

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



**MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS FLUJOS QUE SE PRODUCIRÍAN EN LOS CANALES DE DRENAJE DEL LOTE DE CULTIVO B DEL FUNDO CARIBEÑA EN EL SECTOR LOS CARIBES, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR LOS BACHILLERES MARTÍNEZ J., JOSÉ G. Y RODRÍGUEZ A., KARMINN J. PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, JULIO DE 2023**



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

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este trabajo de grado, titulado: “**MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS FLUJOS QUE SE PRODUCIRÍAN EN LOS CANALES DE DRENAJE DEL LOTE DE CULTIVO B DEL FUNDO CARIBEÑA EN EL SECTOR LOS CARIBES, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR,-VENEZUELA**” presentado por los bachilleres: **MARTÍNEZ JIMÉNEZ, JOSÉ GREGORIO** de cédula de identidad No. **25.934.374** Y **RODRÍGUEZ AFANADOR, KARMINN JOSEE** de cédula de identidad No **26.047.711**, para optar al título de **INGENIERO GEÓLOGO** ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y Apellido	Firmas
Profesor. Dafnis J. Echeverría _____ (Asesor)	_____
Profesor Juan España _____ (Jurado)	_____
Profesora Beatriz Echeverría _____ (Jurado)	_____
Prof. Francisco Monteverde Jefe de Depto. de Ing. Geológica	Prof. Francisco Monteverde Director de Esc. de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, julio de 2023

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios por sus infinitas bendiciones que ha puesto sobre mí, por haberme guiado en todo este proceso y sobre todo por ayudarme a encontrar siempre una solución a todas esas barreras que se interpusieron durante mi formación profesional.

A mis padres, Suraima del Valle y Eraclio Martínez, que con todo su amor, paciencia y dedicación me han dado las herramientas necesarias para crecer tanto personal y académicamente, ellos que siempre dieron lo mejor de sí, para hacerme un excelente ser humano y gran profesional.

A mi amor y compañera Kissys Pérez, por ser un gran apoyo emocional, siempre motivándome para salir adelante y nunca darme por vencido en los momentos más difíciles de la carrera, ayudándome a crecer como persona y como estudiante.

A Gliever Indriago, por ser un importante apoyo en mi vida estudiantil, brindándome el espacio y tiempo siendo esto herramientas cruciales para mi desarrollo profesional.

A mi futura colega Gabriela, por ser una excepción amiga y soporte para mi crecimiento personal como académico, siempre estando disponible para escuchar en cualquier momento y ayudarme a mejora.

***José G. Martínez Jiménez.***

## DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su esfuerzo y dedicación, me han inculcado valores necesarios para ser persona de bien, encaminado hacia un futuro exitoso, donde podré alcanzar mis sueños y metas. En especial homenaje a mi padre que en el transcurso del desarrollo de esta tesis partió de este plano terrenal, hasta su último aliento me apoyó a seguir adelante y a pesar de las adversidades nunca desfallecer.

A mi abuela que, también tuvo que partir del plano terrenal, me brindó su gran apoyo y amor como una segunda madre para continuar con el desarrollo de este proyecto, y finalizar mi preparación académica.

A todas aquellas personas que han sembrado en mí, conocimiento, responsabilidad, solidaridad, especialmente a los licenciados, ingenieros y profesores facilitadores que me han honrado con sus conocimientos a lo largo de esta formación académica universitaria.

A todos los profesores, tutores académicos e institucional de formación profesional por el apoyo y desempeño en el desarrollo de este Trabajo de Grado.

A nuestro tutor de tesis, Dafnis Echeverría, por haber inculcado en mí valores fundamentales que llevaré por siempre conmigo en mi vida profesional. Por su dedicación incondicional para la realización y culminación de este Trabajo de Grado.

A mi casa de estudio, Universidad de Oriente, y todo su personal educativo, por su apoyo y desempeño para ser una gran profesional.

*Karminn Josee Rodríguez Afanador.*

## **AGRADECIMIENTOS`**

Primeramente, le doy las gracias a Dios todopoderoso, quien me dio la sabiduría y la fuerza para superar cada uno de los obstáculos que se presentaron a lo largo del camino universitario, gracias a él puedo completar esta meta que quedara marcada en mi vida.

A mis padres, Suraima del Valle y Eraclio Martínez, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre los que se incluye este, gracias por brindarme su apoyo incondicional, los consejos y amor desde el primer momento en que emprendí este camino. A mi hermana Oriana Martínez, por ser mi apoyo y también uno de los pilares de mi vida estudiantil, brindándome el apoyo económico tanto como emocional para seguir adelante con mi carrera universitaria. Te amo mucho.

A mi compañera de tesis Karmínn Rodríguez, que desde el primer día en mi vida universitaria me ayudo a salir adelante en cada momento, fueron 5 años de amistad verdadera pasamos por momento difíciles, pero nunca nos separamos y agradezco a Dios que me permitió compartir toda mi vida universitaria con ella y ahora mismo compartir este momento tan especial, eres como una hermana para mí. Te quiero mucho.

Génesis Real y Ángel Piñero por demostrarme que los primeros amigos que haces en la universidad, lo serán para siempre, brindándome momentos especiales e inolvidables a lo largo de estos años. A Francisco Campanelli, por ser uno de los pocos amigos verdadero que te puede dar la vida universitaria siempre apoyando y brindando su amistad, consejos y tiempo, pasando buenos momentos de nuestra vida universitaria. A José Méndez, por ser un buen amigo y compañero de habitación pasando por algunos momentos difíciles como por buenos momentos, siempre intentando salir adelante en nuestra vida universitaria.

