

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



**PROPUESTA DE INGENIERÍA BÁSICA DE UN SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES BASADO EN CANALES ABIERTOS PARA EL CONJUNTO RESIDENCIAL “DIVINO NIÑO” (T-IV), EN LA POBLACIÓN DE TEMBLADOR, MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR LA BACHILLER DÁVILA R., JOISI A. PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**

**CIUDAD BOLÍVAR, ENERO 2020**



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

**HOJA DE APROBACIÓN**

Este Trabajo de Grado, intitulado **“PROPUESTA DE INGENIERÍA BÁSICA DE UN SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES BASADO EN CANALES ABIERTOS PARA EL CONJUNTO RESIDENCIAL “DIVINO NIÑO” (T-IV), EN LA POBLACIÓN DE TEMBLADOR, MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**, presentado por la bachiller **DÁVILA R., JOISI A.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y Apellido	Firma
Profesor Dafnis Echeverría	
_____ (Asesor)	_____
_____ (Jurado)	_____
_____ (Jurado)	_____
_____ Prof. Pedro Gamboa Jefe del Depto. Ingeniería Civil	_____ Prof. Francisco Monteverde Director de la Esc. Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, Enero de 2020

## **DEDICATORIA**

A Dios Todopoderoso por darme, vida, salud y perseverancia.

A mis Padres porque sé que esta meta cumplida es un orgullo para ellos.

A mi esposo y mi hija por ser mi apoyo y motivación vital.

A todos mis familiares por compartir mi desarrollo personal.

A todos mis amigos y compañeros de clase con quienes compartí agradables experiencias durante mi carrera universitaria

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a DIOS por estar allí siempre escuchando mis pensamientos y propósitos para seguir adelante por el buen camino en esta vida.

Agradezco a mis Padres y a todos mis familiares por su apoyo continuo e irrestricto.

A mi esposo, Jonás Castellanos por su apoyo incondicional durante la ejecución del Trabajo de grado.

A todos los profesores que me brindaron sus conocimientos y me apoyaron durante el desarrollo de este Trabajo de grado.

A mi tutor académico, el profesor Dafnis Echeverría por su colaboración guiándome durante el desarrollo de la investigación.

A la Universidad de Oriente por brindarme cobijo intelectual en sus aulas.

## RESUMEN

Este Trabajo de grado trata sobre una propuesta de la ingeniería básica de un sistema drenaje superficial basado en canales abiertos para la conducción de aguas pluviales para el conjunto residencial “Divino Niño” (T-IV) ubicado en la población de Temblador, municipio Libertador, al sur este del estado Monagas. La investigación es de tipo proyectiva o proyecto factible para la cual se aplicará un diseño o estrategia de investigación de campo y documental. Para el desarrollo de la investigación se requirió un levantamiento topográfico y un plano de la propuesta urbanística la cual fue suministrada por la empresa Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA). Seguidamente se delimitó la cuenca aportadora de aguas de escorrentía de lluvia. Para dicha zona de estudio se determinó el coeficiente de escorrentía ponderado en función de la cobertura del suelo y las pendientes predominantes. Posteriormente, se determinó el tiempo de concentración y la intensidad de lluvia para cada vialidad del urbanismo a través de la cual escurrirán las aguas de lluvia. Se determinarán los caudales drenados por cada parcela en cada vialidad de la zona de estudio utilizando para ello el método racional. Considerando los caudales de aguas de escorrentía que recibirá cada vialidad se propondrán canales de sección rectangular trazados a ambos lados de las vías internas del urbanismo proyectado. Finalmente, se plantea el trazado en planta y los perfiles longitudinales de los canales propuestos; así como también los parámetros geométricos e hidráulicos simulados con la aplicación computarizada HCANALES. Entre los resultados relevantes del estudio se encontró que las características pluviométricas predominantes en el área de estudio se corresponden con un régimen pluviométrico unimodal. El sistema de drenaje planteado tiene la capacidad de captar las aguas de escorrentías de un área de 4.8228 ha y transportar un caudal de 1.637 m<sup>3</sup>/s. Se propusieron cinco (5) canales principales y diez (10) canales secundarios, todos revestidos de concreto, de sección transversal rectangular, en general trazados a ambos lados de las vialidades. Todos los canales estarán dotados de rejillas superiores metálicas para la protección de la integridad física de los vehículos y de los peatones durante su tránsito por su ubicación.

# CONTENIDO

	Página
<b>HOJA DE APROBACIÓN</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>CONTENIDO</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	3
1.1 Planteamiento del Problema .....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1. Caracterizar climatológicamente el área de estudio.....	6
2. Definir los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en el área de estudio. ....	6
3. Determinar el caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio. ....	6
4. Definir el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje previstos en la zona de estudio.....	6
5. Estimar los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje....	6
1.3 Justificación de la investigación .....	6
1.4 Alcance de la investigación .....	7
<b>CAPÍTULO II. GENERALIDADES</b> .....	8
2.1 Ubicación y acceso al área de estudio .....	8
2.2 Características generales del medio físico y biótico del área .....	9
2.2.1 Geología .....	9
2.2.2 Geomorfología y suelos .....	9
2.2.3 Vegetación.....	12
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO</b> .....	14
3.1 Antecedentes de la investigación .....	14
3.2 Fundamentos teóricos.....	17
3.2.1 Hidrología urbana .....	17

3.2.2	Sistemas de drenaje .....	17
3.2.3	Acciones del sistema de drenaje urbano.....	17
3.2.4	Objetivos de un sistema de drenaje.....	18
3.2.5	Tipos de Drenaje .....	18
3.2.6	VARIABLES hidrometeorológicas .....	20
3.2.7	Canales abiertos .....	25
3.2.8	Tipos de canales abiertos.....	26
3.2.9	Tipos de flujo en canales .....	28
3.2.10	Estados del flujo.....	29
3.2.11	Distribución de velocidades en canales .....	31
3.2.12	Geometría de canal.....	32
3.2.13	Elementos geométricos de una sección de canal .....	33
3.2.14	Ecuaciones fundamentales que rigen el flujo de un canal .....	35
3.2.15	Energía específica en un canal.....	37
3.2.16	Estimación de gastos máximos. Método racional.....	41
3.2.17	Tiempo de concentración .....	44
3.2.17	Coeficiente de escurrimiento .....	46
3.2.18	Curvas Intensidad, duración y frecuencia.....	49
3.2.19	Área de captación y cuenca de drenaje. ....	51
3.2.20	Determinación de la capacidad hidráulica de una vía.....	52
3.2.21	Trazado de canales abiertos.....	53
3.3	Bases legales .....	55
3.3.1	Ley Orgánica del Ambiente (2006) .....	55
3.3.2	Ley de Aguas (2007).....	57
3.4	Definición de términos básicos .....	58
3.4.1	Abrupto.....	58
3.4.2	Áreas inundables.....	58
3.4.3	Canales de drenajes .....	58
3.4.4	Cartografía .....	59
3.4.5	Cavitación.....	59
3.4.6	Climatología .....	59
3.4.7	Coeficiente de escorrentía (C) .....	59
3.4.8	Coeficiente de Manning (n) .....	59
3.4.9	Colectores .....	60
3.4.10	Cota .....	60
3.4.11	Cuenca .....	60
3.4.12	Cuenca hidrográfica .....	60
3.4.13	Datum .....	61
3.4.14	Desnivel.....	61
3.4.15	Embaulamiento .....	61
3.4.16	Escorrentía .....	61
3.4.17	Fluctuar.....	61
3.4.18	Hidrología:.....	62

3.4.19 Inundación .....	62
3.4.20 Meteorología.....	62
3.4.21 Pendiente .....	62
3.4.22 Perfil longitudinal .....	62
3.4.23 Perfil transversal .....	63
3.4.24 Pluviómetro.....	63
3.4.25 Zanjas .....	63
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>64</b>
4.1 Tipo de investigación.....	64
4.1.1 Investigación a proyecto factible .....	64
4.2 Diseño de la investigación .....	64
4.2.1 Investigación de campo .....	64
4.2.2 Investigación documental.....	65
4.3 Población de la investigación.....	66
4.4 Muestra de la investigación.....	66
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	66
4.5.1 Técnicas de recolección de datos.....	66
4.5.2 Instrumentos de recolección de datos .....	68
4.6 Flujograma de la metodología del trabajo .....	68
4.6.1 Recopilación bibliográfica y material técnico .....	69
4.6.2 Caracterización climatológica .....	69
4.6.3 Definición de parámetros geométricos e hidráulicos .....	69
4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas .....	70
4.6.5 Cálculo de parámetros hidráulicos de canales .....	72
4.6.6 Definición de trazado en planta y perfil longitudinal de canales.....	75
4.7 Flujograma de la investigación .....	76
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>78</b>
5.1 Caracterización climatológica del área de estudio .....	78
5.2 Delimitación de la cuenca de drenaje .....	85
5.2.1 Límites y área de captación .....	86
5.3 Estimación del coeficiente de escorrentía ponderado.....	92
5.4 Estimación del caudal de drenaje.....	95
5.4.1 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia.....	95
5.6 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales proyectados .....	102
5.7 Trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje .....	104
5.7.1 Trazado en planta .....	104
5.7.2 Perfiles longitudinales .....	105

<b>CAPÍTULO VI. LA PROPUESTA</b> .....	109
6.1 Objetivo de la propuesta .....	109
6.2 Alcance .....	109
6.3 Justificación .....	109
6.4 Metodología de trabajo .....	110
6.5 Propuesta de canales .....	110
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	112
Conclusiones .....	112
Recomendaciones .....	114
<b>REFERENCIAS</b> .....	115

## LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación relativa del área de estudio.....	8
2.2	Vista panorámica del área de estudio .....	10
2.3	Vista general de los suelos dominantes del área de estudio.....	11
2.4	Vista general de la vegetación dominante del área de estudio.....	13
3.1	Abaco para estimación del tiempo de concentración en cuencas rurales (Arocha, 2012).....	48
4.1	Flujograma de la investigación (Parra y Sandoval, 2019).....	77
5.1	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Joaquín (INAMEH, 2017).....	79
5.2	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Temblador Aeropuerto (INAMEH, 2017).....	80
5.3	Variación anual de la evaporación (mm). Estación Joaquín (INAMEH, 2017).....	81
5.4	Variación Anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la estación Temblador – Aeropuerto.....	82
5.5	Variación anual de la Insolación (horas de sol). Estación Temblador – Aeropuerto.....	83
5.6	Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Temblador – Aeropuerto.....	85
5.7	Variación anual de la velocidad del viento.....	86
5.8	Conjunto residencial “Divino Niño” (Dávila, J., 2020).....	86
5.9	Codificación de parcelas (Parra y Sandoval, 2019).....	89
5.10	Direcciones de flujos (Parra y Sandoval, M.2019).....	90
5.11	Curva IDF de la estación El Silencio para $Tr = 25$ años para el período 1968-2000 (CVG-TECMIN, C.A. 2014).....	96
5.12	Trazado en planta del sistema de drenaje.....	102
5.13	Perfil longitudinal de canal principal A1-G1 izquierdo (Dávila, J., 2020).....	104
5.14	Perfil longitudinal de canal principal A2-G2 derecho (Dávila, J., 2020).....	104
5.15	Perfil longitudinal de canal principal A2-G2 izquierdo (Dávila, J., 2020).....	105
5.16	Perfil longitudinal de canal principal C3-G3 derecho (Dávila, J., 2020).....	105
5.17	Perfil longitudinal de canal principal G1-G3 izquierdo (Dávila, J., 2020).....	106
6.1	Sección transversal rectangular típica de los canales proyectados (Dávila, J., 2020).....	109

6.2	Sección transversal de los canales laterales a la vialidad (Dávila, J., 2020).....	109
-----	--	-----

## LISTA DE TABLAS

	Página	
2.1	Coordenadas UTM de los vértices del área de estudio. (Datum REGVEN, Huso 20, elipsoide GRS-80). (Parra y Sandoval, 2019).....	9
3.1	Velocidades de escurrimiento en laderas. Cobertura Vegetal (V= m/minutos). (Arocha Ravelo, 2012).....	45
3.2	Coefficiente de escurrimiento (Bolinaga, 1979).....	48
3.3	Coefficientes de escurrimiento de acuerdo a la zonificación del uso de tierra (Bolinaga, 1979).....	48
3.4	Factores de incremento de “C” (Bolinaga, 1979).....	49
4.1	Valores de Intensidad (INAMEH, 2014).....	71
4.2	Valores de velocidades máximas (Beltrán González, 2004).....	73
5.1	Características de las estaciones climatológicas utilizadas (INAMEH, 2017).....	78
5.2	Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1998 – 2007 (INAMEH, 2017).....	79
5.3	Evaporación media, mensual y anual (mm). Período 1963-1985. (INAMEH, 2017).....	81
5.4	Temperatura máxima, media y mínima (°C). Período 1982-1990. (INAMEH, 2017).....	82
5.5	Insolación media mensual y anual (horas de sol) Período 1992-1990. (INAMEH, 2017).....	83
5.6	Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1982 – 1990. (INAMEH, 2017).....	84
5.7	Velocidad media mensual y anual del viento (m/s) Período 1982-1990. (INAMEH, 2017).....	85
5.8	Áreas de la cuenca (Dávila, J., 2020).....	87
5.9	Distribución de áreas por parcelas codificadas de la I a la V según su uso (Dávila, J., 2020).....	90
5.10	Distribución de áreas por parcelas codificadas de la VI a la X según su uso (Dávila, J., 2020).....	91
5.11	Coefficientes de escurrimiento (Aparicio 2001).....	93
5.12	Coefficientes de escorrentía ponderado de las parcelas I a la V (Dávila, J., 2020).....	93
5.13	Coefficientes de escorrentía ponderado de las parcelas VI a la X (Dávila, J., 2020).....	95
5.14	Datos de Intensidad (mm/h) para diferentes duraciones y diferentes períodos de retorno de la estación El Silencio para el período 1968-2000 ( CVG-Tecmin, 2014).....	96
5.15	Intensidad de lluvia para cada tramo vial (Dávila, J., 2020).....	97

5.16	Caudal aportado por las parcelas de la I a la X (Dávila, J., 2020).....	98
5.17	Caudales conducidos por los canales principales (Dávila, J., 2020).....	98
5.18	Capacidad hidráulica de las vías (Dávila, J., 2020).....	100
5.20	Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales proyectados (Dávila, J., 2020).....	101

## INTRODUCCIÓN

En el mundo existe un gran número de países que no están completamente desarrollados estos países tienen un gran déficit en sus sistemas de drenajes de aguas pluviales, por eso observamos en repetidas ocasiones como en muchos de los países se presentan grandes inundaciones, deslaves y casos de enfermedades por aguas estancadas y todo esto es debido al mal drenaje pluvial o inexistente drenaje.

En Venezuela, el déficit de sistemas de drenajes es muy elevado debido a que existen factores y variables aleatorias que entran en juego, muchos aspectos aun no investigados. Dado que la presente investigación es de carácter proyectiva y con la que se pretende dar una solución a un problema del tipo señalado usando los criterios técnicos profesionales adecuados.

El principal objetivo de esta investigación es proponer un sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en el conjunto residencial “Divino Niño” (T-IV) en la población de Temblador (estado Monagas),

De acuerdo a esto, el alcance de la investigación es elaborar un sistema de drenaje superficial basado en canales abiertos, que sea capaz de recibir el gasto que se genere dentro del futuro urbanismo “Divino Niño” (codificado como T-IV), destacando que no existe limitación alguna para el logro de dicho alcance. La metodología aplicada a la investigación está enmarcada en un proyecto factible, con un diseño o estrategia a seguir de campo y documental.

El documento se encuentra estructurado en seis (6) capítulos donde:

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 las generalidades del área de estudio describiendo la ubicación geográfica, y demás características como geología, geomorfología, suelos y vegetación.

El Capítulo III. Marco teórico: incluye el 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. Metodología de trabajo: está relacionado con el marco metodológico 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 e Interpretación de resultados: apela a la propuesta del Sistema de drenaje superficial para la conducción de aguas pluviales mediante canales abiertos en el conjunto residencial “Divino Niño” (T-IV), y se muestra los cálculos realizados y obtenidos referentes a caudales y elementos hidráulicos, además de esquemas de secciones transversales y perfiles longitudinales.

Finalmente, en el Capítulo VI. La Propuesta: centrada principalmente en la presentación de la propuesta de la obra civil propiamente dicha, en este se describen los elementos que conforman el sistema de drenajes para el urbanismo y se detallan las características esenciales de los elementos hidráulicos principales del sistema.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Planteamiento del Problema

El primer problema en el ámbito de las inundaciones se debe a que la falta de planeación de las actividades humanas ha alterado el entorno, y con ello, se han establecido condiciones que frecuentemente dan lugar a inundaciones más severas. Ante esta situación que parece estar incrementando debido también al cambio climático se deben implementar medidas estructurales de mitigación y medidas institucionales de prevención.

Cada vez se desarrollan más asentamientos humanos en zonas aledañas a los cuerpos de agua sin contar con una adecuada infraestructura de drenajes, trayendo consigo problemas de inundaciones cuando llueve en exceso o se desborda una corriente. Por otro lado, se ha incrementado el número de personas que viven o trabajan en zonas que originalmente formaban parte de algún cauce que ocasionalmente vuelve a llevar escurrimientos.

Captar y aprovechar el agua de lluvia también es una solución para mitigar inundaciones, ya que se puede controlar y almacenar el escurrimiento pluvial, evitando que se saturen drenajes y que aumenten el flujo de agua en zonas urbanas causando los efectos que se repiten cada temporada de lluvia y que puede ser catastróficos para la población.

El continuo y rápido crecimiento de nuestras ciudades, que conlleva una progresiva impermeabilización del suelo, está alterando gravemente el ciclo hidrológico natural del agua. La necesidad de afrontar la gestión de las aguas

pluviales desde una perspectiva diferente a la convencional, que combine aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, está llevando a un aumento progresivo a nivel mundial del uso de sistemas urbanos de drenaje, el objetivo es minimizar los impactos del desarrollo urbanístico en cuanto a la cantidad y la calidad de la escorrentía (en origen, durante su transporte y en destino).

En este sentido, se puede observar que en Venezuela se presentan graves casos de inundaciones y crecidas de los cursos naturales del agua cuando se suscitan ciclos de pluviosidad de relativa intensidad y duración que generalmente provoca el colapso de los sistemas de drenajes, los cuales o no están establecidos o simplemente no tienen la capacidad requerida para la disposición de las aguas producto de las precipitaciones. No obstante a ello, se ha podido observar que varias de sus ciudades se han visto afectadas por inundaciones y quedando sus calles obstruidas por las mismas, que al no contar con un sistema de drenaje disminuye la capacidad de desagüe de la red de drenaje de aguas pluviales y se incrementan los caudales extremos y el volumen de escorrentía.

En este orden de ideas se plantea la significación que tiene para los habitantes de estas poblaciones las dificultades que deben afrontar cuando comienza el ciclo de lluvias cada año. De hecho, aun cuando las lluvias sean de corta duración, las vías de circulación permanecen anegadas de agua, ya que no existen pendientes adecuadas en las cunetas que permiten el desagüe del agua que se acumula en las calles, producto de estas precipitaciones, lo que constituye una evidencia fehaciente del diseño y ejecución inadecuado de los sistemas de drenajes en estas áreas.

En la actualidad existe una evidente problemática en los sectores urbanizados del sureste del estado Monagas, específicamente en Temblador, debido a que éste ha venido creciendo sin una planificación verdaderamente efectiva, pues en la mayoría de los casos, las construcciones de las viviendas no cumplen con las leyes y

reglamentaciones indicadas por los organismos establecidos para ello, en este caso específico del conjunto residencial “Divino Niño” codificada como T-IV, con las reglamentaciones que están relacionadas con la recolección, conducción y disposición de las aguas de lluvia, por tal motivo se propone un sistema de recolección de aguas pluviales basado en canales superficiales.

Lo planteado anteriormente nos lleva a las siguientes interrogantes en relación al drenaje de las aguas de lluvia de la urbanización “Divino Niño” codificada como T-IV en la población de Temblador, municipio Libertador, en el estado Monagas:

¿Cuáles son las 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 los canales en el área de estudio?

¿Cuáles son los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje en la zona de estudio?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Proponer la ingeniería básica de un sistema de recolección de aguas pluviales mediante canales abiertos en el conjunto residencial “Divino Niño” (T-IV), ubicado en Temblador, municipio Libertador, estado Monagas, Venezuela.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar climatológicamente el área de estudio.
2. Definir los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en el área de estudio.
3. Determinar el caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio.
4. Definir el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje previstos en la zona de estudio.
5. Estimar los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje.

