303
	e-mail	mirlygar@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Drenaje urbano
Torrenteras
Drenajes de Zuata
Escorrentía pluvial

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Hidráulica	Drenaje urbano
Hidrología	Escorrentías aguas pluviales

Resumen (abstract):

En la presente investigación se elabora una propuesta de la ingeniería básica de los elementos de drenaje superficial para la disposición final de las aguas de escorrentía pluviales salientes del conjunto residencial “Rómulo Gallegos” (codificado Z-1), cuya metodología es un proyecto factible, aplicándose un diseño o estrategia de investigación de campo y documental, para la cual fue necesario disponer de la información hidrológica y topográfica con la finalidad de determinar los caudales que drenaría el urbanismo, los cuales fueron calculados a través del método racional. , el procedimiento utilizado se basó en la determinación del coeficiente de escorrentía ponderado del área de estudio de acuerdo al uso del suelo o cobertura del mismo, la determinación de la intensidad de las precipitaciones que afectan a la zona evaluada tomando en cuenta el tiempo de concentración y el período de retorno considerado. Posteriormente se determinarán los caudales que se drenarán fuera del urbanismo Z-1. Finalmente, se definen un grupo de descargas y las estructuras que estas han de poseer para que las aguas de lluvia sean transportadas a los cuerpos de agua más cercanos. En la propuesta se procuró, elaborar un diseño bajo en costos, por lo que se trató de elegir las pendientes más acordes al terreno para no hacer gastos innecesarios en cuanto a excavación. Las conclusiones derivadas posterior a la obtención de los resultados nos reflejan las características principales de la zona de estudio, destacando que presenta un régimen pluviométrico unimodal, un promedio anual de evaporación elevado y una condición de isoterma definida por la región y temperatura; por último se puede señalar que el sistema de drenaje planteado tiene la capacidad de captar y transportar 23,4458 m³/s ratificando la confianza del mismo ya que supera el caudal originado en la cuenca con un valor de 22,525 m³/s. Para la disposición final de estas aguas de escorrentía drenadas por el urbanismo se proyectaron un total de xx torrenteras para drenar la totalidad de las aguas salientes del urbanismo. Estos caudales estuvieron distribuidos en 9.524 m³/s, 1.958 m³/s, 1.587 m³/s, 8.436 m³/s y 1.0202 m³/s para cada torrentera respectivamente.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría D., Dafnis J.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.506.408
	e-mail	dafnisecheverriaudo@gmail.com
	e-mail	
Monteverde, Francisco	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	12.192.676
	e-mail	monteverdefvr@gmai.com
Echeverría C., Beatriz C .	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	21.013.748
	e-mail	beitacaro92@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	01	23

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
DRENAJE DISPOSICION FINAL AGUAS PLUVIALES EN URB Z-1,ZUATA.

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: Zuata, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela.

Temporal: 2023

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

Área de Estudio:

Obras Hidráulicas

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR Martínez

FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,


JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

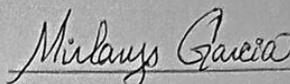
JABC/YGC/maruja

Foja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6

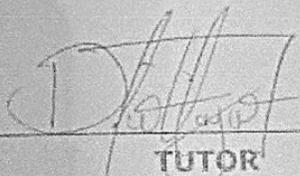
Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."



AUTOR
Joryenis N. Bolívar B.
C.I.: V-22.848.008



AUTOR
Mirlarys A. García Z..
C.I.: V-22.574.303



TUTOR
Dafnis J. Echeverría D.