*José Gregorio Martínez Jiménez*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por permitirme vivir este momento, haber nacido y crecido en la familia que tengo, bendecirme día a día para cumplir mis metas y sueños.

A mi madre, Ruddy Afanador, por su constancia, amor, infinito apoyo y dedicación que siempre me ha dispuesto, por estar para mí en los momentos que más he necesitado, en todo mi crecimiento personal, educativo y profesional. A mi padre, Carlos Rodríguez, que siempre me ha apoyado a ser una mejor persona y desde el cielo me transmite todo su apoyo espiritual y amor incondicional, que siempre cree en mí para cumplir mis metas profesionales.

A mi novio y amigo incondicional, Francisco Campanelli, por siempre apoyarme a cumplir mis metas profesionales, no dejarme caer en los momentos más duros, tener mucha paciencia conmigo y siempre creer en mí. Por su amor y comprensión en cada etapa de la vida universitaria. Por ser más que mi compañero de estudios, sino mi compañero de vida.

A mi amigo y compañero de tesis, José Martínez, por atravesar todas las etapas universitarias juntos, por apoyarnos en nuestra travesía académica, por brindarme su estímulo a seguir día a día para lograr las metas profesionales y seguir a mi lado en estos largos años de estudios, desde el primer semestre luchando codo a codo hasta la actualidad. Mi más sincero agradecimiento.

A mis amigos y compañeros de estudios, Génesis Real y Angel Piñero, por ser esos primeros amigos que estuvieron para mí en el inicio de esta travesía y convertirse en esos amigos que nunca se olvidan y siempre estarán en mi corazón.

A mis suegros, Yanei Sifontes y Francisco Campanelli, por su apoyo incondicional que me brindan en cada aspecto de mi vida personal y académica, por acogerme con su hija y siempre creer en mí. Por estar a mi lado en los momentos buenos y malos, y no me dejan caer.

*Karminn Josee Rodríguez Afanador*

## RESUMEN

El objetivo fundamental de este trabajo de investigación consiste en efectuar un modelamiento de los flujos que se producirían en los canales de drenaje de la zona de cultivo del lote B del fundo La Caribeña en el sector Los Caribes de Ciudad Bolívar en el municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar. En ese sentido, la investigación es del tipo descriptiva, la cual requerirá la aplicación de una estrategia o diseño documental y de campo. La metodología utilizada incluye el reconocimiento de la zona para la verificación de las condiciones físico naturales como el relieve, geología, suelos, vegetación, fauna e hidrografía del área de estudio como aspectos importantes del entorno. En el trabajo se incluye la caracterización pluviométrica del área del estudio, la determinación de los caudales de diseño drenado por el área de cultivo el dimensionamiento de los elementos geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje, su trazado en planta, su perfil longitudinal y el modelo de la sección transversal del canal de drenaje principal y secundarios. Una vez aplicada esta metodología se pueden señalar entre los resultados más relevantes son en primer lugar que el canal colector principal de drenaje deberá drenar un caudal total de  $0.66 \text{ m}^3/\text{s}$ , estará no revestido. En cuanto a su ubicación, tendrá una alineación por el lado oeste al área del lote B, de sección transversal trapezoidal, con una pendiente longitudinal  $0.03462$ , tendrá una longitud aproximada de  $520 \text{ m}$ , un ancho de base de  $0.5 \text{ m}$  y una profundidad que oscilará entre  $0.16$  y  $0.49 \text{ m}$ . Asimismo, los cinco (5) canales secundarios serán igualmente de sección trapezoidal con un ancho de base de  $0.20 \text{ m}$  y una profundidad de  $0.23 \text{ m}$  y  $0.32 \text{ m}$  y tendrán una longitud de  $200 \text{ m}$  cada uno. El modelamiento de los flujos a través de los canales de drenaje indica que el régimen de flujo será subcrítico con velocidades que se mantienen dentro de lo permisible.

# CONTENIDO

	Página
i	
<b>ACTA DE APROBACIÓN</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS`</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>CONTENIDO</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE APÉNDICES</b> .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación .....	7
1.2.1 Objetivo general .....	7
1.2.2 Objetivos específicos .....	7
1.3 Justificación de la investigación .....	8
1.4 Alcance de la investigación.....	8
<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
<b>GENERALIDADES</b> .....	9
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio .....	9
2.2 Vegetación típica de la región .....	12
2.3 Geología del área de estudio.....	12
2.5 Suelos del área de estudio.....	14
<b>CAPÍTULO III</b> .....	16
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	16
3.1 Antecedentes o estudios previos.....	16
3.2.1 Sistemas de drenaje.....	18
3.2.2 Tipos de drenaje.....	18
3.2.7 Tiempo de concentración según ábaco de Arocha (2012).....	29
3.2.7 Coeficiente de escurrimiento .....	29
3.2.18 Criterios de diseño sobre drenaje superficial.....	36
3.2.19 Determinación del tiempo de drenaje (td) .....	39
3.2.20 Tiempo para alcanzar el 10% de aireación.....	39