### **1.3 Justificación de la investigación**

Con la finalidad de solucionar los problemas de inundación existentes en una determinada zona urbana, y las tendentes a disminuir la escorrentía (aumentar la retención superficial y la infiltración). Además de estas actuaciones, es evidente que una correcta gestión de las infraestructuras y servicios relacionados con el servicio urbano puede ayudar a mejorar su eficacia, como por ejemplo, evitar las construcciones en zonas adyacentes a los mismos; debido que esto aumentaría la población y se vería

afectado los canales ya que no tendrían el espacio ni el tamaño adecuado para cumplir su objetivo.

Puede decirse que los beneficios que arrojaría el sistema de drenaje óptimo y funcional para el urbanismo “Divino Niño” (T-IV) de la población de Temblador será de gran impacto, por cuanto se verá optimizado su estilo y calidad de vida, de manera que ante la presencia de ciclos lluviosos no estarán supeditados a las eventualidades relacionadas con el libre tránsito por ese sector, tanto para sus habitantes como para cualquier otra persona que transite por las vías internas de la urbanización.

#### **1.4 Alcance de la investigación**

Mediante los objetivos planteados se pretende tomar en cuenta una serie de medidas necesarias para la construcción de un sistema que se encargue de recolectar ciertas cantidades de aguas pluviales mediante el diseño de canales abiertos, para así brindarles a la población una mejor calidad de vida y una solución factible a sus problemas.

Lo primero que se llevará a cabo en esta investigación es el estudio climatológico del área a tratar, seguidamente se procederá a definir los parámetros hidráulicos de la zona, para así poder calcular el caudal total de la cuenca y subcuencas a fin de realizar el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje previstos en la zona de estudio; y para finalizar se elaborará a través de la ingeniería básica el cálculo de los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje para poder llegar a una adecuada solución que se encargue de solventar el problema que se está generando.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación y acceso al área de estudio

El área de interés para la realización del presente estudio comprende una superficie aproximada de 4.823 ha, dentro de la cual se localiza la población de Temblador perteneciente al municipio Libertador del estado Monagas, considerando el grupo de micro-cuencas hidrográficas urbanas cuyos cauces drenen hacia y desde el área de estudio.

En la figura 2.1 se muestra la ubicación relativa del área de estudio y en la tabla 2.1, se presentan las coordenadas de los vértices donde se encuentra inserta la zona de estudio.

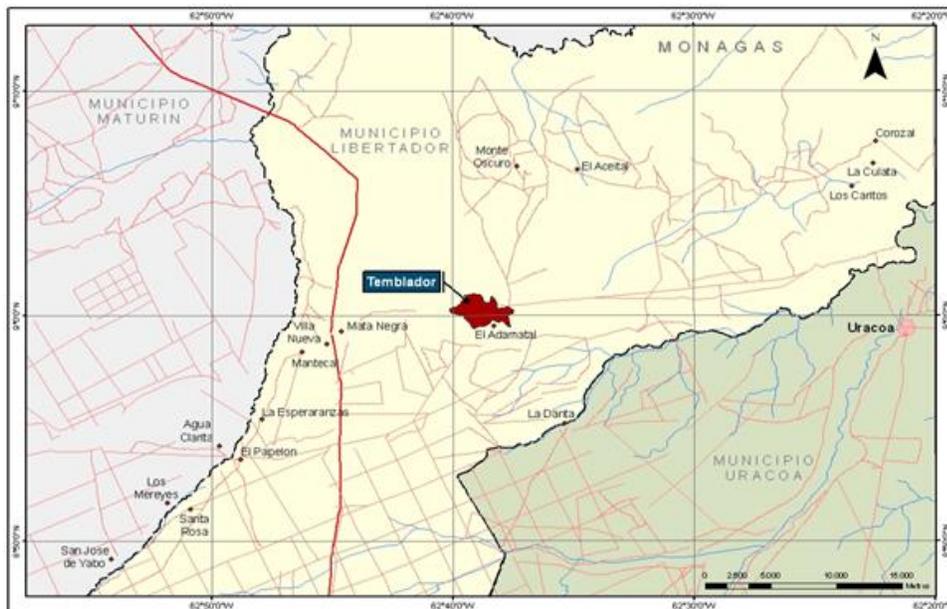


Figura 2.1. Ubicación relativa del área de estudio.

Tabla 2.1. Coordenadas UTM de los vértices del área de estudio (Datum REGVEN Huso 20) (Dávila, 2020).

Centro Poblado	Área (Ha)	Vértice	Coordenada Norte	Coordenada Este
Temblador	33.92	V1	998219	539285
		V2	998219	537888
		V3	994156	537888
		V4	994156	539285

## 2.2 Características generales del medio físico y biótico del área

### 2.2.1 Geología

El área de estudio comprende parte de una extensa planicie denominada en términos geológicos Formación Mesa, cuya edad se ubica en el Pleistoceno Inferior. Abarca prácticamente toda la superficie de los llanos orientales y su origen es complejo y variado. Hacia el Norte, los materiales se derivan de depósitos piemontinos molásicos que gradualmente disminuyen de grano hacia el Sur y el Suroeste, donde la unidad está constituida en gran parte por explayamientos terminales.

### 2.2.2 Geomorfología y suelos

El área de estudio, se encuentra ubicada, desde el punto de vista fisiográfico, en la zona Sur de los Llanos Orientales de Venezuela (COPLANARH, 1974). Correspondiente a una zona sumamente plana, con presencia de suaves ondulaciones y con escasas superficies disectadas. Fisiográficamente, el área de estudio está conformada por un tipo de paisaje bien diferenciado como es la Altiplanicie de Mesa Conservada, cuyo tipo de relieve es mesa conservada y una topografía plana a suavemente ondulada, con pendientes menores al 2%. (figura 2.2). La mayor importancia de esta unidad, radica en los extensos y profundos acuíferos de excelente

calidad, especialmente en la parte central y al Norte de los llanos orientales, los cuales a su vez, son los más afectados por la degradación del medio ambiente.



Figura 2.2 Vista panorámica del área de estudio.

Desde el punto de vista morfodinámico constituye una zona casi estable con pocos problemas de erosión, manifestándose éstos principalmente a través de un escurrimiento superficial generalizado (erosión laminar generalizada).

Esto significa que en la actualidad la dinámica superficial se encuentra estabilizada, conservándose gracias al gradiente topográfico bastante bajo. Estas áreas plana y suavemente ondulada, han sido intervenidas para la construcción de sitios de recreación, fundos y uso pecuario, sobre una formación vegetal de sabana gramínea.

Por otro lado, el origen del material parental formador de los suelos presente en el sector estudiado, corresponden a la Formación Mesa, de origen sedimentario, perteneciente al Pleistoceno Inferior. Este material ha sido alterado por la acción del clima, cuyas características principales han sido la alternancia de ciclos de lluvias altas

seguidos de períodos secos lo cual aunado a las altas temperaturas propician la degradación del material parental.

La situación indicada, provocó la desaturación del complejo absorbente dando como resultado suelos ácidos de baja fertilidad que en las áreas planas es predominantemente típica de las sabanas que han sufrido alteración debido al uso de la tierra aplicada en el área de estudio.(figura 2.3.).



Figura 2.3 Vista general de los suelos dominantes del área de estudio.

Son suelos muy profundos (> 150 cm.) de origen depositacional y avanzado desarrollo evolutivo, con colores marrón grisáceo muy oscuro y marrón amarillento oscuros; de textura arenosa y arenosa francosa, sin evidencia de estructura (grano simple) en superficie y en profundidad los colores son marrón amarillento, marrón fuerte, rojo amarillento y rojo, presencia de texturas francas arenosa a arcillosas.

La estructura es de tipo blocosa sub-angular, con desarrollo pedogenético débil a moderado y tamaño fino. Presentándose capas semi duras de material ferruginoso en forma de plintita entre los 80 cm y 150 cm de profundidad.

En lo que respecta a sus características químicas estos suelos muestran los siguientes valores: bajos contenidos de carbono orgánico; reacción fuerte a moderadamente ácida; baja capacidad de intercambio catiónico y muy baja saturación con bases.

La suma de todos sus valores químicos les confiere una baja a muy baja fertilidad natural y severas limitaciones nutricionales para los cultivos. La erosión en éstos suelos es muy ligera, de tipo laminar generalizada en toda la unidad.

En algunos lugares muy localizados de la unidad existen pequeñas depresiones donde se acumula agua durante largos períodos del año y constituyen canales por donde drena parte del exceso de aguas de lluvia.

### **2.2.3 Vegetación**

La vegetación predominante en la zona es típica de sabana tropical denominada por el clima tipo de suelo imperante de la región. La vegetación es herbácea y relativamente abundante, encontrando también arbustos de poca altura; los morichales y mereyales van a venir a construir una vegetación más diferenciada del resto de las existentes en el área (Casado, M., 1984).

La vegetación en su estado original, está conformada principalmente por formaciones herbáceo-arbustivas (figura 2.4), destacándose los matorrales, con una clara dominancia de la comunidad vegetal conocida sabanas dominadas por las especies: *Ouratea* sp. (Sierrito), *Casearia guianensis* (Tortolito), localizándose también individuos de las especies: *Croton conduplicatus* (Carcanapire), *Lasiacis anomala* (Carrizo), *Helicteres guazumaefolia* (Tornillo), *Talinum* sp., *Dalechampia scandens* y la epifita *Tillandsia flexuosa*.



Figura 2.4 Vista general de la vegetación dominante del área de estudio.

La Sabana representa la comunidad vegetal más importante por su extensión (50% aproximadamente de la superficie total del sur del estado Monagas); en su composición dominan las gramíneas del Género *Trachypogon* (Saeta, Paja Peludal), especies leñosos y chaparros (Casado, M., 1984).

Las gramíneas son de baja calidad forrajera y sustenta una ganadería extensiva. La vegetación arbustiva y arbórea, que está muy relacionada con los cursos de aguas como morichales, ríos, lagunas, que abundan en el área sur del estado. Entre las especies más importantes podemos destacar el Carcanapire (*Croton*Spp), Yopo (*Piptodenia peregrina*), Palo de Aceite (*Copoiferapubliflora*) y gramíneas del Género *Trachypogón* (Casado, M., 1984).

La vegetación arbórea corresponde a los bosques de galerías y las selvas veraneras. Vale la pena destacar la presencia de depresiones en la zona donde aflora la superficie piezométrica, lo que ha provocado el desarrollo de Morichales que constituyen una vegetación más diferenciada del resto existente en el área (Casado, M., 1984).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes de la investigación**

Para obtener información documental del tema de investigación es necesario hacer referencias a investigaciones anteriormente realizadas, relacionados con el tema en estudio, con la finalidad de comparar y ampliar la información. A continuación se citaron los siguientes proyectos de grado:

Echeverría, B. (2015), elaboró 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”**, presentando como objetivo específico presentar una propuesta de un sistema para la recolección de aguas de escorrentía de lluvia en el conjunto residencial mencionado.

De Santis, J. y Figuera, G. (2015), prepararon su trabajo de grado titulado **”PROPUESTA DE LA INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE AGUAS PLUVIALES DE LA CARRERA 3 ENTRE LA AVENIDA ANGOSTURA Y LA CALLE CENTRAL EN LA URBANIZACIÓN VISTA HERMOSA, EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**, siendo el objetivo principal de esa investigación el de exponer la ingeniería básica del sistema de drenaje superficial de las calles mencionadas del sector Vista Hermosa de Ciudad Bolívar.

Rabat, M. y Somoza, A. (2015), publicaron su trabajo de grado titulado **”PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS PLUVIALES MEDIANTE CANALES ABIERTOS EN EL URBANISMO JOSÉ MARÍA VARGAS, UBICADO EN PALITAL, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”**, cuyo objetivo consistía en presentar la ingeniería básica de un sistema de drenaje de aguas de lluvia basado en canales para el desarrollo urbanístico antes mencionado.

Los tres (3) estudios mencionados servirán de valioso aporte metodológico para el desarrollo cabal de la presente investigación.

Quintal y Velásquez (2009), en su trabajo de grado titulado: **“ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA DISEÑAR SISTEMAS DE DRENAJES TRANSVERSALES EN EL TRAMO VIAL LAS CAÑAS-GUANOCO, MUNICIPIO BENÍTEZ, ESTADO SUCRE”** concluyeron que la delimitación de las cuencas con la cartografía en físico refleja líneas divisorias de acuerdo al comportamiento de las curvas de nivel, las cuales dan una idea de la dirección del flujo del agua hacia un punto de descarga que intercepta la trayectoria vial del tramo en estudio. Se considera de gran importancia este estudio y se relaciona con la presente investigación debido a que nos proporciona información acerca de cómo trabajar con la cartografía, mostrando así el comportamiento de las curvas de nivel.

Córcega, M., Flores, H., González, A. y Rodríguez, L. (1995), en su proyecto titulado: **“EMBAULAMIENTO DE LA QUEBRADA CAÑO AMARILLO EN EL RINCÓN DE CARIPITO, MUNICIPIO BOLÍVAR”**. Se destaca como objeto general: Diseñar un sistema de embaulamiento para la quebrada de caño Amarillo en el sector el rincón, el cual evite el estancamiento y desbordamiento permitiendo un mejor desarrollo urbano y social. El estudio guarda estrecha relación con la

investigación ya que requiere el diseño de un sistema que evite el desbordamiento o colapso del agua y proporcione una mejor calidad de vida a la población cercana.

Morales y Ontón (2010) en su trabajo de grado titulado “**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES ADYACENTES AL CANAL DE CINTURA EXISTENTE DESDE LA PROGRESIVA 1+235 HASTA LA 2+554 EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**”. Concluyeron que en las curvas I.D.F fueron posibles representar lluvias de duraciones inferiores a 1 h, a pesar de que fueron elaboradas con datos de precipitaciones superiores a 1h (1,3,6,9,12 y 24)h, esto se debe a los métodos estadísticos aplicables a la hidrología, como fueron los métodos gráfico y analítico.

La investigación antes mencionada se vincula con nuestro estudio debido a que proporciona conocimientos acerca de los sistemas de drenajes de aguas pluviales y las posibles consecuencias que pueden presentarse si no se le realiza un mantenimiento constante evitando la acumulación de desperdicios dentro de ellos.

Hernández, José y Espinosa, Oscar (2008), elaboraron el trabajo de investigación titulado: “**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DRENAJE PARA EL SECTOR COLINAS DE BELLO MONTE, CARIPITO, ESTADO MONAGAS**”, con el objeto de solucionar un problema que se presenta en esta comunidad sobre el drenaje de aguas servidas.

Esta propuesta está asociada al estudio que se va a realizar ya que presenta de manera concisa los pasos necesarios para solucionar la problemática del manejo de aguas servidas en un urbanismo, elaborando un sistema de drenajes que conduzca las mismas a puntos de descargas adecuados en el que no se perjudique a la población existente.

## **3.2 Fundamentos teóricos**

### **3.2.1 Hidrología urbana**

Es la rama de la hidrología que estudia la hidrología de las zonas urbanas y metropolitanas, y describe los procedimientos utilizados en la determinación de los escurrimientos para la planificación y proyecto de sistemas de drenaje urbano.

### **3.2.2 Sistemas de drenaje**

Se entenderá por sistema de drenaje 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.

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.

### **3.2.3 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.

### **3.2.4 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.

### **3.2.5 Tipos de Drenaje**

#### **3.2.5.1 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.

#### **3.2.5.2 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.

### **3.2.5.3 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.

### **3.2.6 Variables hidrometeorológicas**

#### **3.2.6.1 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 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  $\text{m}^3/\text{s}$ , 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.

#### **3.2.6.2 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.

### **3.2.6.3 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.

### **3.2.6.4 Precipitación**

Se denomina precipitación, a 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.

#### **3.2.6.5 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.

### **3.2.6.6 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.

### **3.2.6.7 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.

### **3.2.6.8 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.

### **3.2.6.9 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  $\rho$  en función de la altitud  $z$  o de la presión  $p$ .

### **3.2.6.10 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.

### **3.2.6.11 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.

### **3.2.6.12 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.

### **3.2.6.13 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.

### **3.2.7 Canales abiertos**

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua, fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial. En los canales naturales influyen todos los tipos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes, y estuarios de mareas. Las corrientes subterráneas

que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales.

Las propiedades hidráulicas de un canal natural por lo general son muy irregulares. En algunos casos pueden hacerse suposiciones empíricas razonablemente consistentes en las observaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujo en estos canales se vuelvan manejables mediante tratamiento analítico de la hidráulica teórica.

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras etc., así como canales de modelos de laboratorio con propósitos experimentales; las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirán, por tanto, resultados bastantes similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseños.

### **3.2.8 Tipos de canales abiertos**

Los canales abiertos pueden ser clasificados como naturales o artificiales. La terminología de canal natural se refiere a todos los canales que han sido desarrollados por procesos naturales y que no han tenido una mejoría significativa por parte de los humanos.

Dentro de esta categoría están los riachuelos, grandes y pequeños ríos y los estuarios. La teoría de canales artificiales incluye todos los canales que han sido desarrollados por el esfuerzo humano. Dentro de esta categoría están los canales de navegación, canales de fuerza e irrigación, cunetas y asequias de drenaje.

En este caso, se van a desarrollar los tipos de canales abiertos artificiales, dentro de la amplia categoría los canales abiertos tienen la siguiente subdivisión:

### **3.2.8.1 Prismáticos**

Un canal prismático es el que tiene constantes tanto la forma transversal como la pendiente del fondo. Los canales que no entran en este criterio son los llamados no-prismáticos.

### **3.2.8.2 Canal**

El termino canal se refiere a un gran conducto abierto de pendiente suave. Estos conductos abiertos pueden ser no revestidos o revestidos con concreto, cemento, pasto, madera, materiales bituminosos, o una membrana artificial.

### **3.2.8.3 Medidor de régimen crítico**

En la práctica el término medidor de régimen crítico se refiere a un canal construido sobre la superficie del terreno para conducir un flujo a través de una depresión.

Estos medidores usualmente se construyen de madera, metal, mampostería o concreto. El término medidor de régimen crítico es también aplicado a canales construidos en el laboratorio para estudios básicos y de aplicación.

### **3.2.8.4 Caída y disipadores**

Una caída es un canal de pendiente fuerte. Un canal disipador también tiene una pendiente fuerte pero mucho menor que una caída.

### **3.2.8.5 Alcantarilla**

Una alcantarilla fluye solo parcialmente llena, y se trata de un canal abierto principalmente utilizado para drenar carreteras, caminos y calles.

### **3.2.9 Tipos de flujo en canales**

#### **3.2.9.1 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.

#### **3.2.9.2 Flujo transitorio o no permanente**

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

#### **3.2.9.3 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

#### **3.2.9.4 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.

#### **3.2.9.5 Flujo subcrítico o flujo lento**

Es el nivel efectivo del agua en una determinada sección.

#### **3.2.9.6 Flujo crítico**

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

#### **3.2.9.7 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.

#### **3.2.10 Estados del flujo**

El estado o comportamiento del flujo en un canal abierto es gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad relativa a las fuerzas de inercia del flujo.

Dependiendo del efecto de la viscosidad relativa a la inercia, el flujo puede ser laminar, turbulento o de transición.

a. El flujo es laminar si las fuerzas viscosas son tan fuertes comparadas con las fuerzas de inercia, que la viscosidad juega un papel importante para determinar el comportamiento del flujo. En flujo laminar, las partículas del fluido parecen moverse en recorridos calmados definidos, o líneas de corriente, y las capas infinitesimalmente delgadas del fluido parecen deslizarse sobre las capas adyacentes.

b. El flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles comparadas con las fuerzas de inercia. En el flujo turbulento, las partículas del fluido se mueven en recorridos irregulares, los cuales no son ni calmados ni determinados pero en su conjunto todavía representan el movimiento hacia adelante de la corriente total.

Entre los estados laminar y turbulento de la corriente, hay un estado mixto o estado de transición. El efecto de viscosidad relativo al de inercia puede representarse por el número de Reynolds. En la mayor parte de los canales abiertos el flujo laminar ocurre muy raramente. En efecto, el hecho de que la superficie de una corriente parezca lisa y tersa para un observador no es en ningún modo una indicación de que el flujo sea laminar; más probablemente, ello indica que la velocidad de la superficie es más baja que la requerida para que se formen ondas capilares.