3.2.21	Tiempo total de exceso de agua.....	42
3.2.22	Diseño de canales .....	46
3.2.23	Modelo de eventos.....	46
3.3	Bases legales.....	55
3.3.1	Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	55
3.4	Definición de términos básicos.....	56
3.4.1	Abrupto .....	56
3.4.2	Áreas inundables.....	56
3.4.3	Canales de drenajes.....	56
3.4.4	Cartografía .....	56
3.4.5	Cavitación.....	57
3.4.6	Climatología .....	57
3.4.7	Coefficiente de escorrentía (C) .....	57
3.4.8	Coefficiente de Manning (n).....	57
3.4.9	Colectores .....	57
3.4.10	Cota.....	58
3.4.11	Cuenca .....	58
3.4.12	Cuenca hidrográfica.....	58
3.4.13	Datum .....	58
3.4.14	Desnivel .....	58
3.4.15	Embaulamiento.....	59
3.4.16	Escorrentía .....	59
3.4.17	Fluctuar .....	59
3.4.18	Hidrología.....	59
3.4.19	Inundación .....	59
3.4.20	Meteorología.....	60
3.4.21	Perfil longitudinal .....	60
3.4.22	Perfil transversal .....	60
3.4.23	Pluviómetro.....	60
3.4.24	Zanjas.....	60

**CAPÍTULO IV..... 62**

**METODOLOGÍA DE TRABAJO..... 62**

4.1	Tipo de investigación.....	62
4.2	Diseño de investigación.....	62
4.2.1	Investigación documental .....	62
4.2.2	Investigación de campo .....	63
4.3	Población y muestra de la investigación.....	63
4.3.1	Población de la investigación .....	63
4.3.2	Muestra de la investigación .....	64
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	64
4.4.1	Técnicas de recolección de datos.....	64

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos.....	66
4.6.1 Caracterizar climatológicamente el área de estudio .....	66
4.6.2 Caracterizar la cuenca de drenaje del área de estudio .....	67
4.6.3 Estimación de los caudales aportados por las cuencas .....	67
4.6.4 Determinación de los parámetros hidráulicos y geométricos de los canales de drenaje .....	67
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>68</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
5.1 Determinación de las características climáticas vitales de la zona de estudio .....	68
5.1.1 Precipitación .....	68
5.1.2 Evaporación .....	69
5.2 Delimitación y caracterización de la cuenca de drenaje .....	71
5.2.1 Características de los suelos del Ikote B.....	72
5.3 Coeficientes de escorrentía ponderado de la cuenca urbana .....	72
5.3.1 Esquema en planta y perfil del sistema de canales de drenaje .....	73
5.4 Estimación de los caudales de escorrentía superficial .....	75
5.4.1 Tiempos de concentración e intensidad de lluvia en la cuenca .....	76
5.4.2 Caudal de escorrentía pluvial drenado.....	77
5.4.3 Caudal drenado por excedencia de riego .....	77
5.4.4 Caudal total drenado por cada canal lateral o secundario.....	85
5.4.5 Caudal total drenado por el canal colector principal .....	87
5.5 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje .....	88
5.5.1 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales laterales.....	88
5.5.2 Parámetros geométricos e hidráulicos del canal colector principal..	89
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>
Conclusiones.....	90
Recomendaciones .....	91
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>92</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>98</b>

## LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación relativa nacional del área de estudio.....	11
2.2	Ubicación relativa local del área de estudio.....	11
2.3	Distribución espacial de lotes dentro del fundo La Caribeña.....	12
2.4	Vegetación típica en el área de estudio. (Echeverría, 2015).....	13
2.5	Relieve típico del área.....	15
3.1	Partes que componen el espaciamiento entre zanjas (Poirre, 1966)...	24
3.2	Abaco para estimación del tiempo de concentración en cuencas rurales (Arocha, 2012).....	30
3.3	Triangulo textural (FAO, 2015).....	33
3.4	Esquema del proceso de inundación y tiempo tomado de rojas (1.984)...	41
3.5	Curvas únicas para diferentes cultivos. Valores ajustados a 25°C y tiempo total.....	44
3.6	Conceptualización de una cuenca natural para la aplicación del Modelo de Simulación de Eventos.....	49
3.7	Configuración simplificada de la vertiente y del cauce.....	51
3.8	Volumen de control para describir la ecuación de continuidad.....	52
3.9	Canal de longitud $\Delta x$ y ancho unitario.....	54
3.10	Representación gráfica de la resolución de las ecuaciones usadas para el tránsito de caudales.....	55
4.1	Flujograma de actividades.....	66
5.1	Distribución anual de la precipitación (mm).....	69
5.2	Distribución de la evaporación anual en el noreste del estado Bolívar	70
5.3	Imagen de satélite del área de estudio (modificado de Google Earth, 2023).....	71
5.4	Trazado en planta de los canales secundarios o laterales (líneas lila) y el colector principal (línea roja).....	74

5.5	Perfiles longitudinales de un canal lateral secundario (arriba) y del canal colector principal (abajo).....	75
5.6	Curvas IDF para estación Puerto Ordaz (Montilla y Pereira, 2010)...	74
5.7	Disponibilidad de agua en el suelo (Guevara, E., 1994).....	78
5.8	Curvas granulométricas de las muestras de suelo del lote B.....	78
5.9	Curva de tendencia potencial de la velocidad de infiltración vs el tiempo.....	83

## LISTA DE TABLAS

	Página	
3.1	Coordenadas UTM de los vértices del lote B del fundo La Caribeña (Datum REGVEN, Huso 20, elipsoide GRS-80).....	12
3.2	Velocidades de escurrimiento en laderas. Cobertura Vegetal (V= m/min). (Arocha, R., 2012).....	28
3.3	Valores de la textura en función del coeficiente C de la escorrentía (Schawab, 1981).....	31
3.4	Tipos de textura según el USDA (FAO, 2015).....	33
3.5	Clasificación de la estructura (FAO, 2000).....	
3.6	Clasificación de los grados de consistencia en diferentes estados de humedad del suelo /FAO, 2000).....	34
3.7	Principales texturas para diferentes tipos de suelo (Liotta, 2015).....	37
3.8	Valores típicos de T10 para los diferentes grupos texturales según SCS	42
3.9	Parámetros típicos de textura de suelo y tiempos estimados para alcanzar el 10% de aireación.....	42
3.10	Coefficientes de Cultivo (Cc). (Rojas, 1984).....	44
3.11	Coefficiente de rugosidad para segmentos de escurrimiento. (Engman1986).....	56
5.1	Características de la estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto.	68
5.2	Distribución de áreas según el uso del suelo en la cuenca de drenaje....	72
5.3	Coordenadas UTM de ubicación de las muestras de suelo.....	72
5.4	Estimación del coeficiente de escorrentía ponderado.....	73
5.5	Caudal de escorrentía pluvial drenado por el lote B.....	77
5.6	Resumen de las propiedades físicas del suelo (Guevara, E. 1990).....	79
5.7	Estimación de la infiltración básica.....	81
5.8	Estimación de la infiltración básica (ib) según modelo de Kostiakov....	83
5.9	Caudal máximo a drenar del lote B.....	85
5.10	Estimación del caudal drenado por cada tramo de canal lateral o secundario.....	86
5.11	Caudal máximo drenado por el canal colector principal.....	87
5.12	Parámetros geométricos y dimensionales de los canales laterales.....	88
5.13	Parámetros hidráulicos del flujo de los canales laterales.....	88
5.14	Parámetros geométricos y dimensionales del canal colector principal.	88
5.15	Parámetros hidráulicos del flujo del canal colector principal.....	89

## LISTA DE APÉNDICES

	Páginas
<b>A ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MUESTRAS DE SUELOS.....</b>	99
A.1 Análisis granulométrico de la muestra B- 100 1.....	
A.2 Análisis granulométrico de la muestra B- 101 2.....	
A.3 Análisis granulométrico de la muestra B- 102 3.....	

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano constituye en la actualidad una explotación de gran valor económico y social en nuestra zona, de ahí la importancia que genera en que, cada día, se mejoren los sistemas de producción, necesiéndose en éste sentido mejorar las áreas de cultivos adecuándoles un buen sistema de drenaje.

Un sistema de drenaje deficiente pone a un cultivo en riesgo ya que no permite cumplir adecuadamente con el propósito de retirar el agua que se acumula en depresiones topográficas, lo que causa problemas, como obstaculizar la adecuada aireación del suelo y con ello el óptimo desarrollo de las plantas.

Fundamentalmente al sistema de drenaje lo forman una red de canales que toman y conducen las aguas a otra área fuera de la drenada al mismo tiempo que impide que entre nuevamente agua. Un canal de drenaje es aquel por donde se transportan los fluidos generalmente de agua y a diferencia de las tuberías, es abierto a la atmósfera. Es por ello que este proyecto tiene como finalidad diseñar un sistema de drenaje que conduzca las aguas de lluvias y las excedencias del riego mediante canales abiertos no revestidos para brindar bienestar y salubridad al área de cultivo del lote B del fundo La Caribeña.

Este documento se encuentra estructurado en cinco (5) capítulos, de la siguiente manera:

El Capítulo I, titulado Situación a investigar está conformado por: el planteamiento del problema, objetivos (general y específicos), justificación y el alcance de la investigación.

El Capítulo II, titulado Generalidades, trata sobre la ubicación y generalidades del área de estudio. En ella se incluye, la geología, la geomorfología, los suelos, la vegetación y fauna del área de estudio

El Capítulo III muestra los antecedentes de estudio en la zona y conceptos teóricos y prácticos que enriquecen el contenido del trabajo.

El Capítulo IV trata sobre la metodología donde se describe el tipo de investigación, su diseño, la población y muestra de la investigación, el flujograma y el procedimiento para el logro de los objetivos.

En el Capítulo V se presentan los resultados relevantes de la investigación de acuerdo al desarrollo de los objetivos planteados.

Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones más importantes de la investigación.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Planteamiento del problema

Es básico el disminuir los daños que los excesos de aguas de escorrentía de origen pluvial pueden ocasionar a la ciudadanía y a las edificaciones en el entorno urbano; pero así mismo es también inconveniente los excesos de aguas de riego no drenadas dentro de un cultivo, en ambos casos se hace impostergable acometer obras de ingeniería hidráulica que minimicen los posibles daños que pudieran generar las escorrentías incontroladas adecuando las velocidades de los flujos para minimizar los procesos erosivos. Por otro lado, lo complementario es garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria urbana y rural, según sea el caso, permitiendo así un apropiado tráfico de personas y vehículos, o el sano crecimiento de los cultivos, durante la ocurrencia de las lluvias o durante los períodos de riego.