El efecto de la gravedad sobre el estado del flujo se representa por una relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad. Esta relación es conocida como el Número de Froude.

a. Si el Número de Froude es mayor a la unidad ( $F > 1$ ), el flujo se denomina supercrítico.

b. Si el Número de Froude es menor a la unidad ( $F < 1$ ), el flujo se denomina subcrítico.

c. Si el Número de Froude es igual a la unidad ( $F = 1$ ), el flujo se denomina crítico.

### **3.2.11 Distribución de velocidades en canales**

Debido a la presencia de la superficie libre y a la fricción a lo largo de las paredes del canal, las velocidades en un canal no están uniformemente distribuidas en su sección. La máxima velocidad medida en canales normales a menudo ocurre por debajo de la superficie libre a una distancia de 0,05 a 0,25 de la profundidad, cuanto más cerca de las bancas, más profundo se encuentra este máximo. En una corriente ancha, rápida, y poco profunda o en un canal muy liso, la velocidad máxima por lo general se encuentra en la superficie libre.

La rugosidad del canal causa un incremento en la curvatura de la distribución vertical de velocidades. El viento en la superficie tiene muy poco efecto en la distribución de velocidades. En canales abiertos anchos, la distribución de velocidades en la región central de la sección es en esencia la misma que existiría en un canal rectangular de ancho infinito, los lados del canal no tienen prácticamente ninguna influencia en la distribución de velocidades en la región central. Un canal abierto ancho es similar a un canal rectangular cuyo ancho es mayor que diez veces la profundidad del flujo.

La distribución de velocidades en una sección de canal depende también de otros factores, entre ellos la forma inusual de la sección, la presencia de curvas a lo largo del canal, etc. En una curva, la velocidad se incrementa de manera sustancial en el lado convexo, debido a la acción centrífuga del flujo.

### **3.2.12 Geometría de canal**

El termino sección de canal se refiere a la sección transversal de un canal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo. Una sección vertical de canal, sin embargo, es la sección vertical que pasa a través del punto más bajo de la sección de canal. Para canales horizontales, por consiguiente, la sección del canal es siempre una sección vertical de canal.

Las secciones de canales naturales son, por lo general, muy irregulares, y a menudo varían desde aproximadamente una parábola hasta aproximadamente un trapecio. Para corrientes sujetas a crecientes frecuentes, el canal puede constar de una sección principal del canal que conduce los caudales normales y una o más secciones laterales de canal para acomodar los caudales de desborde.

Secciones geométricas cerradas diferentes del círculo se utilizan con frecuencia en alcantarillados de aguas negras, de manera particular para alcantarillas suficientemente grandes que permiten la entrada de un hombre. Estas secciones reciben diferentes nombres de acuerdo con su forma; pueden ser en forma de huevo, ovoides, semi-elípticas, en forma de U, catenaria, herradura, manija de canasto, etc. Los rectángulos y cuadrados completos, también son comunes en alcantarillados grandes. Las dimensiones y propiedades de secciones de alcantarillas se encuentran en textos sobre alcantarillados.

Una sección geométrica especial, conocida como lintearia, es la forma de la sección transversal de un canal compuesto por hojas flexibles que se suponen de peso insignificante, lleno con agua hasta la parte superior de la sección y firmemente soportado en los extremos superiores de los lados pero sin efecto de fijación. La catenaria hidrostática ha sido utilizada para diseño de algunas canaletas elevadas de irrigación. Estas canaletas se construyen utilizando laminas metálicas tan delgadas, que su peso es insignificante, las cuales se unen firmemente a vigas en los extremos superiores.

### **3.2.13 Elementos geométricos de una sección de canal**

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección. Para secciones complicadas y secciones de corriente natural, sin embargo, no se puede escribir una ecuación simple para expresar estos elementos, pero pueden prepararse curvas que representen la relación entre estos elementos y la profundidad de flujo para uso en cálculos hidráulicos.

A continuación se muestran las definiciones de elementos geométricos de importancia básica:

El área mojada  $A$  es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de flujo. El ancho superficial  $T$  es el ancho de la sección del canal en la superficie libre. El perímetro mojado  $P$  es la longitud de la línea de intersección de la superficie del canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo. El radio hidráulico  $R$  es la relación del área mojada  $A$  con respecto a su perímetro mojado  $P$ .

$$R = A/P \quad (3.1)$$

Dónde:

R: Radio Hidráulico.

A: Área mojada.

P: Perímetro mojado.

La profundidad hidráulica  $D$  es la relación entre el área mojada  $A$  y el ancho en la superficie  $T$ .

$$D = A/T \quad (3.2)$$

Dónde:

D: Profundidad hidráulica.

A: Área mojada.

T: Ancho superficial.

El factor de sección para el cálculo de flujo crítico  $Z$  es el producto del área mojada  $A$  y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica  $D$ .

$$Z = A/\sqrt{D} \quad (3.3)$$

Dónde:

Z: Factor sección.

A: Área mojada.

D: Profundidad hidráulica.

La profundidad de flujo,  $y$ , es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre, y esta se determina a partir de mediciones directas en el canal de estudio o de tablas establecidas. A menudo este término se intercambia con la profundidad de flujo de la sección,  $d$ . En efecto, la profundidad de flujo de la sección es la profundidad de flujo perpendicular a la dirección de este, o la altura de la sección del canal que contiene el agua. Para un canal con un ángulo de pendiente longitudinal  $\theta$ , puede verse que la profundidad de flujo es igual a la profundidad de sección de flujo dividida por  $\cos \theta$ . En el caso de canales empinados, por consiguiente, los dos términos deben utilizarse de manera discriminada. El nivel es la elevación o distancia vertical desde un nivel de referencia o datum hasta la superficie libre. Si el punto más bajo de la sección de canal se escoge como el nivel de referencia, el nivel es idéntico a la profundidad de flujo. (tabla 2).

### 3.2.14 Ecuaciones fundamentales que rigen el flujo de un canal

En varios flujos de canales abiertos de importancia práctica, el número de Reynolds excede a 12500 y el régimen del flujo es turbulento. La aparente naturaleza aleatoria de la turbulencia ha llevado a muchos investigadores a suponer que este fenómeno puede ser descrito en términos estadísticos. Con base en esta suposición, es conveniente definir la velocidad instantánea en términos de una velocidad de tiempo promedio y una fluctuación de componente aleatorio. Para un sistema de coordenadas cartesianas, las velocidades instantáneas en las direcciones  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , son respectivamente:

$$\mathbf{v} = \bar{\mathbf{v}} + \mathbf{v}' \quad (3.4)$$

Nota: Las velocidades promedio utilizadas arriba pueden ser determinadas promediando sobre el tiempo en un punto en el espacio o sobre un área horizontal a un punto en el tiempo. Desde este punto y en adelante, las estadísticas pertinentes se

definirán únicamente en la dirección  $x$  con el entendimiento tácito de que estas definiciones se aplican también a las dos direcciones remanentes de las coordenadas cartesianas. La velocidad de tiempo promedio es definida como:

$$\bar{u}T = \frac{1}{T} \int_0^T u dt \quad (3.5)$$

Dónde:

T: Indica una escala de tiempo que es mucho mayor que la escala de tiempo de turbulencia.

La velocidad promedio espacialmente es dada por:

$$\bar{u} = \frac{1}{A} \iint_A u dA \quad (3.6)$$

Entonces, cuando las fluctuaciones de la velocidad turbulenta sean aleatorias en términos de un tiempo promedio, se utilizara:

$$\bar{u}' = \frac{1}{T} \int_0^T u' dt \quad (3.7)$$

Los parámetros estadísticos de interés son:

1. Raíz cuadrada media (rcm) del valor de las fluctuaciones de velocidad.

$$rcm(u') = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T (u')^2 dt \right]^{1/2} \quad (3.8)$$

2. Energía cinética promedio (EC) de la turbulencia por unidad de masa.

$$\frac{(EC) \text{ promedio de turbulencia}}{\text{Masa}} = \frac{[(\overline{u'})^2 + (\overline{v'})^2 + (\overline{w'})^2]}{2} \quad (3.9)$$

3. Correlaciones entre variables que miden el grado en que dos variables son interdependientes. En el caso de las fluctuaciones de velocidad en el plano  $xy$ , el parámetro siguiente mide la correlación que existe entre  $u'$  y  $v'$ . En un fluido cortante turbulento,  $\overline{u'v'}$  es finito: por lo tanto, se concluye  $u'$  y  $v'$  están correlacionados.

$$\overline{u'v'} = \frac{1}{T} \int_0^T u' v' dt \quad (3.10)$$

### 3.2.15 Energía específica en un canal

Un principio central en cualquier tratamiento de la hidráulica de flujo en canales abiertos debe ser la ley de conservación de energía. Recuérdese de la mecánica de fluidos elemental, que la energía total de una porción de agua viajando sobre una línea de corriente está dada por la ecuación de Bernoulli o:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} \quad (3.11)$$

Dónde:

H: Energía específica.

z: Elevación de la línea de corriente sobre un plano de referencia.

p: Presión.

$\gamma$ : Peso específico del fluido.

$p/\gamma$ : Carga de presión.

u: Velocidad de la línea de corriente.

$u^2/2g$ : Carga de velocidad.

$g$ : Aceleración local de la gravedad.

La suma  $z + (p/\gamma)$  define la elevación de la línea de gradiente hidráulico sobre el plano de referencia; en general, el valor de esta suma varía de punto a punto a lo largo de la línea de corriente. Para examinar la variación de esta suma bajo diversas circunstancias, considérese una partícula de área en la sección transversal  $\delta A$ , longitudinal  $\delta s$ , densidad  $\rho$ , y masa  $\rho \delta A \delta s$  moviéndose a lo largo de una línea de corriente arbitraria en la dirección  $+S$  (Fig. X). Si se supone que el fluido es sin fricción, entonces no hay fuerzas cortantes, y únicamente la fuerza gravitacional del cuerpo y las fuerzas en la superficie sobre los límites de la partícula, deben de ser considerados. La fuerza gravitacional es  $\rho g \delta A \delta s$ , la fuerza de presión sobre la cara que está aguas arriba es  $p \delta A$ , y la fuerza de presión sobre la cara aguas abajo es  $[p + (\delta p/\delta s)\delta s] \delta A$ . Aplicando la segunda ley de movimiento de Newton en la dirección del flujo, se obtiene:

$$F_s = a_s \delta m$$

O de igual manera 
$$\rho a_s \delta A \delta s = p \delta A - \left( p + \frac{\partial p}{\partial s} \delta s \right) \delta A - \rho g \delta A \delta s \cos \theta$$

Dónde:

$a_s$ : Aceleración de la partícula del fluido a lo largo de la línea de corriente.

Simplificando esta ecuación tenemos:

Produce

$$\frac{\partial}{\partial s} (p + \gamma z) + \rho a_s = 0 \quad (3.12)$$

La ecuación (3.12) es conocida como la ecuación de Euler de movimiento a lo largo de una línea de corriente. Si  $a_s = 0$ , la ecuación (3.12) puede ser integrada para

obtener la ley hidrostática; i.e., la presión varía en forma lineal con respecto a la profundidad.

Las implicaciones de la ecuación (3.12) en el flujo de canales abiertos son significativas. Primero, se ignoran fluctuaciones menores producidas por la turbulencia y las líneas de corriente no tienen componentes de aceleración en el plano de la sección transversal, i.e., las líneas de corriente no tienen curvatura sustancial ni divergencia, entonces el flujo se denomina paralelo y prevalece una distribución de presión hidrostática. En la práctica, muchos flujos uniformes y flujos gradualmente variados pueden ser considerados como flujos paralelos con distribuciones de presiones hidrostáticas en donde la divergencia y curvatura de las líneas de corriente son despreciables. En un flujo paralelo, la suma  $z + p/\gamma$  es constante e igual al tirante del flujo  $y$ , si el plano de referencia es tomado como el fondo del canal. Entonces, por definición, la energía específica de un flujo en el canal abierto relativo al fondo del canal es:

$$E = y + \alpha \frac{\bar{u}^2}{2g} \quad (3.13)$$

Dónde:

A: Factor de corrección de energía cinética que es usado para corregir la no-uniformidad del perfil de velocidad.

$\bar{u}$ : Velocidad promedio del flujo. ( $\bar{u} = Q/A$  donde A es el área hidráulica y Q es el gasto).

La suposición inherente en la ecuación (3.13) es que la pendiente del canal es pequeña, o  $\cos \theta \approx 1$ , y  $y \approx d \cos \theta$ . En general, si  $\theta < 10^\circ$  ó  $S < 0.018$  donde S es la pendiente del canal, la ecuación (3.13) es válida.

Si  $\theta$  no es pequeña, entonces la distribución de presiones no es hidrostática cuando el tirante vertical del flujo es significativamente diferente del tirante medido perpendicularmente al fondo del canal. Además, en canales de gran pendiente, e.g., caídas rápidas, el flujo contiene aire lo que cambiara tanto la densidad como el tirante del fluido. En el material subsecuente, a menos que se especifique otra cosa, debe suponerse que la pendiente del canal es tal que existe una distribución de presión hidrostática.

Además si  $\alpha_s \neq 0$ , entonces las líneas de corriente de un flujo cualquiera tendrán una cantidad significativa de curvatura o divergencia, y el flujo se denominara curvilíneo. Tal situación puede ocurrir cuando el fondo del canal esta curvado, en compuertas, y en cascadas a caídas libres. En tales casos, la distribución de presiones no es hidrostáticas, y debe estimarse un factor de corrección de presión. En situaciones de flujo cóncavo, las fuerzas resultantes de la curvatura de las líneas de corriente refuerzan las fuerzas de gravedad. En el caso de flujo convexo, las fuerzas resultantes de la curvatura de las líneas de corriente actúan contra las fuerzas gravitacionales. Si un canal tiene un perfil longitudinal curvado, entonces la desviación de la distribución de presiones a partir de la condición hidrostática puede estimarse desde una aplicación de la segunda ley de Newton.

$$c = \frac{y}{g} \frac{\overline{u^2}}{r} \quad (3.14)$$

Dónde:

r: Radio de curvatura del fondo del canal. La verdadera distribución de presiones en una sección es entonces:

$$p = y \pm \frac{y}{g} \frac{\overline{u^2}}{r} \quad (3.15)$$

Dónde:

Los signos más o menos son usados respectivamente, con flujos cóncavos o convexos. En muchos casos, es conveniente definir un coeficiente de presión tal que, la carga de presión en un flujo curvilíneo pueda definirse como  $\alpha'$  y donde  $\alpha'$  sea igual al coeficiente de presión. Puede demostrarse que:

$$\alpha' = 1 + \frac{1}{Qy} \iint_A cu \, dA \quad (3.16)$$

Dónde:

Q: Gasto total.

dA: Un incremento de área.

Entonces,  $\alpha' > 1$  para flujo cóncavo,  $\alpha' = 1$  para flujo paralelo, y  $\alpha' < 1$  para flujo convexo.

Para flujos curvilíneos complejos, la distribución de presiones puede estimarse a partir de mallas o redes de flujo o con pruebas de modelos.

### 3.2.16 Estimación de gastos máximos. Método racional

Este método es el más utilizado en todo el mundo sin dejar de lado a Venezuela donde actualmente se utilizan en proyectos de ingeniería vial, sanitaria e hidrológica. El método supone que si sobre un área determinada cayese una precipitación de intensidad uniforme en el tiempo y en el espacio, llegará un momento en el que la cantidad de agua que cae equivale a la que sale del área, siempre y cuando esta sea impermeable (áreas urbanizadas).

Su uso debe limitarse a áreas pequeñas (100 a menos hectáreas) y para lluvias de duración superior a unos 15 minutos. Su aseveración fundamental radica en decir que el gasto pico es directamente proporcional al producto del área de la cuenca por la intensidad de la lluvia.

El tiempo al cual se alcanza la equivalencia es el denominado tiempo de concentración  $t_c$ . Aun en el caso de que el área fuese totalmente impermeable, existirían pérdidas por evaporación y almacenamiento en depresiones, por ello la constante de proporcionalidad, llamada Coeficiente de Escurrimiento  $C$  ajusta la relación entre el volumen precipitado por unidad de tiempo  $i A$ , al volumen escurrido por unidad de tiempo; cubriendo según la formula, todos los otros factores involucrados en el ciclo hidrológico incluyendo la amortiguación por transito decrecientes; es decir,  $C$  es una relación de precipitación – escurrimiento.

El cálculo del gasto se hace de acuerdo a la siguiente formula:

$$Q = \frac{C.i.A}{360} \quad (3.17)$$

Dónde:

$Q$ : Gasto máximo en m<sup>3</sup>/seg.

$C$ : Coeficiente de escorrentía.

$A$ : Área tributaria en hectáreas.

$i$ : Intensidad de la lluvia en mm/h para una duración igual al tiempo de concentración  $t_c$  del área tributaria.

La fórmula también puede ser expresada de la siguiente forma:

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (3.18)$$

Dónde:

$Q$ : Gasto máximo en litros/seg.

$i$ : Intensidad de la lluvia en litros/seg/hectáreas.

$A$ : Área tributaria en hectáreas.

$C$ : Coeficiente de escorrentía.

El método tiene una serie de limitaciones a saber:

1. La lluvia es uniforme en el tiempo; es decir, su intensidad es constante, lo cual, en la práctica, es solo verdad para duraciones muy cortas.
2. La lluvia es uniforme en el espacio; es decir, tiene la intensidad al mismo tiempo sobre toda el área tributaria. Esto es prácticamente valido para áreas muy pequeñas.
3. Ignora el efecto de almacenamiento o retención temporal en las superficies, conductos, cauces, etc., el cual es mayor mientras menos impermeable sea el área.
4. El coeficiente de escorrentía es constante, lo cual es solo cierto para áreas impermeables.

5. Supone que el gasto calculado tiene la misma frecuencia de la precipitación, lo cual es más cierto en áreas impermeables, donde las condiciones previas de humedad del subsuelo no influyen significativamente en la esorrentía.

Las limitaciones anteriores llevan a la conclusión de que la formula racional puede arrojar resultados aceptables solo si el área es pequeña y tiene un alto porcentaje de impermeabilidad, siendo además el  $t_c$  corto. Cuando estas recomendaciones no se observen la tiende a dar valores mayores que los reales. El procedimiento de aplicación de la formula se reduce básicamente a encontrar los valores adecuados de  $t_c$  y  $C$ .

### **3.2.17 Tiempo de concentración**

Se define como el tiempo que toma la primera gota en llegar desde el punto más alejado de la hoya correspondiente, hasta el punto de recolección. Para el diseño de los colectores de aguas de lluvia en zonas urbanas, este tiempo de concentración representa la suma de dos tiempos:

1. El tiempo de escurrimiento, que es el tiempo que tarda la partícula más alejada en escurrir sobre la superficie ( $t_e$ ).
2. El tiempo de traslado que tomara el caudal, en desplazarse en una longitud de colector comprendida entre dos captaciones consecutivas ( $t_t$ ).

El primero, tiempo de escurrimiento en la superficie, a través de laderas, cunetas, canales o sobre las zonas de escurrimiento natural, puede ser estimado o calculado para las distintas características del suelo.

El tiempo que tarda el agua en escurrir en laderas puede estimarse en base a las velocidades recomendadas en el Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas.

Nota: En el presente solo se tomará en cuenta el primer caso que tiene relación en el diseño de canales abiertos.

Tabla 3.1 Velocidades de escurrimiento en laderas. Cobertura Vegetal (V= m/minutos). (Arocha Ravelo, 2012).

COBERTURA VEGETAL			
Pendiente de la ladera (%)	Vegetación densa o de cultivos	Pastos o vegetación ligera	Ninguna vegetación
0 – 5	25	40	70
5 – 10	50	70	120
10 – 15	60	90	150
15 – 20	70	110	180

No se deberán considerar tiempos de concentración menores de cinco minutos.

$$T_c = 0,0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (3.19)$$

Dónde:

L: Longitud del cauce más largo, en metros.

H: Diferencia de elevación entre el punto más remoto de la cuenca y la salida de la misma, en metros.

En el caso de cunetas rurales, tal determinación se hace basada en medidas hechas directamente sobre el terreno, determinando la mayor distancia o recorrido de la partícula más alejada o bien por mediciones hechas en planos topográficos. En este sentido el Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas (MOP) presenta la figura 1.