El drenaje tiene como objeto la eliminación de los excesos de agua de los suelos a fin de proporcionar a los cultivos un medio adecuado para su normal desarrollo, el drenaje según la localización de los excesos de agua, puede ser superficial y sub-superficial. El drenaje sub-superficial es aquel que se destina a evacuar los excesos de agua acumulados en el perfil del suelo, el drenaje superficial consiste en la remoción del exceso de agua sobre la superficie del terreno (Rojas, 1894).

El comportamiento del drenaje depende de las condiciones de suelo, clima y topografía, que ocasionan una situación típica de drenaje superficial deficiente, estas condiciones se encuentran relacionadas generalmente con: Relieve accidentado, suelos poco profundos o están en un estrato impermeable y precipitaciones de larga duración e intensidad.

El mal drenaje en los suelos ha sido un aspecto al que históricamente no se le ha dado la importancia merecida en la agricultura. La actitud normal de los agricultores ha sido evitar utilizar aquellos suelos con problemas de drenaje o usar cultivos de corto periodo de desarrollo que crezcan durante la temporada en que el problema no es evidente, cosa que se contradice, ya que actualmente la producción de alimentos en nuestro país y el mundo es un gran reto para la agricultura.

En la actualidad el drenaje se ha ido introduciendo en las regiones húmedas tropicales, con el propósito, no sólo, de desalojar los excesos de agua debido a las lluvias de gran intensidad y magnitud, sino, para incrementar la productividad.

El agua de escorrentía estimula la creación de sistemas de desagües o drenaje. Dichos sistemas son mecanismos de convergencias, donde los ríos más pequeños desembocan en ríos cada vez más grandes. De tal manera que los cuerpos de agua pueden clasificarse ordenadamente desde las nacientes.

Las aguas de escorrentías son de vital importancia para el hombre ya que de la infiltración de estas dependen las recargas de aguas subterráneas y de acuíferos en gran medida puesto que sin estos recursos las actividades humanas futuras se verán seriamente restringidas. Así, por ejemplo, muchas de las antiguas civilizaciones se desarrollaron entorno a grandes ejes de drenajes, pues el agua corriente se utiliza para el riego de los cultivos; es útil en las actividades manufactureras, así como para el consumo de las comunidades urbanas.

Atendiendo a todo lo anterior y primordialmente a la importancia económica que actualmente ha alcanzado el cultivo de las hortalizas y gramíneas en el mundo, se hace indispensable, el desarrollo de un trabajo técnico de drenaje en las diferentes zonas cultivadoras de éstos vegetales.

Cabe destacar que la mayoría de las aguas tienen su composición química alterada en comparación a épocas anteriores, de tal manera que ya no reúnen las condiciones generales para algunos o para el conjunto de usos que está destinada en su estado natural, esto se debe al efecto de los fertilizantes que están siendo llevados a ríos, lagos, mares, provenientes de las actividades agropecuarias.

Aunque el término de drenaje no fue utilizado sino hasta el siglo XIX, existían ya trabajos importantes sobre evacuación de aguas en el Medio Oriente y Asia, muchos siglos antes. Un ejemplo de ello es el control del agua en los ríos Éufrates (Mesopotamia) y Nilo (Egipto), ríos Amarillo y Azul en China.

Venezuela no se escapa de presentar condiciones donde el sistema de recolección de aguas de lluvia proveniente de los techos y patios interiores de las edificaciones, aunadas a las que reciben las calles directamente, constituyen un problema en la comunidad, provocando el colapso de los mismos, los cuales en diversos casos no existen o simplemente no tienen la capacidad requerida para la disposición de las aguas producto de las precipitaciones.

En el estado Vargas para el año de 1999 se produjo un deslave afectando a toda la población y en gran medida a aquellos que habitaban a los márgenes de los ríos, coadyuvando a todo esto que en su mayoría los sistemas de drenaje de agua de lluvia existente estaban colapsados. Los escasos sistemas existentes para el control de las aguas de escorrentía han colapsado en su mayoría repercutiendo gravemente en el medio ambiente, siendo la principal causa de erosión del suelo y desencadenando la contaminación de cuerpos de agua y desajuste del ciclo hidrológico, lo que produce cambios climatológicos de gran magnitud ocasionando lluvias ácidas.

La finalidad principal del drenaje es crear unas condiciones óptimas para las raíces a fin de asegurar el máximo crecimiento de la planta, aumentar la producción y

mantener los rendimientos durante largo tiempo. Un mal drenaje ocasiona un descenso de la producción porque las raíces se atrofian o mueren y no pueden proporcionar a la planta agua, minerales y estabilidad. Las plantas con un sistema de raíces insuficiente pueden sufrir falta de agua cuando desciende la capa freática.

Esto conduce a evaluar si el sistema de drenaje instalado en El fundo " La Caribeña", al transcurrir de los años se encuentra funcionando adecuadamente y compararlo, mediante bases técnicas con un sistema de drenaje eficiente; y sentar bases que conlleven a mejorar el drenaje de este fundo y de otras fincas dedicadas a la explotación del renglón de hortalizas y legumbres.

La finalidad principal del drenaje es crear unas condiciones óptimas para las raíces a fin de asegurar el máximo crecimiento de la planta, aumentar la producción y mantener los rendimientos durante largo tiempo. Un mal drenaje ocasiona un descenso de la producción porque las raíces se atrofian o mueren y no pueden proporcionar a la planta agua, minerales y estabilidad. Las plantas con un sistema de raíces insuficiente pueden sufrir falta de agua cuando desciende la capa freática.

De acuerdo a estos problemas de erosión y contaminación a futuro en la zona, impulsa a plantear un análisis detallado del sistema de drenaje del área de cultivo del lote B del fundo La Caribeña en el sector Los Caribes del sur de Ciudad Bolívar en el estado Bolívar. El desarrollo de esta investigación se implementará teniendo en cuenta lo siguiente:

¿Cuáles son las características climatológicas indispensables para el diseño del drenaje del área de estudio?

¿Cuáles son las consideraciones agrológicas que se deben tomar en cuenta para el diseño de un idóneo sistema de drenaje para la zona de cultivo?

¿Cuáles son las características hidrológicas que se deben considerar para el adecuado diseño de un apto sistema de drenaje?

¿Cuáles son las características de los elementos geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje y de los flujos que por ellos se movilizan?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar el modelamiento matemático de los flujos que se producirían en los canales de drenaje del lote de cultivo B del fundo La Caribeña en el sector Los Caribes, Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar,- Venezuela,

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1.Describir los parámetros climáticos vitales del área del estudio para efectos de diseño del sistema de drenaje.

2.Determinar las consideraciones agrológicas que se deben tomar en cuenta para el diseño de un idóneo sistema de drenaje para la zona de cultivo.

3.Caracterizar las condiciones hidrológicas que se deben considerar para el adecuado diseño de un apto sistema de drenaje

4. Determinar las características de los elementos geométricos, dimensionales e hidráulicos del sistema de drenaje y de los flujos que por ellos se movilizan.

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

La presente investigación brindará aportes a la ingeniería hidráulica y a la ingeniería sanitaria, debido a que se considera de mucha importancia una adecuada eliminación de los excedentes de agua pluvial o de riego que se produzcan en el lote B de la zona cultivada de la finca La Caribeña en el sector Los Caribes. Las aguas de escorrentía excedentes a dicha zona de cultivo, cualquiera sea su origen, , deberán ser modeladas hidráulicamente con la finalidad de comprobar que los canales de drenaje están adecuados al volumen de agua excedente que debe ser drenada.

Por tal motivo, se genera dicho análisis con urgencia de tal forma que se disponga de un sistema de drenaje que garantice el adecuado desarrollo de las plantas que forman parte del área de cultivo estudiado en esta investigación.

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

Con esta investigación se evaluarán los flujos que se producirían en el sistema de drenaje de las aguas de la escorrentía dentro del área de cultivo del lote B de la finca La Caribeña en el sector Los Caribes en la población de Ciudad Bolívar, estado Bolívar, Venezuela. En ese sentido, el presente estudio pretende alcanzar o incluir entre sus metas:

Efectuar un los parámetros climatológicos vitales para este tipo de evaluación en el área de estudio para categorizarla. Se realizará un estudio topográfico y se determinarán los elementos hidrológicos de la zona del lote B de cultivo, así mismo, se deberán considerar las variables agrológicas necesarias para realizar un diseño de sistema de drenaje eficiente y finalmente, determinar las características de los elementos del sistema de drenaje desde el punto de vista dimensional, geométrico e hidráulico para modelizar las condiciones de los flujos que se producirían a través de ellos.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES**

#### **2.1 Ubicación geográfica del área de estudio**

El fundo La Caribeña dispone de un área total de 37.4 ha; de las cuales están dispuestas como zona cultivable 13.4 ha; sin embargo, el área que se tratará en la presente investigación, comprendió una superficie de 2.19 ha localizada en el municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar y en la cual se consideró la cuenca de drenaje de las excedencias de aguas de escorrentía con la finalidad de canalizar dichos flujos a través de un sistema de drenaje eficiente que desaloje las aguas hasta la quebrada que fluye al oeste del lote B de cultivos del fundo La Caribeña ubicada en el sector Los Caribes de Ciudad Bolívar.

El acceso al área es por la carretera Troncal 16 en sentido Ciudad Bolívar – Ciudad Piar. Al llegar al distribuidor Los Caribes se toma el desvío hacia el oeste hasta las inmediaciones del Liceo Militar “Eleazar López Contreras”.

Posteriormente, se toma el desvío hacia el sur hasta llegar al fundo La Caribeña como se observa en la siguiente figura.



Figura 2.1. Ubicación relativa nacional del área de estudio.

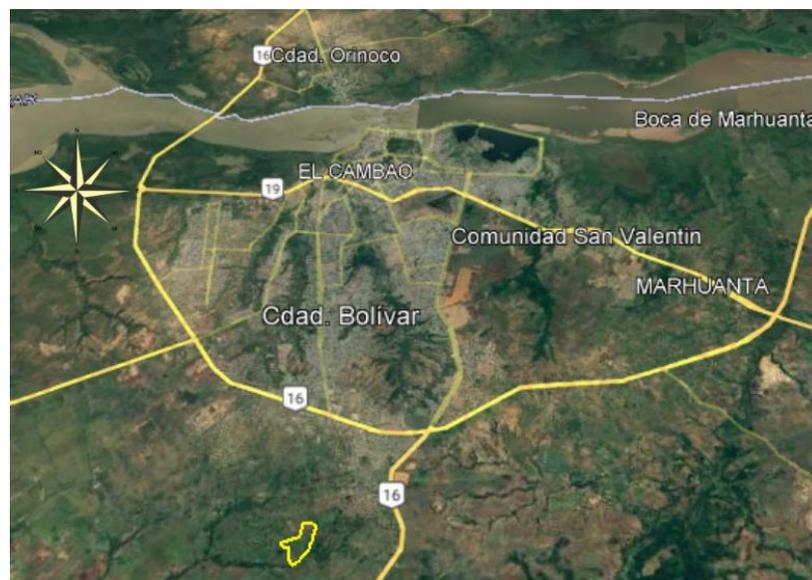


Figura 2.2 Ubicación relativa local del área de estudio.