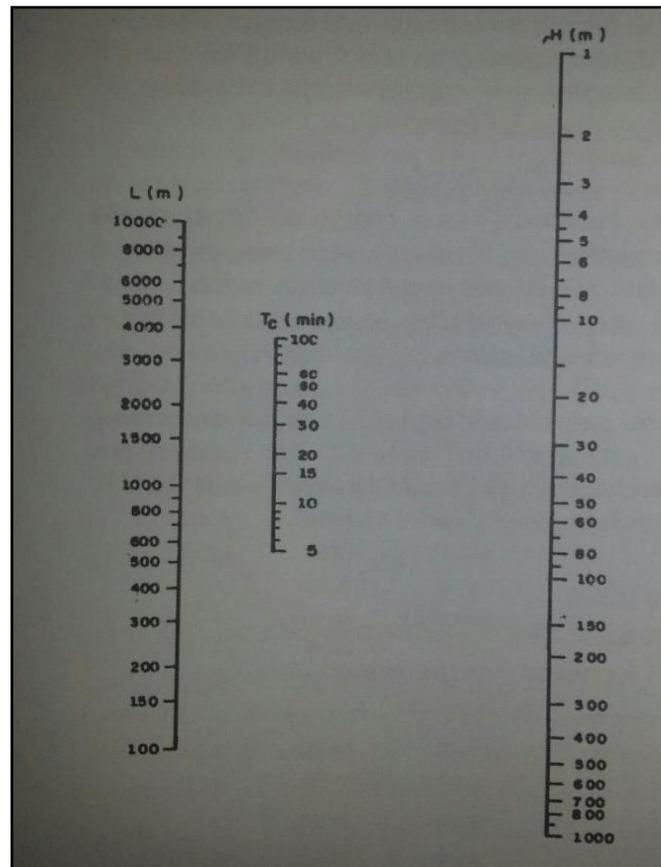


Figura 3.1 Abaco para estimación del tiempo de concentración en cuencas rurales (Arocha, 2012).

### 3.2.17 Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento  $C$  representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa y toma valores entre cero y uno, varía apreciablemente entre una cuenca y otra, y de una tormenta a otra, debido a las condiciones de humedad iniciales. Sin embargo, es común tomar valores de  $C$  representativos de acuerdo con ciertas características de las cuencas como la vegetación, pendientes del terreno y uso de suelos.

$$C = \frac{\text{Volumen escorrentia superficial}}{\text{Volumen total precipitado}} \quad (3.20)$$

Una forma de visualizar el significado del Coeficiente de Escorrentía es tratarlo en términos de porcentaje de lluvia.

Por ejemplo, un Coeficiente de Escorrentía de 0,85 conduciría a pensar en una escorrentía que representa el 85% de la lluvia total asociada.

Dicho de otra forma, por cada 100 litros por metro cuadrado precipitados en una Cuenca Hidrográfica, 85 litros por metro cuadrado se convertirán en flujo superficial.

Los coeficientes de escorrentía recomendados por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, ofrece valores para usos indicativos de la tierra y para tipos de superficie.

Se calcularon valores de C adaptados a los usos de tierras comunes en Venezuela (tipo de zonificación), de acuerdo a planes de desarrollo urbano; estos valores provienen de un cálculo de las superficies impermeables y no impermeables de cada tipo de uso, utilizando los valores de tabla X para valores de C de cada tipo de superficies, se ha tratado de simplificar la selección del coeficiente.

La selección del coeficiente C para uso multifamiliar, industrial y comercial depende fundamentalmente del grado de ocupación con superficies impermeables y no impermeables y no de la pendiente del terreno; es por esto que solo se indican límites para el coeficiente (tabla 4).

Tabla 3.2. Coeficiente de escurrimiento (Bolinaga, 1979).

TIPO DE ÁREA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "C"
<b>a) Comercial</b>	
Centro de la Ciudad	0.70 a 0.95
Alrededores	0.50 a 0.70
<b>b) Residencial</b>	
Unifamiliar	0.30 a 0.50
Multifamiliar separado	0.40 a 0.60

Multifamiliar agrupado	0.60 a 0.75
Sub-Urbana	0.25 a 0.40
<b>c) Industrial</b>	
Liviana	0.50 a 0.80
Pesada	0.60 a 0.90
<b>d) Otros</b>	
Parques y cementerios	0.10 a 0.25
Parques para juegos	0.20 a 0.35
<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>	<b>VALORES DE "C"</b>
<b>a) Pavimentos</b>	
Asfalto o concreto	0.70 a 0.95
Ladrillo	0.70 a 0.85
<b>b) Techos y azoteas</b>	0.70 a 0.95
<b>c) Caminos de grava</b>	0.30
<b>d) Áreas de suelo arenoso</b>	
Llanas (2%)	0.05 a 0.10
Medianas (2 a 7%)	0.10 a 0.15
Inclinadas (7% o más)	0.15 a 0.20
<b>e) Áreas de suelo pesado</b>	
Llanas (2%)	0.13 a 0.17
Medianas (2 a 7%)	0.18 a 0.22
Inclinadas (7% o más)	0.25 a 0.35

Tabla 3.3. Coeficientes de escurrimiento de acuerdo a la zonificación del uso de tierra (Bolinaga, 1979).

USO DE TIERRA	DENOMINACIÓN ZONIFICACIÓN*	VALOR DE "C" PENDIENTE MEDIA DEL TERRENO		
		SUAVE 2%	MEDIA 2-7%	FUERTE > 7%
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR	R1	0,40	0,45	0,50
	R2 y R3	0,45	0,50	0,55
	R4 y R5	0,48	0,58	0,65
MULTIFAMILIAR	R4, R5, R6, y R7	0,65 a 0,85		
	R8, R9 y R10	0,70 a 0,95		
<b>INDUSTRIAL</b>	-----	0,75 a 0,95		
<b>COMERCIAL</b>	-----	0,75 a 0,95		
<b>PARQUES</b>	-----			
PARQUES		0,25	0,30	0,35
ZONAS VERDES		0,15	0,20	0,35

(\*) Los usos residenciales tienen las siguientes densidades brutas en habitantes por hectáreas:

Unifamiliares: R1: 20 a 25; R2: 40 a 45; R3: 70 a 80; R4 y R5: 110 a 115

Multifamiliares: R4: 175 a 210; R5: 185 a 225; R6: 210 a 280; R7: 220 a 300; R9 y R10: Más de 280.

Los coeficientes de las tablas (anteriores) deben modificarse de acuerdo al grado de protección.

La tabla 3.4 muestra el factor por el cual podrían ser multiplicados los referidos coeficientes, para hallar el coeficiente final de acuerdo al criterio anterior.

Tabla 3.4. Factores de incremento de “C”  
(Bolinaga, 1979).

<b>PERÍODO DE RETORNO (Años)</b>	<b>FACTOR</b>
2 a 10	1,00
25	1,10
50	1,20
100	1,25

Nota: Si “C” da mayor que 1,00 se adopta este último valor.

### **3.2.18 Curvas Intensidad, duración y frecuencia.**

Con respecto a las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), es importante señalar que éstas son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno.

Junto con la definición de las curvas, surgen otros elementos a considerar, como son la intensidad de precipitación, la frecuencia o la probabilidad de excedencia de un determinado evento. Además, es de suma importancia tener claro el concepto de cada una de estas variables, de modo de tener una visión más clara de las mismas.

### **3.2.18.1 Intensidad:**

En este sentido se debe destacar que la intensidad, según Chow et al (1994), se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la altura de agua de precipitación por unidad de tiempo (mm/hr ó pulg/hr), y ésta se expresa como:  $i = P / T_d$ .

Donde P es la altura de agua de precipitación en mm o pulgadas, y T<sub>d</sub> es la duración de la lluvia, dada usualmente en hr. Es importante señalar, que cuando sólo se dispone de un pluviómetro en una estación, es evidente que en general sólo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Como se comprenderá, esta información puede inducir a grandes errores por defecto, por cuanto las lluvias de corta duración son en general las más intensas. Es natural entonces que las determinaciones de intensidades de lluvia se hagan a partir de los registros proporcionados por los pluviógrafos.

### **3.2.18.2 Probabilidad de excedencia**

Se define como la probabilidad de que un cierto valor a asumir por la variable aleatoria sea superado. Se define por  $1 / T$ , en donde T es el período de retorno; por consiguiente, la probabilidad de excedencia sirve para estimar riesgos en obras civiles en general, y poder tener una aplicación a largo plazo en el sector productivo. Además, dentro de las aplicaciones de la estadística, usadas comúnmente en la hidrología, está la determinación de la probabilidad o del período de recurrencia de determinado suceso.

### **3.2.18.3 Frecuencia**

La frecuencia se expresa en función del período de retorno (T), que es el intervalo de tiempo promedio (expresado en años) entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

Las normas INOS establecen que para el cálculo del caudal de aguas de lluvia se estimen las frecuencias siguientes:

- a. Para zonas residenciales, de 2 a 3 años
- b. Para zonas comerciales y de valor elevado, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica.
- c. Para obras de canalizaciones de cursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.

### **3.2.19 Área de captación y cuenca de drenaje.**

Debemos entender por cuenca hidrográfica o cuenca de drenaje, que es un territorio drenado por un sistema de drenaje natural. Las cuencas hidrográficas son delimitadas por una línea de cumbres, también llamadas divisoria de agua o divisoria topográfica.

Según Bastidas, una cuenca es una unidad de territorio que capta la precipitación, transita el escurrimiento y la escorrentía, hasta un punto de salida en el cauce principal o igualmente, es un área delimitada por una divisoria topográfica que drena a un drenaje común.

El área de captación del agua de lluvia se obtiene con la ecuación:

$$A = a \cdot b \quad (3.21)$$

Dónde:

A: Área de captación, m<sup>2</sup>.

a: Ancho de la casa en metros.

b: Largo de la casa en metros.

En caso de que no exista el área de captación, se diseña en función de la demanda anual de los habitantes a beneficiar y de la precipitación pluvial neta anual.

$$A_{ec} = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} \bar{P}N_j} \quad (3.22)$$

Dónde:

$A_{ec}$ : Es el área de captación necesaria para abastecer la demanda de agua a una familia o comunidad, en m<sup>2</sup>.

$D_{anual}$ : Demanda de agua anual que necesita una población.

$\sum_{j=1}^{12} \bar{P}N_j$  : Suma de las precipitaciones netas medias mensuales que originan escurrimiento, en mm.

### 3.2.20 Determinación de la capacidad hidráulica de una vía

La capacidad teórica de agua que puede conducir una calle se puede estimar con las características geométricas de la cuneta y la pendiente longitudinal de la calzada, aplicando la ecuación de Manning para estimar la velocidad media del flujo, con un coeficiente de rugosidad de  $n = 0,015$  para pavimentos de hormigón y asfalto:

$$V = \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \frac{I^{0,5}}{n} \quad (3.23)$$

Dónde:

V = Velocidad media del flujo, en m/s.

A = Área de la sección del flujo en m<sup>2</sup>.

P = Perímetro mojado, en metros.

I = Pendiente longitudinal de la calle, en m/m.

n = Coeficiente de rugosidad de la superficie.

Desde el punto de vista del diseño la capacidad de conducción de aguas lluvias de las calles se considerará como el valor mínimo de las siguientes dos capacidades alternativas: considerando el ancho máximo permitido de la sección inundada, o la cuneta llena y un factor de reducción por otros uso de la calle, de acuerdo a lo que se indica a continuación:

1. Capacidad de diseño para tormentas menores: estas capacidades teóricas de las calles se entregan como referencia, sin embargo la capacidad real deberá estimarse con las condiciones geométricas de terreno, considerando además que ella se ve afectada por la existencia de singularidades como badenes, lomos de toro, accesos vehiculares, encuentros de calles, reparaciones, vehículos estacionados, etc.

La capacidad teórica de las calles según el ancho máximo inundable permite reunir y conducir pequeños caudales hacia la red de drenaje o a otros cauces para tormentas menores, con períodos de retorno de 2 años.

2. Capacidad máxima: la capacidad máxima de las calles se establece para la verificación frente a tormentas mayores, con períodos de retorno de 100 años, en la cual se acepta que conduzca agua hasta el nivel superior de la solera, evitando que desborde la calle e inunde las propiedades vecinas.

### **3.2.21 Trazado de canales abiertos**

Cuando se trata de trazar un canal o un sistema de canales es necesario recolectar la siguiente información básica:

1. Fotografías aéreas, imágenes satelitales, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.

2. Planos topográficos y catastrales.

3. Estudios geológicos, salinidad, suelos y demás información que pueda conjugarse en el trazo de canales.

Una vez obtenido los datos precisos, se procede a trabajar en gabinete dando un trazo preliminar, el cual se replantea en campo, donde se hacen los ajustes necesarios, obteniéndose finalmente el trazo definitivo.

En caso de no existir información topográfica básica se procede a levantar el relieve del canal, procediendo con los siguientes pasos:

### **3.2.21.1 Reconocimiento del terreno**

Se recorre la zona, anotándose todos los detalles que influyen en la determinación de un eje probable de trazo, determinándose el punto inicial y el punto final (georreferenciados).

### **3.2.21.2 Trazo preliminar**

Se procede a levantar la zona con una brigada topográfica, clavando en el terreno las estacas de la poligonal preliminar y luego el levantamiento con teodolito, posteriormente a este levantamiento se nivela la poligonal y se hará el levantamiento de secciones transversales, estas secciones se harán de acuerdo a criterio, si es un terreno con una alta distorsión de relieve, la sección se hace a cada 5 metros, si el terreno no muestra muchas variaciones y es uniforme la sección es máximo a cada 20 metros.

—

### **3.2.21.3 Trazo definitivo**

Con los datos anteriores se procede al trazo definitivo, teniendo en cuenta la escala del plano, la cual depende básicamente de la topografía de la zona y de la precisión que se desea; terrenos con pendiente transversal mayor a 25% se recomienda escala de 1:500, terrenos con pendiente transversal menor a 25% se recomienda escalas de 1:1000 a 1:2000.

## **3.3 Bases legales**

### **3.3.1 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:

1. Los inventarios de sistemas ambientales.
2. Los inventarios de recursos hídricos.

3. Los inventarios del recurso suelo.
4. Los inventarios de diversidad biológica y sus componentes.
5. Los inventarios forestales.
6. Los inventarios de cuencas hidrográficas.
7. El inventario de fuentes de emisión y contaminación de suelos, aire y agua.
8. La información sobre áreas bajo régimen de administración especial.
9. La información hidrometeorológica e hidrogeológica.
10. La información jurídica de leyes, decretos y resoluciones vigentes en materia ambiental.
11. Información cartográfica.
12. La información sobre el hábitat y tierras de los pueblos y comunidades indígenas debidamente demarcadas.
13. Cualesquiera otras, de interés para la gestión del ambiente y el desarrollo sustentable.

### **3.3.2 Ley de Aguas (2007)**

#### **Formas de control y manejo**

##### Artículo 12

El control y manejo de las aguas se realizara 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 Áreas inundables**

Son aquellas superficies diferentes de las planicies inundables, que pueden ser ocupadas durante un tiempo prudencialmente largo, por aguas provenientes del escurrimiento superficial. (Bolinaga J., 1979).

#### **3.4.3 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).

#### **3.4.4 Cartografía**

Arte de trazar mapas geográficos. (Real Academia Española, 2012).

#### **3.4.5 Cavitación**

Formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que este experimenta en su presión. (Real Academia Española, 2012).

#### **3.4.6 Climatología**

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

#### **3.4.7 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).

#### **3.4.8 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).

### **3.4.9 Colectores**

Son los cauces naturales o los conductos construidos por el hombre (canales, tuberías, etc.) que transportan las aguas y que son drenajes primarios o secundarios, según sea el caso. (Bolinaga J, 1979).

### **3.4.10 Cota**

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

### **3.4.11 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).

### **3.4.12 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).

#### **3.4.13 Datum**

Cota tomada como base para graficar un perfil. (López, 1998).

#### **3.4.14 Desnivel**

Diferencia de altura entre dos puntos. (Real Academia Española, 2012).

#### **3.4.15 Embaulamiento**

Es un conducto artificial que sirve para llevar las aguas de lluvia, por lo general más eficientes hidráulicamente en la velocidad de las aguas, ya que poseen pendientes que incrementan los gastos máximos. (Carciente J, 1985).

#### **3.4.16 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).

#### **3.4.17 Fluctuar**

Dicho de un cuerpo, vacilar sobre las aguas por el movimiento agitados de ellas. (Real Academia española, 2012).

#### **3.4.18 Hidrología:**

También llamada hidrografía es la ciencia de la naturaleza que estudia el agua dentro del planeta Tierra, tanto en los aspectos de ocurrencia como acumulación y circulación desde el punto de vista cualitativo, cuantitativo y estadístico. (Chow T, 1994).

#### **3.4.19 Inundación**

Son producto de las fuertes lluvias que a causa de la acción indiscriminada del hombre en cuencas, cauces de los ríos y quebradas y el depósito de basura que taponan drenajes naturales, son algunas de las causas por las cuales se origina este fenómeno. (Gustavo A, 2007).

#### **3.4.20 Meteorología**

Ciencia que trata de la atmósfera y los meteoros. (Real Academia española, 2012).

#### **3.4.21 Pendiente**

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

#### **3.4.22 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).

#### **3.4.23 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).

#### **3.4.24 Pluviómetro**

Aparato que sirve para medir la lluvia que cae en lugar y tiempo dados. (Real Academia española, 2012).

#### **3.4.25 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**

El Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2003), plantea que la investigación según su propósito será proyecto factible o investigación proyectiva, la cual:

“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 la captación y conducción de aguas pluviales del futuro desarrollo urbanístico “Divino Niño” (T-IV) en la población de Temblador.

#### **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).

En el caso de la presente investigación se dice que se aplica una estrategia de campo ya que se validará en campo las condiciones del relieve, de los suelos, de la flora y fauna existentes y sobre todo se replantearán los puntos o vértices principales del futuro urbanismo.

#### **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 documental, ya que los datos climatológicos fueron extraídos de bases de datos tabulados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) 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 posee 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 y drenar aguas pluviales en la urbanización “Divino Niño” (T-II).

### **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 tipo no probabilística y tendrá 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. (2006) “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, etc.” (p.25)

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

1. GPS
2. Computadora portátil
3. Cámara fotográfica digital
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 conducción de aguas pluviales en el futuro desarrollo urbanístico “Divino Niño” ( codificado T-IV), ubicado en la población de Temblador, municipio Libertador, estado Monagas, 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 principal variable hidrometeorológica que afectará el área de estudio para efectos del objeto de esta investigación, tal como es la precipitación.

Este proceso se realizó con datos obtenido a través de la página web del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y de la empresa CVG – Tecmin, C.A.

#### **4.6.3 Definición de parámetros geométricos e hidráulicos**

Fue importante delimitar los límites de la cuenca, para la determinación de los siguientes parámetros:

#### **4.6.3.1 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**

Para el cumplimiento de este objetivo deberán ejecutarse las actividades que a continuación se mencionan:

##### **4.6.4.1 Categorización y determinación de áreas**

En esta fase se clasificaron las parcelas y se les dio 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 requirió de información extraída del plano topográfico y fue determinado a través de la ecuación (3.18), acto seguido se procedió a determinar la intensidad correspondiente a cada tiempo de concentración basándose en los valores de intensidad, duración y frecuencia de lluvias de la estación Temblador Aeropuerto.

Tabla 4.1 Valores de Intensidad (CVG TECMIN, C.A., 2014).

Durac. (h)	Tr (Años)				
	5	10	25	50	100
0.25	138	164	198	224	250
0.5	113	137	169	193	218
1	64	75	89	100	110
3	37	46	58	66	75
6	27	36	47	56	65
9	15	19	24	28	32
12	12	15	18	21	24
24	7	8	10	12	13

#### 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:

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

Los valores parámetros de coeficiente de escorrentía se extrajeron de las tablas (3.1) y (3.2) 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 (3.19), en función del área aportada en la zona respectiva y los valores correspondientes de coeficiente de escorrentía ponderado e intensidad.

#### **4.6.5 Cálculo de parámetros hidráulicos de canales**

Es importante definir la sección del canal previo a cualquier diseño, de acuerdo a las condiciones presentes como vialidades de anchos medios y caudales elevados se decidió establecer secciones rectangulares, y posteriormente se definieron los criterios de diseño como:

a. Pendiente longitudinal: esencial debido a que una buena pendiente aumentará la velocidad y contribuirá a la disminución de la sección del canal.

b. Coeficiente de rugosidad: criterio importante que está definido por el tipo de material que conformará la estructura de los canales.

c. Ancho de la calzada: fundamental al momento de establecer una base para el canal, ya que establece el espacio disponible para introducir los canales sin estorbar o disminuir la capacidad vial.

d. Velocidad mínima y máxima: definir la velocidad mínima es importante ya que asegura que el flujo contará con la velocidad suficiente como para evitar la sedimentación de partículas y distintos elementos que puedan correr a través del canal, y el caso de la velocidad máxima es significativo ya que define el límite superior de la velocidad, resguardando la estructura de posible erosión por efecto de velocidades elevadas. La delimitación de la velocidad se realizó de acuerdo a la sección de

Velocidades máximas y mínimas establecidas por Beltran González (2004) que recomienda velocidades mínimas en drenajes de 0,75 m/s y la máxima se define dependiendo del revestimiento presente en el canal. Se dispone utilizar concreto  $R_{cc28} = 210 \text{ Kg-f/cm}^2$  y se obtiene de la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Valores de velocidades máximas (González, B., 2004).

<b>Material</b>	<b><math>V_{\max}</math> (m/s)</b>
Concreto $R_{cc28} = 210 \text{ Kg-f/cm}^2$	5
Concreto $R_{cc28} = 280 \text{ Kg-f/cm}^2$	6
Concreto $R_{cc28} = 350 \text{ Kg-f/cm}^2$	7,5
Concreto $R_{cc28} = 420 \text{ Kg-f/cm}^2$	9,5
Arcilla Vitrificada	6
Asbesto – Cemento	4,5
PVC (Cloruro de Polivinilo)	4,5
Hierro Fundido	Sin limite

#### 4.6.5.2 Definición de pendiente de diseño del canal

La pendiente es un parámetro fundamental para el diseño de canales y en especial está directamente relacionada con la velocidad y por ende con la capacidad del canal, a pesar de que el criterio de diseño sugiere mantener la pendiente de la calle, se presentan casos donde mantener dicha pendiente resulta desfavorable debido a las dimensiones elevadas de las secciones. La pendiente se estima mediante:

$$S_{\%} = \frac{\Delta_{\text{canal}}}{L_{\text{canal}}} * 100\% \quad (4.6)$$

#### 4.6.5.3 Determinación de dimensiones de la sección

Las dimensiones del canal fueron determinadas mediante un proceso iterativo conjunto con la ecuación de Manning (4.7) y los criterios de diseño hasta obtener los valores adecuados que abarquen el caudal de diseño.

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_h^{2/3} * S_o^{1/2} \quad (4.7)$$

#### 4.6.5.4 Determinación de parámetros hidráulicos

Habiendo obtenido las dimensiones de los canales, se procede a la determinación de sus respectivos parámetros hidráulicos descritos a continuación:

❖ Área mojada ( $A_m$ ): el área mojada se define como el área efectiva del canal, es decir, aquella destinada al flujo del canal y se determina de la siguiente manera:

$$A_m = b * y \quad (4.8)$$

❖ Borde libre (BL): es la distancia libre existente entre la altura efectiva del canal y el borde y se determina de la siguiente manera:

$$BL = \frac{1}{3} * Y \quad (4.9)$$

❖ Perímetro ( $P_m$ ): se define como la longitud de las aristas que conforman el área mojada despreciando el borde del flujo de agua y se determina a través de la siguiente ecuación:

$$P_m = b + 2y \quad (4.10)$$

❖ Radio hidráulico ( $R_h$ ): se define como la relación existente entre el área mojada y el perímetro mojado y se determina a través de la siguiente ecuación:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} \quad (4.11)$$

❖ Velocidad (V): la velocidad del canal será determinada mediante una de las expresiones de la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S_o^{1/2} \quad (4.12)$$

❖ Capacidad del canal ( $Q_c$ ): la capacidad del canal es el gasto que puede transportar de manera eficiente de acuerdo a sus dimensiones y características y se determinará mediante la ecuación (3.4).

❖ Ancho superficial (T): el ancho superficial refleja el ancho del canal al nivel del borde libre, por tratarse de canales rectangulares con taludes verticales, no existe variación en el ancho y por ende se define como:

$$T = b \quad (4.13)$$

Cabe destacar que se utilizará la aplicación computarizada HCANALES la cual utiliza las relaciones matemáticas antes mencionadas para la determinación de los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales propuestos.

#### **4.6.6 Definición de trazado en planta y perfil longitudinal de canales**

#### **4.6.6.1 Definición de trazado en planta**

De acuerdo a la información topográfica, se seleccionaron diferentes planteamientos del trazado hasta encontrar aquel que conformara el sistema de drenaje óptimo, primordialmente se definieron las ubicaciones de los canales principales y luego evaluando los caudales generados y las pendientes de la calle se definieron los canales secundarios, posteriormente fue necesario evaluar si los tramos de calles del urbanismo podían trabajar mediante su capacidad hidráulica, la cual se puede determinar a través de la siguiente ecuación:

$$Q_v = 0,00175 * \left(\frac{Z}{n}\right) * S_o^{1/2} * Y^{8/3} \quad (4.14)$$

#### **4.6.6.2 Elaboración de perfiles longitudinales**

En esta etapa se elaboraron los perfiles longitudinales de los alineamientos proyectados como canales, comenzando con la representación más precisa de las condiciones de la calle, posteriormente se detallaba el perfil del canal correspondiente a esa calle en función de rasante mejorada, lecho del canal y fondo de excavación.

### **4.6 Flujograma de la investigación**

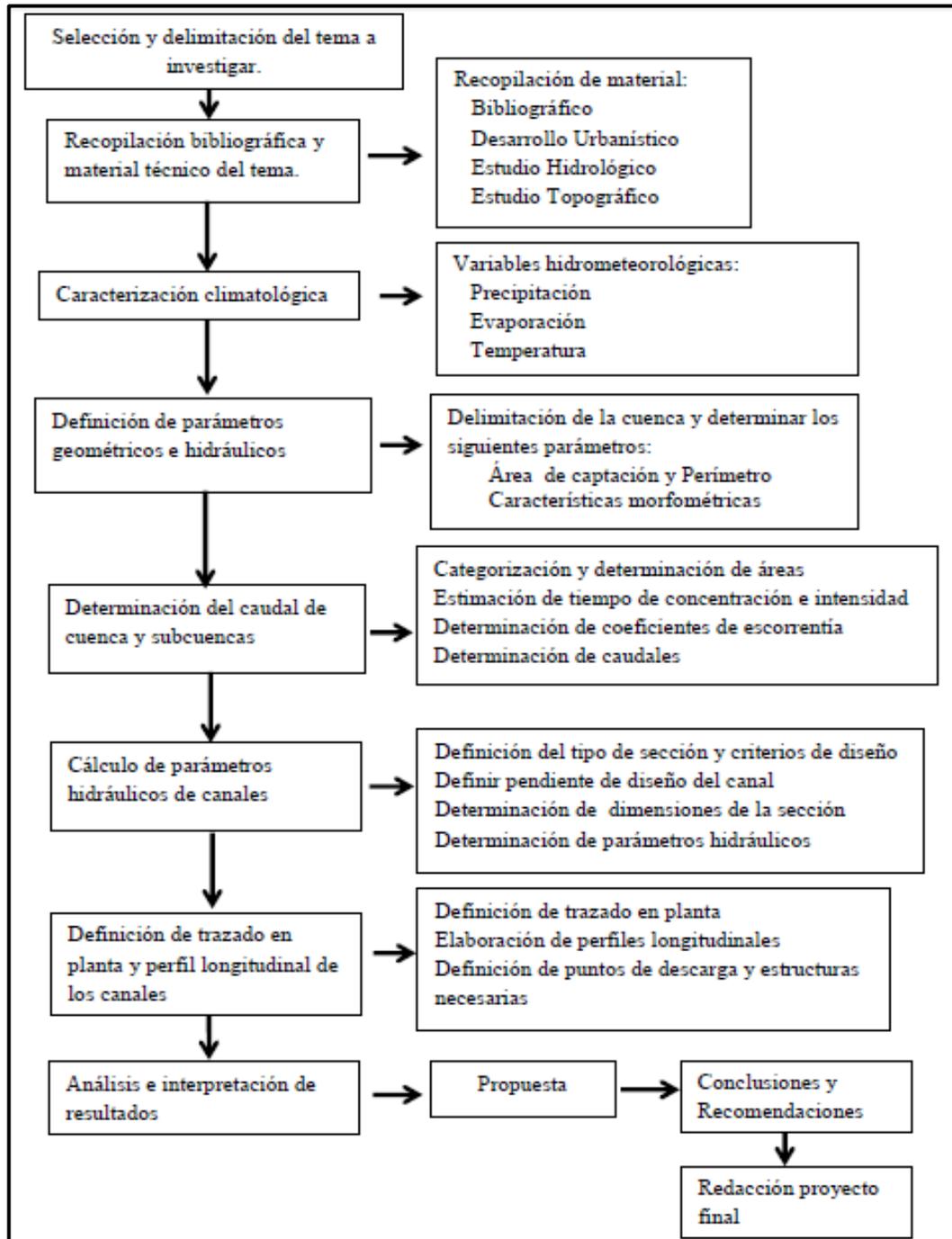


Figura 4.1 Flujograma de la investigación (Dávila, 2020).

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Caracterización climatológica del área de estudio

Para establecer las características del clima se efectuó un análisis cuantitativo, con base a los datos de los promedios mensuales y anuales de los parámetros registrados en las estaciones hidrometeorológicas: Joaquín, y Temblador-Aeropuerto, cuyos datos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH).

En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones mencionadas.

Tabla 5.1. Características de las estaciones hidrometeorológicas utilizadas. (INAMEH, 2017).

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Organismo	
Joaquín	Pr	Pr	08°58'35"	63°16'25"	100	INAMEH	
Temblador Aeropuerto	-	C1	C1	09°09'30"	63°04'15"	30	FAV

El área de interés se enmarca en la zona de vida Bosque seco Tropical (Bs-T), según la clasificación climática de Holdridge.

Esta zona recibe una pluviosidad promedio cercana a los 1.100 mm anuales, la temperatura media es de 26 °C y su evaporación media anual supera los 2.000 mm. De acuerdo con esto, el área se clasifica según Koppen como Clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi), diferenciado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien precisos y una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C.

### 5.2.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación recibida en el área de está alrededor de los de 1150 mm.

En la tabla 5.2, se muestran los promedios mensuales y anuales de precipitación de las estaciones Joaquín y Temblador - Aeropuerto; con base en ellos se elaboraron las figuras 5.1 y 5.2

Tabla 5.2. Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1988-2007. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Joaquín	39,4	21,2	15,5	29,6	101,1	185,8	203,1	190,0	129,4	111,3	101,2	70,3	1.198
Temblador - Aeropuerto	51,0	28,1	21,8	53,5	111,8	176,5	166	147,1	111	62,4	89,4	125,5	1.144

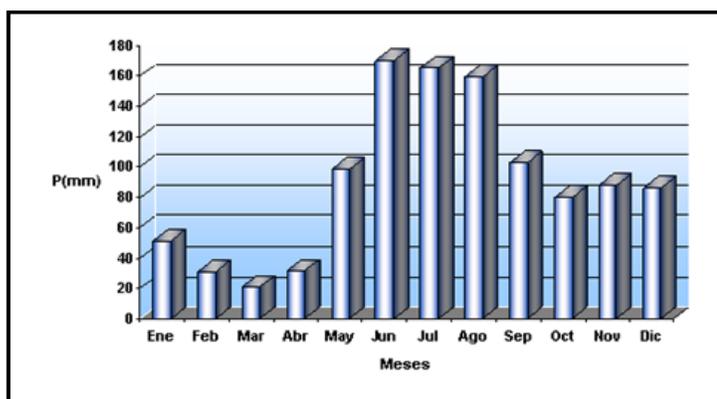


Figura 5.1. Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Joaquín (Dávila, J., 2020).



Joaquín	186,7	209,8	268,6	268,7	242,7	174,5	171,5	182,0	187,3	195,9	175,4	168,4	2.431,5
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

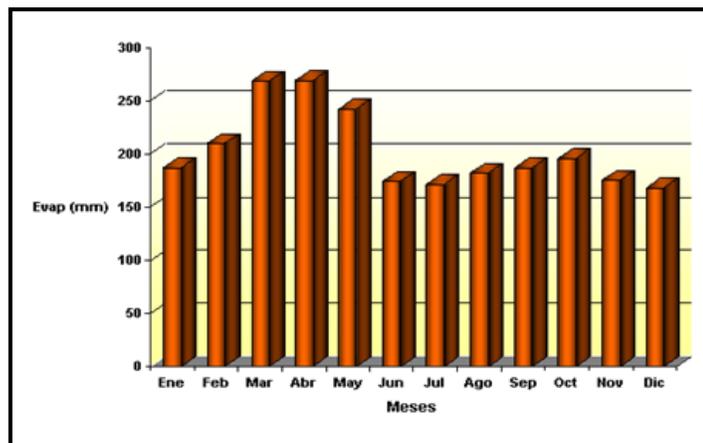


Figura 5.3. Variación Anual de la Evaporación (mm). Estación Joaquín.

Durante el año la evaporación no tiene una variación de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos épocas donde ocurren los valores más altos, lo cual corresponde a los meses de Marzo y Octubre. La evaporación presenta sus valores más bajos en los meses de Julio y Diciembre.

### 5.2.3 Temperatura

En el área de estudio, la temperatura promedio anual se encuentra alrededor de los 24.9 °C. Por encontrarse en la zona tropical, se cumple la condición de isotermita, 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 las estación Temblador – Aeropuerto. Con base en estos valores se realizó la figura 5.4, que muestra el comportamiento anual en la estación mencionada.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C). Período 1982-1990. (INAMEH, 2017).

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temblador - Aeropuerto	Máxima	28,9	29,8	30,8	31,2	30,2	28,9	28,1	29,5	30,5	30,5	29,9	29,2	29,8
	Media	24,1	24,5	25,4	25,7	25,0	24,4	23,7	24,8	25,7	25,6	25,0	24,7	24,9
	Mínima	21,3	21,3	21,6	22,0	22,3	22,1	21,5	22,2	23,0	22,8	22,5	22,3	22,1

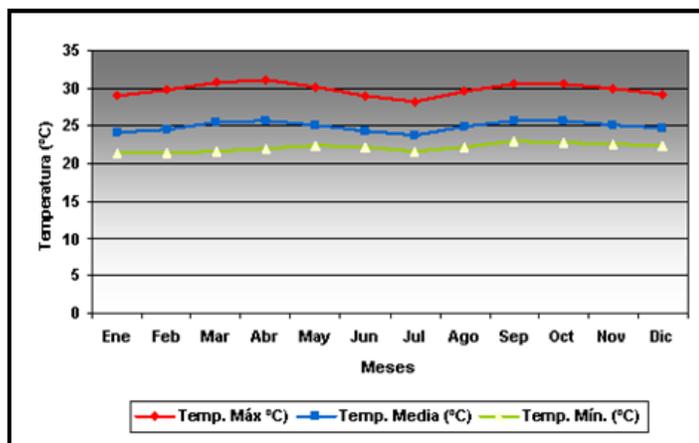


Figura 5.4. Variación Anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la estación Temblador – Aeropuerto

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.

#### 5.2.4. Insolación

El área de estudio recibe una insolación media anual de 6,7 horas de sol aproximadamente. En la tabla 5.5, se presentan los valores mensuales registrados en la estación Temblador-Aeropuerto y en la figura 5.5 se muestra su comportamiento temporal.

Tabla 5.5. Insolación media mensual y anual (horas de sol) Período 1992-1990. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temblador - Aeropuerto	6,8	7,2	7,3	7,2	6,3	5,3	5,7	6,8	7,3	7,5	6,9	6,1	6,7

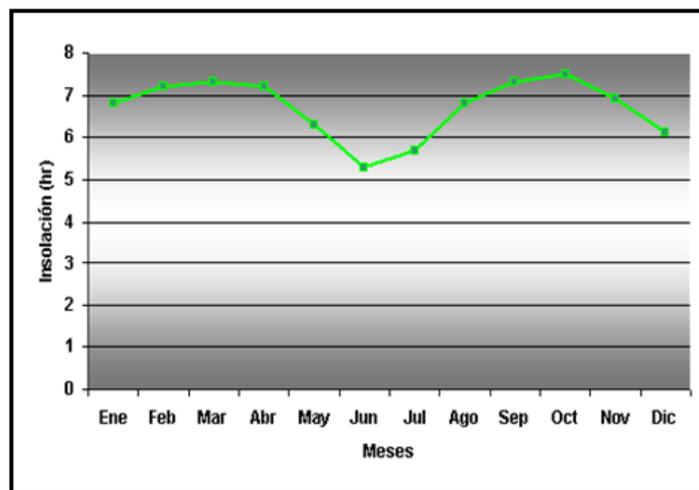


Figura 5.5 Variación anual de la Insolación (horas de sol). Estación Temblador – Aeropuerto.

La diferencia temporal de la insolación depende del movimiento anual aparente del sol, de la nubosidad, las precipitaciones y el estado de transparencia de la atmósfera.

Los valores más altos ocurren en las épocas de Marzo y Octubre, coincidiendo con las fechas del equinoccio de primavera y otoño respectivamente y los menores

durante los meses de junio, julio y diciembre, lo que demuestra la alta nubosidad presente en la zona en dichos meses, por la temporada lluviosa.

### 5.2.5 Humedad relativa

La humedad relativa media anual está por el orden de 86%, según los datos de la estación cercana al área de estudio.

En la tabla 5.6, se presenta los valores medios mensuales y anual de humedad relativa para la estación Temblador – Aeropuerto, y en la figura 5.6 se muestra su distribución en el año.

Tabla 5.6 Humedad relativa media mensual y anual (%). Periodo 1982 – 1990. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temblador - Aeropuerto	87	86	82	80	83	88	88	87	85	84	87	90	86

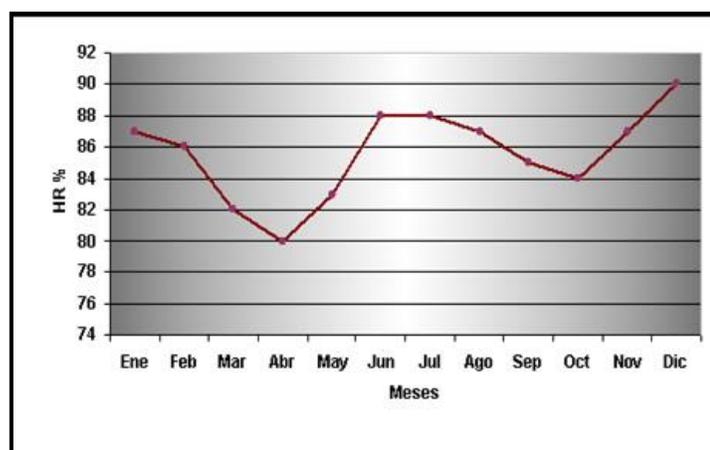


Figura 5.6. Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Temblador – Aeropuerto.

De acuerdo al gráfico, se observa que la humedad relativa media mensual alcanza su mayor valor (90%), en el mes de Diciembre, y el mínimo (82%) en el mes de Abril.

### 5.2.6 Vientos

La velocidad media anual del viento, estimada para la zona, está cerca de los 11,0 m/s, con dirección prevaleciente Este-Noreste (ENE). En la tabla 5.7 se muestran los valores mensuales de velocidad del viento de la Estación Joaquín y en la figura 5.7 se presenta su distribución anual.

Tabla 5.7. Velocidad media mensual y anual del viento (m/s) Período 1982-1990. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Joaquín	11,4	12,6	13,8	14,3	12,8	10,7	9,0	8,4	8,9	9,4	9,9	10,4	11,0

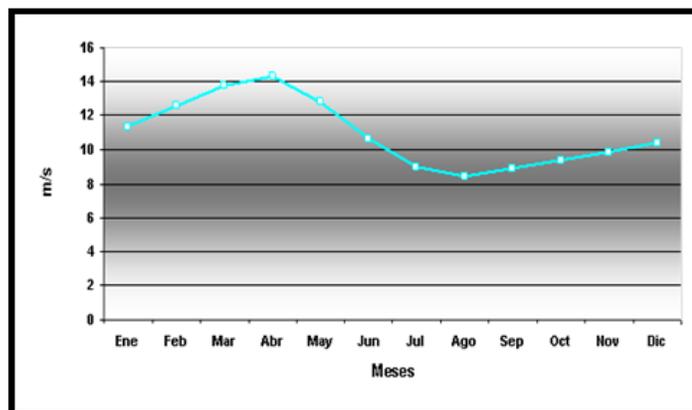


Figura 5.7 Variación anual de la velocidad del viento

Las mayores valores de velocidad del viento se presentan durante los meses de Marzo y Abril y las más bajas en el mes de Agosto.