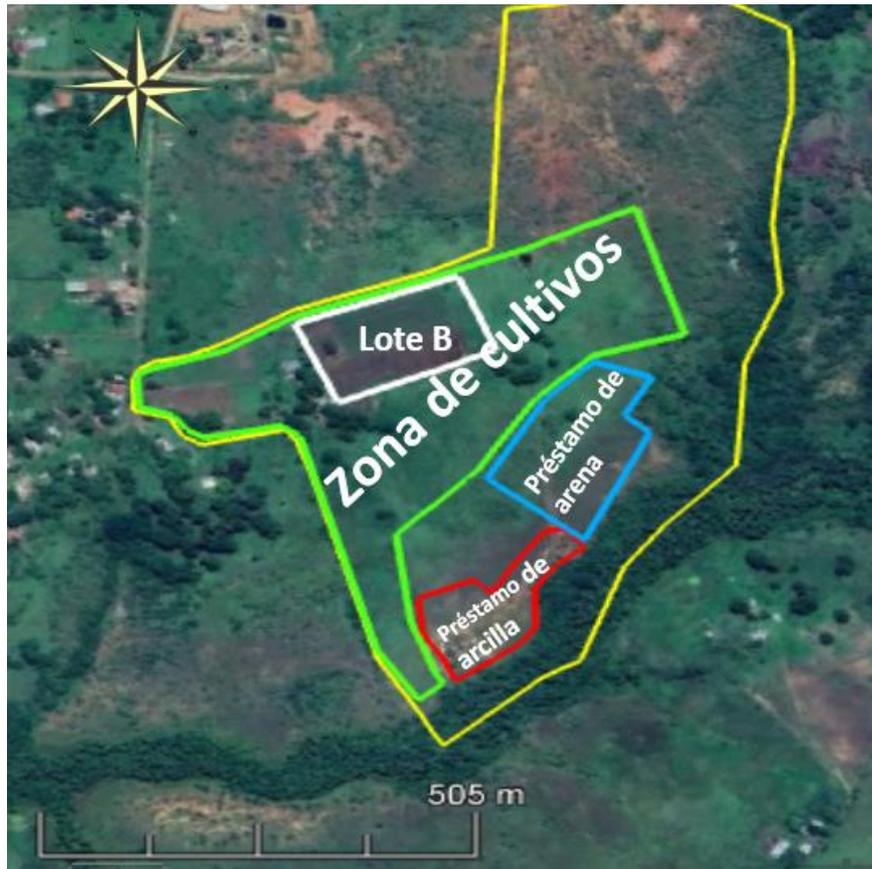


Figura 2.3 Distribución espacial de lotes dentro del fundo La Caribeña.

Tabla 2.1. Coordenadas UTM de los vértices del lote B del fundo La Caribeña (Datum REGVEN, Huso 20, elipsoide GRS-80).

<b>Vértices</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
Noroeste (1)	438601	888054
Noreste (2)	438783	888116
Sureste (3)	438821	888016
Suroeste (4)	438645	887949

## 2.2 Vegetación típica de la región

Predominantemente dominan las comunidades de porte herbáceo como gramíneas de vegetación de sabana y de diferentes fisonomía y composición florística, dependiendo de la disponibilidad de humedad, con individuos arbustivos aislados y vegetación espesa de bosques de galería y morichales en la hidrografía natural de la zona de estudio.

Entre las especies se encuentran. *Cnidocolus urens* (Guaritoto), *Acanthocereus tetragonus*, *Melochia parvifolia* (Bretónica), *Croton conduplicatus* (Carcanapire), *Merremia aegyptia*, *Ipomoea* sp., *Helicteres guazumaefolia* (Tornillo), *Waltheria indica*, *Hyptis suaveolens* (Mastranto), *Calotropis gigantea* (Algodón de seda), *Wedelia calycina*, *Vismia* sp., *Zanthoxylum* sp., *Securidaca pendula*, *Senna* sp., *Guettarda divaricata*, *Aristida setifolia*, *Rhynchelytrum repens* (Paja rosada), *Panicum* sp, entre otras. (CVG TECMIN, 2018).



Figura 2.4 Vegetación típica en el área de estudio. (Echeverría, 2015).

## 2.3 Geología del área de estudio

Geológicamente el área de estudio está constituida por sedimentos formados por depósitos aluviales de edad Plio-pleistoceno, correspondientes a la Formación

Mesa. Además, presentan un perfil topográfico rectilíneo a ligeramente inclinado, con algunos desniveles significativos y un micro-relieve relativamente liso. La mayoría de la Altiplanicie de Mesa posee un carácter depositacional, la cual se manifiesta con la presencia de características que dependen de los procesos sobre el que se depositó un manto superficial de sedimentos aluviales. (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1970).