## 5.2 Delimitación de la cuenca de drenaje

### 5.2.1 Límites y área de captación

El sistema de drenaje para aguas de escorrentía pluvial basado en canales abiertos propuesto para la urbanización “Divino Niño” inicia, conociendo los parámetros hidráulicos de la zona para establecer el sistema de recolección de aguas de lluvia más adecuado y pertinente para la zona.



Figura 5.8 Conjunto residencial “Divino Niño” (Dávila, J., 2020)

La población de Temblador debido a su topografía presenta un terreno nivelado con una pendiente transversal de 2%, asimismo se ha asumido una pendiente longitudinal de 2% para todas las calles del urbanismo, puesto que el terreno en cuestión presenta una topografía bastante plana con pendientes longitudinales menores al 1%, siendo por norma 0,5% la pendiente mínima que se debe considerar para proyectar un sistema de drenaje se estimó un 2% para la pendiente longitudinal de modo que pueda favorecer las condiciones de diseño, y así las aguas puedan fluir con mayor rapidez, quedando un margen para que pueda transitar un caudal de agua mayor a través del sistema de drenaje que si se considerara una pendiente del 0,5%. De acuerdo a las acotaciones anteriores, se estima en forma preliminar, un total de cinco (5) canales colectores principales y diez (10) canales secundarios que realizarán su descarga en la esquina sur-este de la urbanización, actuando a favor de la gravedad y aprovechando las condiciones del terreno.

Para determinar el área tributaria en cada tramo del colector, se efectuó mediante el programa AUTOCAD, en base a los planos del lugar y según la dirección del flujo.

El área de captación de la cuenca fue delimitada aproximadamente en 4.823 hectáreas, las cuales están conformadas por 22.05% de área urbanizada, 40.79% de área pavimentada y 37.16% de áreas verdes.

Tabla 5.8 Áreas de la cuenca (Dávila, J., 2020).

Tipo de cobertura	Área		Porcentaje
	(m <sup>2</sup> )	(ha)	%
Residencial	10632	1.06	22
Pavimento	19674	1.97	41
Area verde	17922	1.79	37
Totales	48228	4.82	100

En la figura 5.9 se presentó la nomenclatura que será utilizada para identificar los nodos viales o esquinas. En ese sentido, se han identificado diez (10) parcelas (codificadas con números romanos del I al X), cada una de ellas se han subdividido de acuerdo a las vialidades de su entorno. Entonces, por ejemplo, la parcela I se ha subdividido en cuatro (4) sectores según el tramo vial donde drena, denominados como se indica a continuación, en orden o sentido horario: A1-A2 (sector norte), A2-B2 (sector este), B2-B1 (sector sur) y B1-A1 (sector oeste).

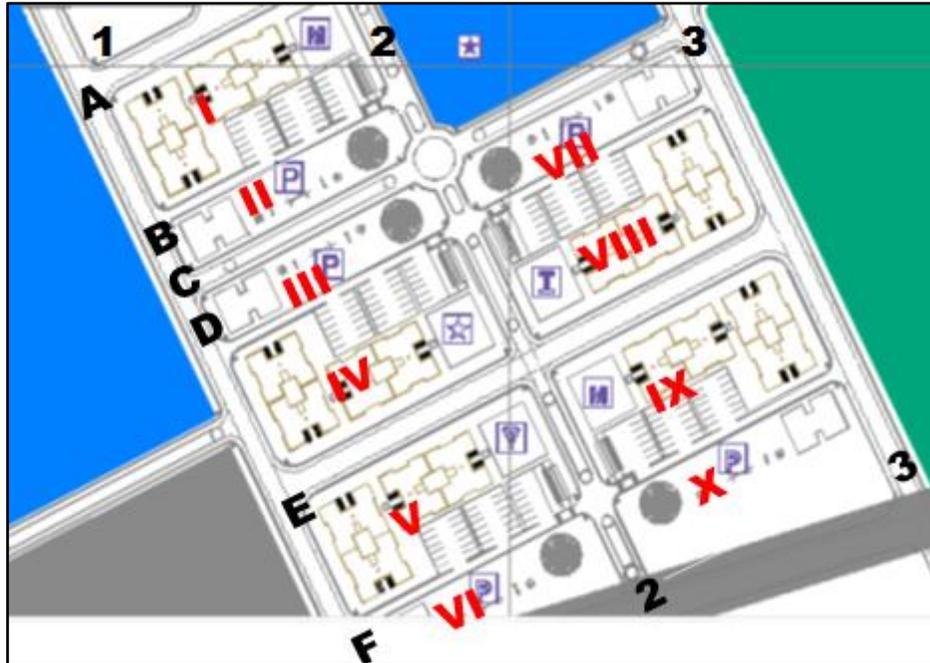


Figura 5.9 Codificación de parcelas (Dávila, J, 2020).

Posteriormente, en la figura 5.10 se observa el sentido o dirección que tendrán los flujos que drenarán dentro del urbanismo. Se observan, tres (3) direcciones principales: en sentido norte –sur, y en sentido oeste – este; a través de los cuales se trazarán los canales principales y secundarios, a ambos lados de la vialidad y que se identificarán utilizando la codificación de los nodos o esquinas que limitan a cada canal. Por ejemplo, canal B2-C2 derecho y B2- C2 izquierdo, canales B3-C3 derecho y A1-G1 izquierdo etc.



Figura 5.10 Direcciones de flujos (Dávila, L., 2020).

A continuación en las tablas 5.9 y 5.10 se presenta la distribución de parcelas de acuerdo al uso o cobertura del suelo.

Cabe destacar que de la totalidad del área del urbanismo, sólo 4.8228 ha está dedicada a las viviendas, mientras que a estacionamientos y vialidad se ha ocupado 1.97 ha, y la superficie restante de 1.79 ha está ocupada por área verde.

Tabla 5.9 Distribución de áreas por parcelas codificadas de la I a la V según su uso (Dávila, J., 2020)

Tramo	Tipo de cobertura del suelo	Area parcial Drenante		Area drenante total de parcela	
		(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)
A1-A2	Residencial	443.00	0.044	1849.00	0.185
	Pavimento	525.00	0.053		
	Area verde	881.00	0.088		
A2-B2	Residencial	443.00	0.044	1421.00	0.142
	Pavimento	539.00	0.054		
	Area verde	439.00	0.044		
B2--BI	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
	Pavimento	525.00	0.053		
	Area verde	439.00	0.044		
B1-A1	Residencial	443.00	0.044	1253.00	0.125
	Pavimento	371.00	0.037		
	Area verde	439.00	0.044		
B1-B2	Residencial	0.00	0.000	1078.00	0.108
	Pavimento	644.00	0.064		
	Area verde	434.00	0.043		
B2-C2	Residencial	0.00	0.000	602.00	0.060
	Pavimento	168.00	0.017		
	Area verde	434.00	0.043		
C2-C1	Residencial	0.00	0.000	1078.00	0.108
	Pavimento	644.00	0.064		
	Area verde	434.00	0.043		
C1-B1	Residencial	0.00	0.000	518.00	0.052
	Pavimento	84.00	0.008		
	Area verde	434.00	0.043		
C1-C2	Residencial	0.00	0.000	1078.00	0.108
	Pavimento	644.00	0.064		
	Area verde	434.00	0.043		
C2-D2	Residencial	0.00	0.000	602.00	0.060
	Pavimento	168.00	0.017		
	Area verde	434.00	0.043		
D2-D1	Residencial	0.00	0.000	756.00	0.076
	Pavimento	322.00	0.032		
	Area verde	434.00	0.043		
D1-C1	Residencial	0.00	0.000	518.00	0.052
	Pavimento	84.00	0.008		
	Area verde	434.00	0.043		
D1-D2	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
	Pavimento	525.00	0.053		
	Area verde	439.00	0.044		
D2-E2	Residencial	443.00	0.044	1421.00	0.142
	Pavimento	539.00	0.054		
	Area verde	439.00	0.044		
E2-E1	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
	Pavimento	525.00	0.053		
	Area verde	439.00	0.044		
E1-D1	Residencial	443.00	0.044	1253.00	0.125
	Pavimento	371.00	0.037		
	Area verde	439.00	0.044		
E1-E2	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
	Pavimento	525.00	0.053		
	Area verde	439.00	0.044		
E2-F2	Residencial	443.00	0.044	1421.00	0.142
	Pavimento	539.00	0.054		
	Area verde	439.00	0.044		
F2-F1	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
	Pavimento	525.00	0.053		
	Area verde	439.00	0.044		
F1-E1	Residencial	443.00	0.044	1253.00	0.125
	Pavimento	371.00	0.037		
	Area verde	439.00	0.044		

Tabla 5.10 Distribución de áreas por parcelas codificadas de la VI a la X según su uso (Dávila, J., 2020).

Lote	Parcela	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial drenante		Área drenante total de parcela	
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	(m <sup>2</sup> )	(ha)
VI	F1-F2	Residencial	0.00	0.000	1078.00	0.108
		Pavimento	644.00	0.064		
		Área verde	434.00	0.043		
	F2-G2	Residencial	0.00	0.000	602.00	0.060
		Pavimento	168.00	0.017		
		Área verde	434.00	0.043		
	G2-G1	Residencial	0.00	0.000	1078.00	0.108
		Pavimento	644.00	0.064		
		Área verde	434.00	0.043		
	G1-F1	Residencial	0.00	0.000	518.00	0.052
		Pavimento	84.00	0.008		
		Área verde	434.00	0.043		
VII	C2-C3	Residencial	443.00	0.044	4330.00	0.433
		Pavimento	3448.00	0.345		
		Área verde	439.00	0.044		
	C3-D3	Residencial	443.00	0.044	1050.00	0.105
		Pavimento	168.00	0.017		
		Área verde	439.00	0.044		
	D3-D2	Residencial	443.00	0.044	1204.00	0.120
		Pavimento	322.00	0.032		
		Área verde	439.00	0.044		
	D2-C2	Residencial	443.00	0.044	1218.00	0.122
		Pavimento	336.00	0.034		
		Área verde	439.00	0.044		
VIII	D2-D3	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
		Pavimento	525.00	0.053		
		Área verde	439.00	0.044		
	D3-E3	Residencial	443.00	0.044	1253.00	0.125
		Pavimento	371.00	0.037		
		Área verde	439.00	0.044		
	E3-E2	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
		Pavimento	525.00	0.053		
		Área verde	439.00	0.044		
	E2-D2	Residencial	443.00	0.044	1421.00	0.142
		Pavimento	539.00	0.054		
		Área verde	439.00	0.044		
IX	E2-E3	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
		Pavimento	525.00	0.053		
		Área verde	439.00	0.044		
	E3-F3	Residencial	443.00	0.044	1253.00	0.125
		Pavimento	371.00	0.037		
		Área verde	439.00	0.044		
	F3-F2	Residencial	443.00	0.044	1407.00	0.141
		Pavimento	525.00	0.053		
		Área verde	439.00	0.044		
	F2-E2	Residencial	443.00	0.044	1421.00	0.142
		Pavimento	539.00	0.054		
		Área verde	439.00	0.044		
X	F2-F3	Residencial	0.00	0.000	756.00	0.076
		Pavimento	322.00	0.032		
		Área verde	434.00	0.043		
	F3-G3	Residencial	0.00	0.000	602.00	0.060
		Pavimento	168.00	0.017		
		Área verde	434.00	0.043		
	G3-G2	Residencial	0.00	0.000	1078.00	0.108
		Pavimento	644.00	0.064		
		Área verde	434.00	0.043		
	G2-F2	Residencial	0.00	0.000	602.00	0.060
		Pavimento	168.00	0.017		
		Área verde	434.00	0.043		

### 5.3 Estimación del coeficiente de escorrentía ponderado

Para el cálculo o determinación del coeficiente de escorrentía se considerarán los criterios dados por Aparicio (2001) de acuerdo a la zonificación del uso de la tierra. se asignaron los siguientes coeficientes de escorrentía encontrados en la zona de estudio: Zona verde o parques: 0.20, Área residencial: 0.60 y Área pavimentada: 0.80.

Tabla 5.11 Coeficientes de escurrimiento (Aparicio 2001).

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentia	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

$$C_p = \frac{\sum C_i A_i}{A_T} \quad (5.1)$$

Donde:

$C_i A_i$  = Coeficiente absoluto por el área de la zona.

$A_T$  = Área de la cuenca o subcuencas.

De acuerdo a lo establecido anteriormente se calcularán los coeficientes ponderados de la cuenca como se muestran en las tablas 5.7 y 5.8.

Tabla 5.12 Coeficientes de escorrentía ponderado de las parcelas I a V (Davila, J., 2020).

Lote	Tramo	Tipo de cobertura del suelo	Area parcial Drenante		Ce	Ce pond
			(m <sup>2</sup> )	(ha)		
I	A1-A2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.490
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Area verde	881.00	0.088	0.20	
	A2-B2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.583
		Pavimento	539.00	0.054	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
	B2--B1	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
	B1-A1	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.554
		Pavimento	371.00	0.037	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
II	B1-B2	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.558
		Pavimento	644.00	0.064	0.80	
		Area verde	434.00	0.043	0.20	
	B2-C2	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.367
		Pavimento	168.00	0.017	0.80	
		Area verde	434.00	0.043	0.20	
	C2-C1	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.558
		Pavimento	644.00	0.064	0.80	
		Area verde	434.00	0.043	0.20	
	C1-B1	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.297
		Pavimento	84.00	0.008	0.80	
		Area verde	434.00	0.043	0.20	
III	C1-C2	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.558
		Pavimento	644.00	0.064	0.80	
		Area verde	434.00	0.043	0.20	
	C2-D2	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.367
		Pavimento	168.00	0.017	0.80	
		Area verde	434.00	0.043	0.20	
	D2-D1	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.456
		Pavimento	322.00	0.032	0.80	
		Area verde	434.00	0.043	0.20	
	D1-C1	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.297
		Pavimento	84.00	0.008	0.80	
		Area verde	434.00	0.043	0.20	
IV	D1-D2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
	D2-E2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.583
		Pavimento	539.00	0.054	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
	E2-E1	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
	E1-D1	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.554
		Pavimento	371.00	0.037	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
V	E1-E2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
	E2-F2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.583
		Pavimento	539.00	0.054	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
	F2-F1	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	
	F1-E1	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.554
		Pavimento	371.00	0.037	0.80	
		Area verde	439.00	0.044	0.20	

Tabla 5.13 Coeficientes de escorrentía ponderado de las parcelas VI a X (Dávila, J., 2020)

Lote	Parcela	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial drenante		Ce	Ce pond
			(m <sup>2</sup> )	(ha)		
VI	F1-F2	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.558
		Pavimento	644.00	0.064	0.80	
		Área verde	434.00	0.043	0.20	
	F2-G2	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.367
		Pavimento	168.00	0.017	0.80	
		Área verde	434.00	0.043	0.20	
	G2-G1	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.558
		Pavimento	644.00	0.064	0.80	
		Área verde	434.00	0.043	0.20	
G1-F1	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.297	
	Pavimento	84.00	0.008	0.80		
	Área verde	434.00	0.043	0.20		
VII	C2-C3	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.729
		Pavimento	3448.00	0.345	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
	C3-D3	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.507
		Pavimento	168.00	0.017	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
	D3-D2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.544
		Pavimento	322.00	0.032	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
D2-C2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.547	
	Pavimento	336.00	0.034	0.80		
	Área verde	439.00	0.044	0.20		
VIII	D2-D3	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
	D3-E3	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.554
		Pavimento	371.00	0.037	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
	E3-E2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
E2-D2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.583	
	Pavimento	539.00	0.054	0.80		
	Área verde	439.00	0.044	0.20		
IX	E2-E3	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
	E3-F3	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.554
		Pavimento	371.00	0.037	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
	F3-F2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.581
		Pavimento	525.00	0.053	0.80	
		Área verde	439.00	0.044	0.20	
F2-E2	Residencial	443.00	0.044	0.70	0.583	
	Pavimento	539.00	0.054	0.80		
	Área verde	439.00	0.044	0.20		
X	F2-F3	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.456
		Pavimento	322.00	0.032	0.80	
		Área verde	434.00	0.043	0.20	
	F3-G3	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.367
		Pavimento	168.00	0.017	0.80	
		Área verde	434.00	0.043	0.20	
	G3-G2	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.558
		Pavimento	644.00	0.064	0.80	
		Área verde	434.00	0.043	0.20	
G2-F2	Residencial	0.00	0.000	0.70	0.367	
	Pavimento	168.00	0.017	0.80		
	Área verde	434.00	0.043	0.20		

## 5.4 Estimación del caudal de drenaje

Para ello se estimará los valores del tiempo de concentración para cada canal o tramo vial. También se determinará la intensidad de las precipitaciones y finalmente, se determinará el caudal de drenaje aportado por el urbanismo.

Sin embargo, considerando que el lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada, entendiéndose esto por período de diseño, el cual para obras hidráulicas de canalización de aguas de lluvias en ciudades de tamaño de mediano a grande de 20 a 50 años; en vista de ello se estimará un período de diseño de 25 años.

### 5.4.1 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia

Según el Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas (1967): “el tiempo de concentración se define como el tiempo que dura el viaje de una gota de agua desde el punto más remoto de la cuenca hasta el sitio en consideración” (p.20).

Con base a esto:

El tiempo de concentración se determinará mediante la fórmula del California Culvert Practice:

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

Con lo expuesto anteriormente se calcularon los tiempos de concentración de la cuenca y subcuenca que constituyen al desarrollo urbanístico “José Gregorio Monagas” (T-II), con base a la longitud de los canales principales que se han definido en el

urbanismo; y el desnivel que había entre sus puntos más alejados y sus sitios de entrada al terreno, como se indican en la tabla siguiente:

Tabla 5.14 Datos de Intensidad (mm/h) para diferentes duraciones y diferentes períodos de retorno de la estación El Silencio para el período 1968-2000 ( CVG-Tecmin, 2014).

Duración. (h)	Tr (Años)				
	5	10	25	50	100
0.25	127.1	152.0	184.9	209.8	234.6
0.5	87.2	106.0	130.8	149.6	168.3
1	58.4	71.2	88.1	100.9	113.7
3	29.0	37.4	48.5	56.9	65.3
6	15.8	20.3	26.3	30.8	35.3
9	11.3	14.6	19.0	22.3	25.6
12	8.5	11.0	14.4	16.9	19.
24	4.6	5.9	7.7	9.0	10.4

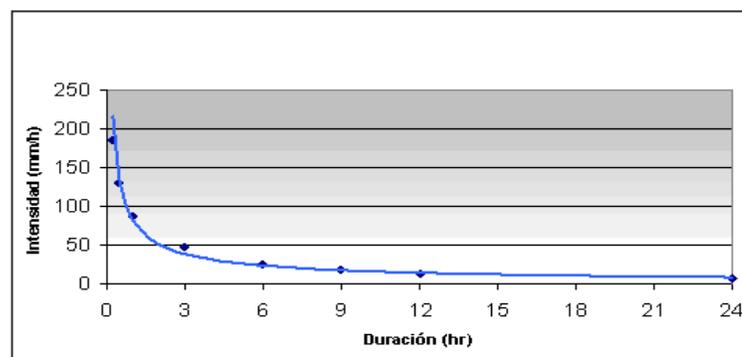


Figura 5.11. Curva IDF de la estación El Silencio para  $Tr = 25$  años para el período 1968-2000 (CVG-TECMIN, C.A. 2014).

De acuerdo a la tabla 5.9 de datos de intensidad de lluvia (Estación El Silencio), en función del periodo de retorno ( $Tr$ ) de 25 años y tiempos de concentración de la

cuenca y subcuencas del Conjunto residencial “Divino Niño” (T-IV), se obtuvieron los valores de intensidades correspondientes a las mismas; los cuales se encuentran representados en la tabla 5.10.

Tabla 5.15 Intensidad de lluvia para cada tramo vial (Dávila, J., 2020).

Tramo	Loongitud (m)	Cota		Dif Cota (m)	Tiempo concent Tc (min)	Período retorno Tr (años)	Intensidad de lluvia I		Pendiente longitudinal So (m/m)
		inicial (m)	final (m)				(mm/hr)	(lps/ha)	
A1-A2	92.00	33.30	33.00	0.03	13.95	25	200	556	0.000326
B1-B2	92.00	32.30	32.00	0.03	13.95	25	200	556	0.000326
C1-C2	92.00	32.00	31.80	0.03	13.95	25	200	556	0.000326
C2-C3	92.00	31.80	31.70	0.03	13.95	25	200	556	0.000326
D1-D2	92.00	31.50	31.40	0.03	13.95	25	200	556	0.000326
D2-D3	92.00	31.40	31.30	0.03	13.95	25	200	556	0.000326
E1-E2	92.00	30.80	30.70	0.03	13.95	25	200	556	0.000326
E2-E3	92.00	30.70	30.50	0.03	13.95	25	200	556	0.000326
F1-F2	92.00	29.40	29.30	0.23	6.37	25	220	611.6	0.002500
F2-F3	92.00	29.30	29.10	0.12	8.18	25	220	611.6	0.001304
G1-G2	92.00	28.50	28.70	0.12	8.18	25	220	611.6	0.001304
G2-G3	92.00	28.70	27.00	1.12	3.46	25	220	611.6	0.012174
A1-G1	272.00	33.30	28.50	2.12	9.47	25	220	611.6	0.007794
A2-G2	272.00	33.00	28.70	3.12	8.16	25	220	611.6	0.011471
C3-G3	186.00	31.70	27.00	4.12	4.73	25	220	611.6	0.022151

## 5.5 Estimación de caudales

La estimación del caudal de la cuenca y subcuencas se realizó mediante el método racional ya que las condiciones de la superficie del urbanismo así lo permiten y se presentan los resultados, para cada parcela y cada tramo vial secundario, en la tabla 5.16 donde se puede observar que en total en el urbanismo se drena un total de 1.637 m<sup>3</sup>/s.

Tabla 5.16 Caudal aportado por las parcelas de la I a la X (Dávila, J., 2020).

Lote	Parcela	Area (ha)	Ce pond	Intensidad Lluvia (lps/ha)	Caudal	
					(lps)	(m <sup>3</sup> /s)
I	A1-A2	0.185	0.490	611.6	55.429	0.055
	A2-B2	0.142	0.583	611.6	50.708	0.051
	B2-B1	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	B1-A1	0.125	0.554	611.6	42.488	0.042
II	B1-B2	0.108	0.558	611.6	36.818	0.037
	B2-C2	0.060	0.367	611.6	13.529	0.014
	C2-C1	0.108	0.558	611.6	36.818	0.037
	C1-B1	0.052	0.297	611.6	9.419	0.009
III	C1-C2	0.108	0.558	611.6	36.818	0.037
	C2-D2	0.060	0.367	611.6	13.529	0.014
	D2-D1	0.076	0.456	611.6	21.064	0.021
	D1-C1	0.052	0.297	611.6	9.419	0.009
IV	D1-D2	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	D2-E2	0.142	0.583	611.6	50.708	0.051
	E2-E1	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	E1-D1	0.125	0.554	611.6	42.488	0.042
V	E1-E2	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	E2-F2	0.142	0.583	611.6	50.708	0.051
	F2-F1	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	F1-E1	0.125	0.554	611.6	42.488	0.042
VI	F1-F2	0.108	0.558	611.6	36.818	0.037
	F2-G2	0.060	0.367	611.6	13.529	0.014
	G2-G1	0.108	0.558	611.6	36.818	0.037
	G1-F1	0.052	0.297	611.6	9.419	0.009
VII	C2-C3	0.433	0.729	611.6	193.039	0.193
	C3-D3	0.105	0.507	611.6	32.555	0.033
	D3-D2	0.120	0.544	611.6	40.090	0.040
	D2-C2	0.122	0.547	611.6	40.775	0.041
VIII	D2-D3	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	D3-E3	0.125	0.554	611.6	42.488	0.042
	E3-E2	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	E2-D2	0.142	0.583	611.6	50.708	0.051
IX	E2-E3	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	E3-F3	0.125	0.554	611.6	42.488	0.042
	F3-F2	0.141	0.581	611.6	50.023	0.050
	F2-E2	0.142	0.583	611.6	50.708	0.051
X	F2-F3	0.076	0.456	611.6	21.064	0.021
	F3-G3	0.060	0.367	611.6	13.529	0.014
	G3-G2	0.108	0.558	611.6	36.818	0.037
	G2-F2	0.060	0.367	611.6	13.529	0.014
TOTAL					1637.009	1.637009

Lote	Parcela	Area	Ce pond	Intensidad	Caudal
------	---------	------	---------	------------	--------

				Lluvia		
		(ha)		(lps/ha)	(lps)	(m <sup>3</sup> /s)
I	A1-B1	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	B1.B2	0.820	0.717	208.5	122.598	0.123
	B2-A2	1.300	0.786	389.2	397.762	0.398
	A2-A1	0.820	0.717	208.5	122.598	0.123
II	B1-C1	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	C1-C2	0.820	0.717	136.22	80.097	0.080
	C2-B2	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	B2-B1	0.820	0.717	389.2	228.850	0.229
III	A2-B2	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	B2-B3	0.820	0.717	208.5	122.598	0.123
	B3-A3	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	A3-A2	0.820	0.717	208.5	122.598	0.123
IV	B2-C2	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	C2-C3	0.820	0.717	136.22	80.097	0.080
	C3-B3	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	B3-B2	0.820	0.717	389.2	228.850	0.229
V	A3-B3	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	B3-B4	0.820	0.717	208.5	122.598	0.123
	B4-A4	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	A4-A3	0.820	0.717	208.5	122.598	0.123
VI	B3-C3	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	C3-C4	0.820	0.717	136.22	80.097	0.080
	C4-B4	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	B4-B3	0.820	0.717	389.2	228.850	0.229
VII	A4-B4	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	B4-B5	0.820	0.717	208.5	122.598	0.123
	B5-A5	1.300	0.714	136.22	126.412	0.126
	A5-A4	0.820	0.717	208.5	122.598	0.123

VIII	B4-C4	1.300	0.714	389.2	361.178	0.361
	C4-C5	0.820	0.717	136.22	80.097	0.080
	C5-B5	1.300	0.714	136.22	126.412	0.126
	B5-B4	0.820	0.717	389.2	228.850	0.229
				Total	7562.467	7.562

En la tabla 5.17 se presenta los caudales que transportarán los canales principales propuestos en el urbanismo de acuerdo a los caudales aportados por los canales secundarios adyacentes a cada parcela identificada.

Tabla 5.17 Caudales conducidos por los canales principales (Dávila, J., 2020).

Tramo	Canal	Parcelas y canales secundarios aportadores (ha)	Caudal	
			(m <sup>3</sup> /s)	(lps)
A1-G1	derecho			<b>0.0</b>
	izquierdo	I B1-A1, II C1-B1, III D1-C1, IV E1-D1, V F1-E1, VI G1-F1	0.156	<b>155.7</b>
A2-G2	derecho	I A2-B2, I A1-A2, I B1-B2, II B1-B2, II C1-C2, II B2-C2, III C1-C2, III D1-D2, III C2-D2, IV D1-D2, IV E1-E2, IV D2-E2, V E1-E2, V F1-F2, V E2-F2, VI F2-G2, VI F1-F2	<b>0.703</b>	<b>703.4</b>
	izquierdo	VII D2-C2, VIII E2-D2, IX F2-E2, X G2-F2	<b>0.156</b>	<b>155.7</b>
C3-G3	derecho	VII C2-C3, VII C3-D3, VII D2-D3, VIII D2-D3, VIII E2-E3, VIII D3-E3, IX E2-E3, IX F2-F3, IX E3-F3, X F2-F3, X F3-G3	0.585	<b>585.3</b>
	izquierdo			<b>0.0</b>
G1-G3	derecho			<b>0.0</b>
	izquierdo	A1-G1 izq, A2-G2 der, A2-G2 izq, C3-G3 der, VI G1-G2, X G2-G3	1.674	<b>1673.8</b>

Una vez calculado el caudal que se verterá en cada vialidad se evalúa la capacidad hidráulica de cada tramo vial o calle para decidir si requiere o no la construcción de un canal.

En la tabla 5.18, que se presenta a continuación se muestra dicha evaluación donde se muestra que del total de los quince (15) tramos viales considerados (cuatro principales y once secundarios) todos requerirán de la construcción de canales abiertos por cuanto el caudal drenado por las parcelas en cada tramo vial supera la capacidad de transporte de agua que tiene cada vialidad.

Tabla 5.18 Capacidad hidráulica de las vías (Dávila, J., 2020).

Tramo	Canales	Caudal	Caudal	Pendiente	Bombeo	Inver pend	Ancho	Coef	Altura del agua	Capacidad hidráulica	¿Requiere canal?
		drenado	drenado	longitudinal	%/100	transversal		rugosidad	al pie brocal	de la vía	
		Qd (lps)	Qd (m <sup>3</sup> )	So (m/m)	Sx	Z = 1/Sx (m/m)	Wt (m)	n	Y (cm)	Qv (lps)	
A1-A2	derecho	55.429	0.055	0.003261	0.02	50	1.5	0.016	3	5.8	SI
	izquierdo										
B1-B2	derecho	36.818	0.037	0.003261	0.02	50	1.5	0.016	3	5.8	SI
	izquierdo	50.023	0.050	0.000326	0.02	50	1.5	0.016	3	1.8	SI
C1-C2	derecho	36.818	0.037	0.002174	0.02	50	1.5	0.016	3	4.8	SI
	izquierdo	36.818	0.037	0.000326	0.02	50	1.5	0.016	3	1.8	SI
C2-C3	derecho	193.039	0.193	0.001087	0.02	50	1.5	0.016	3	3.4	SI
	izquierdo										
D1-D2	derecho	50.023	0.050	0.001087	0.02	50	1.5	0.016	3	3.4	SI
	izquierdo	21.064	0.021	0.000326	0.02	50	1.5	0.016	3	1.8	SI
D2-D3	derecho	50.023	0.050	0.001087	0.02	50	1.5	0.016	3	3.4	SI
	izquierdo	40.090	0.040	0.000326	0.02	50	1.5	0.016	3	1.8	SI
E1-E2	derecho	50.023	0.050	0.001087	0.02	50	1.5	0.016	3	3.4	SI
	izquierdo	50.023	0.050	0.000033	0.02	50	1.5	0.016	3	0.6	SI
E2-E3	derecho	50.023	0.050	0.002174	0.02	50	1.5	0.016	3	4.8	SI
	izquierdo	50.023	0.050	0.000326	0.02	50	1.5	0.016	3	1.8	SI
F1-F2	derecho	36.818	0.037	0.001087	0.02	50	1.5	0.016	3	3.4	SI
	izquierdo	50.023	0.050	0.002500	0.02	50	1.5	0.016	3	5.1	SI
F2-F3	derecho	21.064	0.021	0.002174	0.02	50	1.5	0.016	3	4.8	SI
	izquierdo	50.023	0.050	0.001304	0.02	50	1.5	0.016	3	3.7	SI
G1-G2	derecho										
	izquierdo	36.818	0.037	0.001304	0.02	50	1.5	0.016	3	3.7	SI
G2-G3	derecho										
	izquierdo	36.818	0.037	0.018478	0.02	50	1.5	0.016	3	13.9	SI
A1-G1	derecho										
	izquierdo	155.700	0.156	0.015809	0.02	50	1.5	0.016	3	12.9	SI
A2-G2	derecho	703.400	0.703	0.015809	0.02	50	1.5	0.016	3	12.9	SI
	izquierdo	155.700	0.156	0.015809	0.02	50	1.5	0.016	3	12.9	SI
C3-G3	derecho	585.344	0.585	0.025269	0.02	50	1.5	0.016	3	16.3	SI
	izquierdo										
G1-G3	derecho										
	izquierdo	1673.827	1.674	0.010870	0.02	50	1.5	0.016	3	10.7	SI

## 5.6 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales proyectados

A tal efecto, se utilizará la ecuación general de Manning para establecer los parámetros hidráulicos de los canales; dicha ecuación se aplica utilizando el programa HCANALES. Cabe destacar que los canales que se han proyectado han partido de las siguiente premisas dimensionales: sección transversal rectangular, revestimiento de concreto ( $n = 0.016$ ) y base o ancho de solera ( $b$ ) entre 0.5 m y 1.00 m.

En la tabla 5.19, se puede observar que el rango de profundidad calculada de los canales de drenaje se mantuvo entre 0.07 m y 0.66 m. Sin embargo, para efectos constructivos se propone que la profundidad mínima de construcción de los canales sea de 0.30 m. Asimismo, se observa que en todos los canales se mantienen las velocidades que no superan la permisible de los 5.00 m/s; sin embargo, se recomienda incrementar las pendientes de todos los canales secundarios hasta alcanzar la velocidad mínima permisible de 0.75 m/s

Tabla 5.19 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales proyectados (Dávila, J., 2020).

Tramo	Canales	Caudal	Pendiente	Pendiente	Coef	Ancho	Ancho	Profund	Borde	Profund	Perimetro	Area	Radio	Velocidad	Número
		drenado	longitudinal	taludes	rugosidad	solera	superficie	libre	total	mojado	Area	hidráulico	Fr		
		Qd	So	z	n	b	T	y	Bl	yt	Pm	A	Rh	V	Fr
		(m <sup>3</sup> /s)	(m/m)			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m/s)	
A1-A2	derecho	0.055	0.003261	0.00	0.016	0.50	0.50	0.35	0.11	0.46	1.20	0.175	0.146	0.317	0.17
	izquierdo														
B1-B2	derecho	0.037	0.003261	0.00	0.016	0.50	0.50	0.26	0.08	0.34	1.02	0.130	0.127	0.283	0.18
	izquierdo	0.050	0.000326	0.00	0.016	0.50	0.50	0.33	0.10	0.43	1.16	0.165	0.142	0.303	0.17
C1-C2	derecho	0.037	0.002174	0.00	0.016	0.50	0.50	0.26	0.08	0.34	1.02	0.130	0.127	0.283	0.18
	izquierdo	0.037	0.000326	0.00	0.016	0.50	0.50	0.26	0.08	0.34	1.02	0.130	0.127	0.283	0.18
C2-C3	derecho	0.193	0.001087	0.00	0.016	1.00	1.00	0.45	0.14	0.59	1.90	0.450	0.237	0.429	0.20
	izquierdo														
D1-D2	derecho	0.050	0.001087	0.00	0.016	0.50	0.50	0.33	0.10	0.43	1.16	0.165	0.142	0.303	0.17
	izquierdo	0.021	0.000326	0.00	0.016	0.50	0.50	0.20	0.06	0.26	0.90	0.100	0.111	0.211	0.15
D2-D3	derecho	0.050	0.001087	0.00	0.016	0.50	0.50	0.33	0.10	0.43	1.16	0.165	0.142	0.303	0.17
	izquierdo	0.040	0.000326	0.00	0.016	0.50	0.50	0.28	0.08	0.36	1.06	0.140	0.132	0.286	0.17
E1-E2	derecho	0.050	0.001087	0.00	0.016	0.50	0.50	0.33	0.10	0.43	1.16	0.165	0.142	0.303	0.17
	izquierdo	0.050	0.000033	0.00	0.016	0.50	0.50	0.84	0.25	1.09	2.18	0.420	0.193	0.119	0.04
E2-E3	derecho	0.050	0.002174	0.00	0.016	0.50	0.50	0.33	0.10	0.43	1.16	0.165	0.142	0.303	0.17
	izquierdo	0.050	0.000326	0.00	0.016	0.50	0.50	0.33	0.10	0.43	1.16	0.165	0.142	0.303	0.17
F1-F2	derecho	0.037	0.001087	0.00	0.016	0.50	0.50	0.12	0.04	0.16	0.74	0.060	0.081	0.614	0.57
	izquierdo	0.050	0.002500	0.00	0.016	0.50	0.50	0.15	0.05	0.20	0.80	0.075	0.094	0.667	0.55
F2-F3	derecho	0.021	0.002174	0.00	0.016	0.50	0.50	0.11	0.03	0.14	0.72	0.055	0.076	0.383	0.37
	izquierdo	0.050	0.001304	0.00	0.016	0.50	0.50	0.20	0.06	0.26	0.90	0.100	0.111	0.500	0.36
G1-G2	derecho														
	izquierdo	0.037	0.001304	0.00	0.016	0.50	0.50	0.16	0.05	0.21	0.82	0.080	0.098	0.460	0.37
G2-G3	derecho														
	izquierdo	0.037	0.018478	0.00	0.016	0.50	0.50	0.07	0.02	0.09	0.64	0.035	0.055	1.052	1.27
A1-G1	derecho														
	izquierdo	0.156	0.015809	0.00	0.016	0.50	0.50	0.30	0.09	0.39	1.10	0.150	0.136	1.038	0.61
A2-G2	derecho	0.703	0.015809	0.00	0.016	0.50	0.50	0.57	0.17	0.74	1.64	0.285	0.174	2.468	1.04
	izquierdo	0.156	0.015809	0.00	0.016	0.50	0.50	0.30	0.09	0.39	1.10	0.150	0.136	1.038	0.61
C3-G3	derecho	0.585	0.025269	0.00	0.016	0.50	0.50	0.41	0.12	0.53	1.32	0.205	0.155	2.854	1.42
	izquierdo														
G1-G3	derecho														
	izquierdo	1.674	0.010870	0.00	0.016	1.00	1.00	0.61	0.18	0.79	2.22	0.610	0.275	2.744	1.12

## 5.7 Trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje

### 5.7.1 Trazado en planta

El trazado en planta de los canales superficiales fue previsto de manera tal que se aprovechara las condiciones ya impuestas en el área de estudio.. El sistema de drenajes estará compuesto con cuatro (4) canales principales ubicados uno (1) en el perímetro oeste del urbanismo (A1-G1 de dirección norte-sur), uno (1) en el perímetro este (C3-G3 de dirección norte - sur), uno (1) en el perímetro sur del urbanismo (G1-G3 de dirección oeste - este) y finalmente, dos (2) canales centrales (A2-G2 de dirección norte- sur) (líneas color azul) y 10 (diez) canales secundarios (líneas de color rojo) que serán los encargados de drenar el agua hasta los canales principales trazados en las vialidades internas del urbanismo (figura 5.12).



Figura 5.12 Trazado en planta del sistema de drenaje (Dávila, J., 2020).

Se dispondrá de rejillas de protección sobre el canal las cuales no son más que el mismo canal proyectado horizontalmente al nivel de la carpeta asfáltica de la vía.

El objetivo de las rejillas será el de filtrar cualquier desperdicio que sea arrastrado por la esorrentía y que conjuntamente sirva de protección para los conductores debido al riesgo que representa que dicho canal descubierto pueda producir accidentes de tránsito o empeorarlos en algunos casos, además de brindarle a los mismos la posibilidad de detener sus vehículos de manera segura junto a la cera.

### **5.7.2 Perfiles longitudinales**

Habiendo definido de manera precisa el trazado en planta de los canales, se procedió a la confección de los perfiles longitudinales lo que requirió utilizar la topografía del área de estudio ya que se definen como una representación gráfica de la forma del terreno, siendo significativo incorporar el perfil de los canales junto al terreno ya que nos permitió correlacionar las condiciones existentes entre ellos.

El planteamiento ideal dentro de los canales era conservar la pendiente longitudinal de la vialidad ya que representaría la alternativa ideal fundamentada por bajo volumen de excavación y viabilidad constructiva, aunque en el caso de los canales principales fue necesario aumentar la pendiente para asegurar la velocidad mínima o capacidad del canal (figuras 5.13 a 5.17).

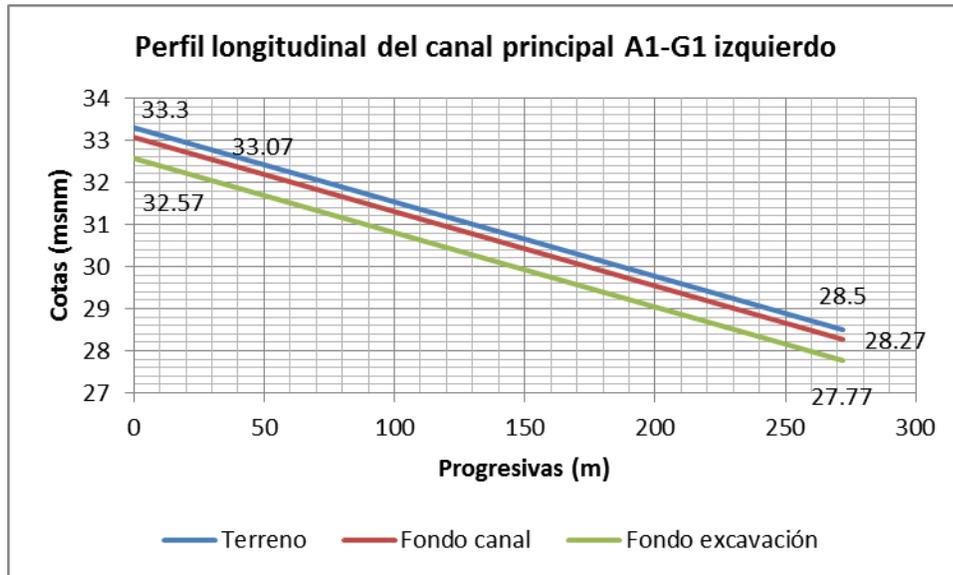


Figura 5.13 Perfil longitudinal de canal principal A1-G1 izquierdo (Dávila, J., 2020).

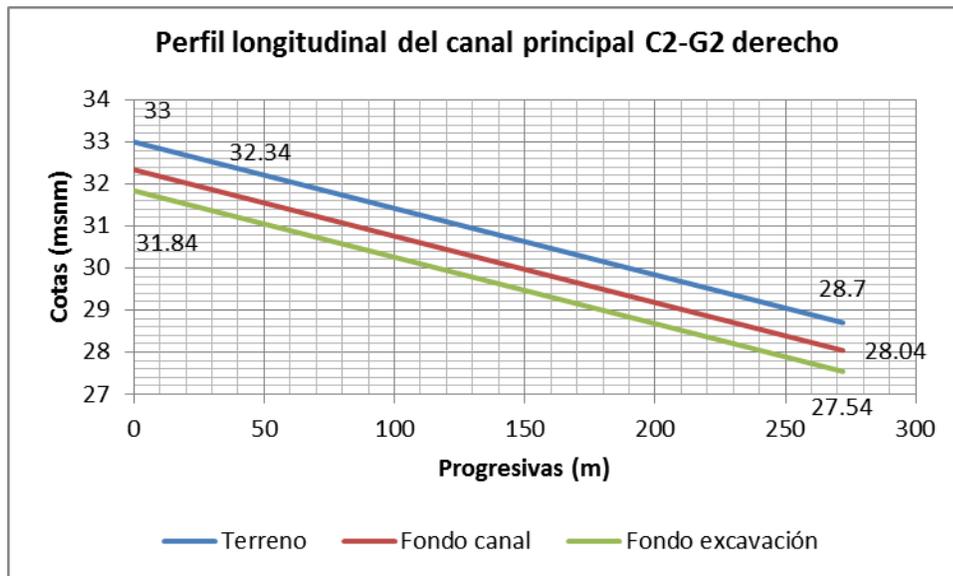


Figura 5.14 Perfil longitudinal de canal principal A2-G2 derecho (Dávila, J., 2020).

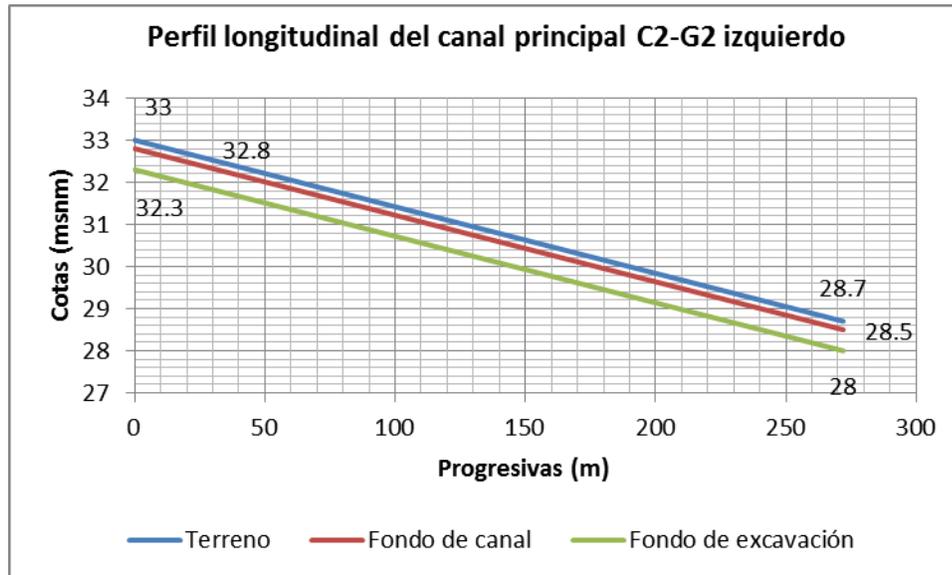


Figura 5.15 Perfil longitudinal de canal principal A2-G2 izquierdo (Dávila, J., 2020).

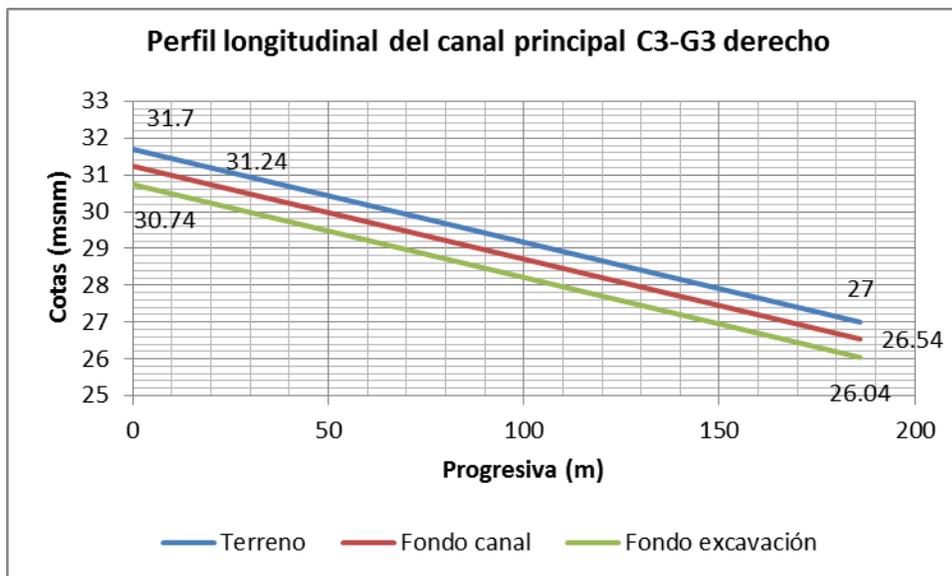


Figura 5.16 Perfil longitudinal de canal principal C3-G3 derecho (Dávila, J., 2020).

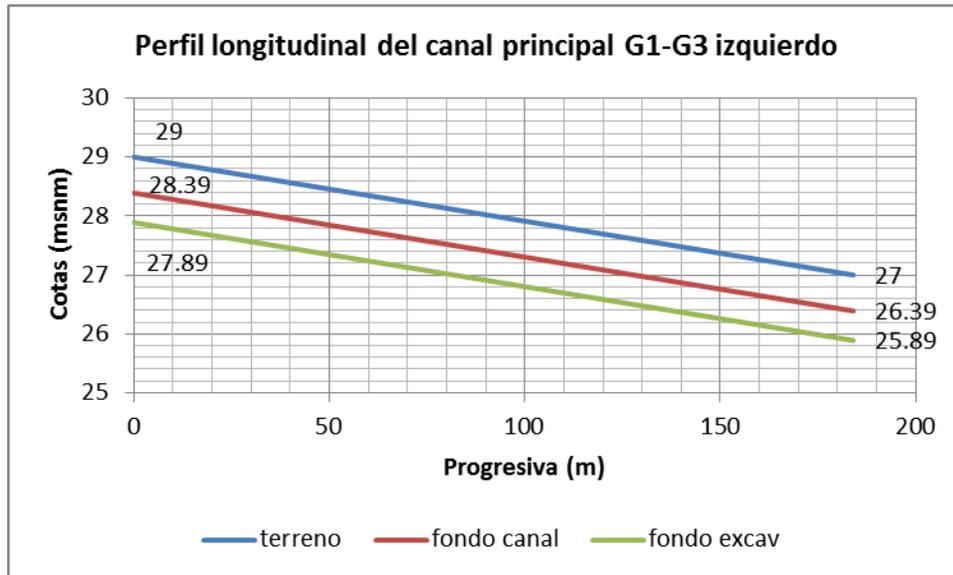


Figura 5.17 Perfil longitudinal de canal principal G1-G3 izquierdo (Dávila, J., 2020).

## **CAPÍTULO VI**

### **LA PROPUESTA**

#### **6.1 Objetivo de la propuesta**

Propuesta de un sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en la urbanización “Divino Niño” (T-IV), municipio Libertador, estado Monagas, Venezuela.

#### **6.2 Alcance**

Proyectar, calcular y diseñar un sistema de drenajes superficiales que tenga la capacidad de transportar de manera eficiente la escorrentía producida por la pluviosidad que se provengan del interior o exterior del urbanismo “Divino Niño” (T-IV) ubicado en la población de Temblador, municipio Libertador, estado Monagas, Venezuela.

#### **6.3 Justificación**

La implementación del sistema de drenajes propuesto garantizará el correcto drenaje de la escorrentía e incrementará la calidad de vida de los habitantes dentro del urbanismo, empezando por la capacidad vial que no se verá afectada por estancamientos, al igual impidiendo posibles inundaciones que dificulten la ejecución de sus actividades, aunado a eso hay que destacar la prevención de enfermedades.

## **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 determinamos el coeficiente de escorrentía ponderado, fue imprescindible obtener los valores de pendiente, tiempo de concentración e intensidad, acto seguido se procedió a la estimación del caudal mediante el método racional.

Habiendo obtenido los caudales correspondientes a cada canal, se procedió al diseño de su sección mediante la ecuación de Manning, optando por sección rectangular, habiendo definido las secciones se obtuvieron los parámetros geométricos e hidráulicos.

Para finalizar, se estableció un trazado que cumpliera con las necesidades del sistema permitiendo un funcionamiento acorde y eficiente, aunado a eso la elaboración de perfiles longitudinales, permitiendo correlacionar las condiciones del terreno y canales.

## **6.5 Propuesta de canales**

La propuesta se basa en un sistema de drenajes conformado por Cinco (5) canales principales situados a los lados de la vialidad y 10 canales secundarios también ubicados a los laterales de las calles, los cuales actúan como colectores.

El sistema de drenaje constituido por los canales superficiales mencionados tendrá la capacidad de drenar eficientemente 4.82 hectáreas y un caudal de 1.637 m<sup>3</sup>/s y manteniendo velocidades menores a la máxima 5 m/s.

Las dimensiones de los canales principales se mantuvieron con un ancho de solera de 0.50 m a 1.00 m y una profundidad total entre 0.30 m y 0.61 m, mientras que en el caso de los canales secundarios fue de 0.50 m –de base y una profundidad que osciló entre 0.30 m y 0.84 m.

Las características de la sección transversal típica de los canales principales y de los canales secundarios se muestra en la siguiente figura:

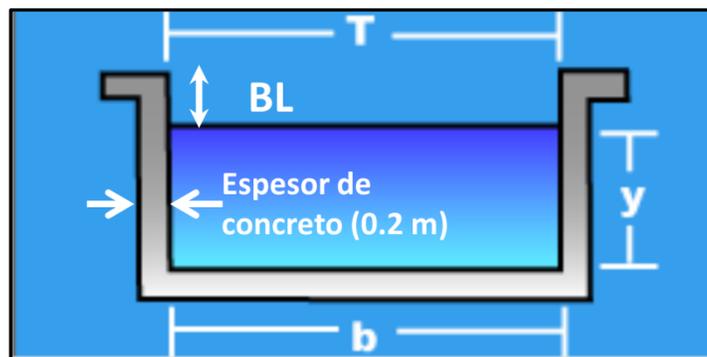


Figura 6.1 Sección transversal rectangular típica de los canales proyectados (Dávila, J., 2020).

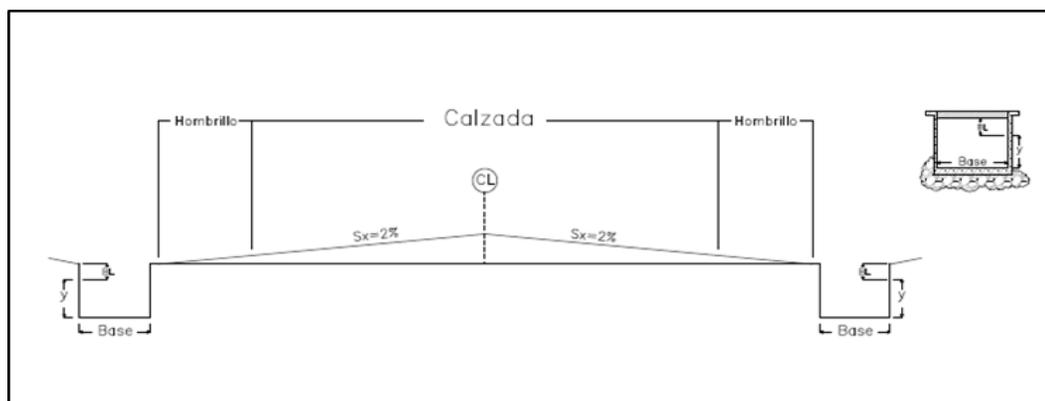


Figura 6.2 Sección transversal de los canales laterales a la vialidad (Dávila, J., 2020).

## 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 con aproximadamente 1150 mm anuales, 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. Como segundo parámetro climático importante que incide en las escorrentías pluviales se concluye que la evaporación tiene una magnitud de 2400 mm año.

2. El área de la cuenca cuenta con 4.82 hectáreas equivalentes a 48228 m<sup>2</sup>; se definieron tres (3) subcuencas. Asimismo, las direcciones preferenciales de los flujos se orientan a través de las vialidades en sentido de norte a sur y de oeste a este-

3. Se definieron tres tipos de cobertura de los suelos en cada sector y parcela: el 22% del área corresponde a zona residencial, 41% del área con pavimento y 37% corresponde a área verde. En función de ello, se concluye que los coeficientes de escurrimiento ponderado oscilaron entre 0.297 y 0.729.

4. Los tiempos de concentración calculados estuvieron entre 5.75 y 8.77 minutos para los canales principales e igualmente para los canales secundarios. En función de ello, se concluye que la intensidad de lluvia para el urbanismo se considera moderado y se mantiene aproximadamente en 611.6 lps/ha.

5. El caudal de la cuenca producto de las aguas pluviales es de  $1.637 \text{ m}^3/\text{s}$  que deberá ser recogido en las esquina sureste del urbanismo ya que son los vértices más próximos a las corrientes pluviales permanentes ubicadas al este del desarrollo urbanístico.

6. Se trazaron cinco (5) canales principales con direcciones: cuatro (4) de norte a sur, otro con flujo de oeste a este (ubicados en las vías perimetrales del este, oeste y sur del urbanismo) y diez (10) canales secundarios trazados dentro de las vías internas del desarrollo habitacional. Todos los canales se han propuesto con cobertura de concreto ( $R_{c28} = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $n=0.016$ ) y de sección transversal rectangular.

7. Las velocidades del flujo de los canales proyectados oscilan entre  $0.75 \text{ m/s}$  y  $2.85 \text{ m/s}$  lo cual permite concluir que se encuentran dentro de los parámetros permisibles ( $0.75$  y  $5 \text{ m/s}$ ). Asimismo, el número de Froude calculado para todos los canales estuvo en una media aritmética aproximada de  $0.04$  y  $1.42$ .

8. Los perfiles longitudinales de los canales fueron adaptados a las condiciones topográficas del terreno manteniendo pendientes entre  $0.0003$  y  $0.02526 \text{ m/m}$

**Recomendaciones**

1. Evaluar técnica y financieramente la aplicación de la alternativa de un sistema de drenaje de aguas pluviales basado en tuberías enterradas..

2. Sugerir a los entes gubernamentales realizar sistemáticas campañas de mantenimiento a los distintos elementos que conforman el sistema de drenajes, como prevención del posible deterioro y/o disminución de su capacidad.

## 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](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](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](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)

Schosinsky, 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)



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

**CONSTANCIA DE REVISIÓN Y CONFORMIDAD DE TUTORIA**

A través de la presente hago de su conocimiento que el trabajo de grado intitulado **“PROPUESTA DE INGENIERÍA BÁSICA DE UN SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES BASADO EN CANALES ABIERTOS PARA EL CONJUNTO RESIDENCIAL “DIVINO NIÑO” (T-IV), EN LA POBLACIÓN DE TEMBLADOR, MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.”**, el cual fue desarrollado por la bachiller **JOISI A. DÁVILA R.** de Cédula de identidad No. **23.496.020**, fue revisado y aprobado por quien suscribe y en vista de ello, se propone para que sea expuesto y defendido por sus autores.

Sin otro particular

Atentamente.

**Prof. Dafnis Echeverría**  
**Asesor académico**

## HOJAS DE METADATOS

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

<b>Título</b>	Propuesta de ingeniería básica de un sistema de drenaje de aguas pluviales basado en canales abiertos para el conjunto residencial “divino niño” (t-iv), en la población de temblador, municipio libertador, estado Monagas, Venezuela
<b>Subtítulo</b>	

Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código ORCID / e-mail</b>	
Dávila R. Joisi A.	<b>ORCID</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>ORCID</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

Palabras o frases claves:

aguas pluviales
integridad física
parámetros geométricos
aguas de lluvia

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

Área o Línea de investigación:

<b>Área</b>	<b>Subáreas</b>
<b>Departamento De Ingeniería Civil</b>	<b>Ingeniería Civil</b>
<b>Línea de Investigación:</b>	

Resumen (abstract):

### Resumen

Este Trabajo de grado trata sobre una propuesta de la ingeniería básica de un sistema drenaje superficial basado en canales abiertos para la conducción de aguas pluviales para el conjunto residencial “Divino Niño” (T-IV) ubicado en la población de Temblador, municipio Libertador, al sur este del estado Monagas. La investigación es de tipo proyectiva o proyecto factible para la cual se aplicará un diseño o estrategia de investigación de campo y documental. Para el desarrollo de la investigación se requirió un levantamiento topográfico y un plano de la propuesta urbanística la cual fue suministrada por la empresa Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA). Seguidamente se delimitó la cuenca aportadora de aguas de escorrentía de lluvia. Para dicha zona de estudio se determinó el coeficiente de escorrentía ponderado en función de la cobertura del suelo y las pendientes predominantes. Posteriormente, se determinó el tiempo de concentración y la intensidad de lluvia para cada vialidad del urbanismo a través de la cual escurrirán las aguas de lluvia. Se determinarán los caudales drenados por cada parcela en cada vialidad de la zona de estudio utilizando para ello el método racional. Considerando los caudales de aguas de escorrentía que recibirá cada vialidad se propondrán canales de sección rectangular trazados a ambos lados de las vías internas del urbanismo proyectado. Finalmente, se plantea el trazado en planta y los perfiles longitudinales de los canales propuestos; así como también los parámetros geométricos e hidráulicos simulados con la aplicación computarizada HCANALES. Entre los resultados relevantes del estudio se encontró que las características pluviométricas predominantes en el área de estudio se corresponden con un régimen pluviométrico unimodal. El sistema de drenaje planteado tiene la capacidad de captar las aguas de escorrentías de un área de 4.8228 ha y transportar un caudal de 1.637 m<sup>3</sup>/s. Se propusieron cinco (5) canales principales y diez (10) canales secundarios, todos revestidos de concreto, de sección transversal rectangular, en general trazados a ambos lados de las vialidades. Todos los canales estarán dotados de rejillas superiores metálicas para la protección de la integridad física de los vehículos y de los peatones durante su tránsito por su ubicación.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código ORCID / e-mail										
	<b>ROL</b>										
		<b>CA</b>		<b>AS</b>	<b>X</b>	<b>TU</b>		<b>JU</b>			
	<b>ORCID</b>										
	<b>e-mail</b>										
<b>e-mail</b>											
	<b>ROL</b>										
		<b>CA</b>		<b>AS</b>		<b>TU</b>		<b>JU</b>			
	<b>ORCID</b>										
	<b>e-mail</b>										
<b>e-mail</b>											
	<b>ROL</b>										
		<b>CA</b>		<b>AS</b>		<b>TU</b>		<b>JU</b>			
	<b>ORCID</b>										
	<b>e-mail</b>										
<b>e-mail</b>											

Fecha de discusión y aprobación:

**Año    Mes    Día**

<b>2020</b>	<b>01</b>	<b>14</b>
-------------	-----------	-----------

Leguaje: Spanish

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

Archivo(s):

<b>Nombre de archivo</b>
<b>NBOTTG_DRJA2020</b>

Alcance:

Espacial: “Divino niño” (t-iv), en la población de temblador, municipio libertador, estado Monagas, Venezuela

Temporal: 4 Meses

**Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil**

**Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado**

**Área de Estudio: Ingeniería Civil**

**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

CUN° 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.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

  
**JUAN A. BOLAÑOS CUNELES**  
Secretario



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *[Signature]*  
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

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

## Hoja 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 grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

---

**AUTOR**

---

**TUTOR**