#### **2.4 Geomorfología del área de estudio**

Fisiográficamente, el área de estudio está conformada por un tipo de paisaje bien diferenciado como es la Altiplanicie de Mesa, cuyo tipo de relieve es una mesa y la forma del terreno varía entre plano a suavemente inclinado. Las mayores pendientes de esta unidad geomorfológica está entre 2% y 4%.

Además, presentan un perfil topográfico rectilíneo a suavemente inclinado, sin desniveles significativos y un micro-relieve relativamente liso. La mayoría del relieve de la zona de estudio posee un carácter depositacional, de edad Plio-pleistoceno, correspondientes a la Formación Mesa, la cual se manifiesta con la presencia de características que dependen de los procesos sobre el que se depositó un manto superficial de sedimentos aluviales.

En términos generales, puede afirmarse que el proceso erosivo es de tipo laminar, de intensidad baja a ligera y de modalidad generalizada.

Presenta un balance morfodinámico casi estable, ya que constituye un medio con pocos o sin problemas de erosión. No obstante durante los períodos de lluvia en zonas desprovistas de vegetación los procesos erosivos son ligeros a moderados.

En relación al potencial morfodinámico, varía entre baja, a moderado, esta clase de potencial corresponde a la superficie plano- suavemente inclinado, debido a que los factores de precipitación, cobertura vegetal y pendiente no favorecen los procesos erosivos severos. Puede decirse que la cantidad de lluvia es relativamente baja, la vegetación es sabana arbustiva, con pendiente entre 2% a 4% (González de Juana et al, 1980).

La erosión regional es de tipo escurrimiento difuso, de intensidad ligera y de modalidad generalizada. Estas áreas planas y suavemente inclinadas, han sido intervenidas para la construcción de pequeñas viviendas, fundos y uso pecuario, sobre una formación vegetal de sabana gramínea arbustiva.



Figura 2.5 Relieve típico del área..

## 2.5 Suelos del área de estudio

Los suelos formados en el área, se han desarrollado a partir de sedimentos detríticos que fueron depositados durante el periodo Plio – Pleistoceno. Estos sedimentos han sido sometidos a través del tiempo a una dinámica determinada por un bioclima actual Ombrófilo Macrotérmico, así como un factor hídrico que han sido determinantes en la formación de los suelos. (CVG Tecmin, C.A., 2018)

Estos suelos exhiben un avanzado desarrollo pedogenético (Figura 2.5), debido a los intensos procesos de intemperización, a través de prolongados períodos, actuando sobre superficie geomorfológica de relativo grado de estabilidad y condiciones climáticas (bajas precipitaciones y alta temperaturas), que han favorecido la ocurrencia de horizontes de iluviación de arcilla (argílico o kándico).

Presentan un avanzado desarrollo evolutivo, son muy profundos (más de 150 cm. de espesor), con colores marrón grisáceo oscuro, marrón amarillento y marrón, en superficie; y en profundidad, rojo amarillento, amarillo rojizo y rojo.

En lo referente a la textura esta es predominantemente arenosa, areno francosa y franco arenosa en los primeros estratos; tornándose franco arcillo arenosa, franco arcillosa arenosa en profundidad. Son suelos bien drenados, químicamente exhiben pH fuerte a extremadamente ácido, baja saturación con bases y baja capacidad de intercambio de cationes, condiciones que les confiere una baja a muy baja fertilidad natural.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes o estudios previos

En el desarrollo de la presente investigación, es necesaria la búsqueda y recopilación de información procedente de trabajos cuyo tema y objetivo tengan relación con el objeto que se desea lograr, de manera que sirvan de sustento para poder tener claros los procedimientos y técnicas necesarias. A continuación se presentarán las siguientes investigaciones:

Rubén, R. (2009), en su trabajo especial de grado titulado “**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LA VIALIDAD RURAL DE SANTA LUCIA – JACOA, (FUNDO ZAMORANO) DEL MUNICIPIO BARINAS ESTADO BARINAS**” fundamentó su proyecto de tipo factible, apoyado en la modalidad de investigación documental y de campo. El mismo consistió en proporcionar una solución a la problemática planteada el cual permitirá por medio de la topografía demarcar la posición exacta del drenaje a utilizar de acuerdo a su condición de uso (longitudinal o transversal); de igual manera se determinan las nuevas estructuras hidráulicas acordes a las nuevas secciones correspondientes al diseño. Este trabajo es relevante para el presente porque posee las herramientas necesarias para guiarnos en el trazado de los canales del sistema de drenaje por el cual circularán las aguas pluviales, tomando en cuenta la topografía del lugar.

Cedeño y Guerra (2010), en su trabajo de grado titulado “**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES ADYACENTES AL CANAL DE CINTURA EXISTENTE DESDE LA PROGRESIVA 0+000 HASTA LA 1+235 EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO**

**BOLÍVAR**”, determinaron la capacidad hidráulica del sistema de drenaje en estudio y delimitaron las áreas tributarias que descargan aguas pluviales en el canal. Siguiendo una metodología descriptiva utilizaron información de la Corporación Venezolana de Guayana “C.V.G”, C.V.G. Tecmin, a partir de estos datos pudieron conocer el material, sección transversal y perímetro mojado, con el cual se pudo calcular el radio hidráulico y coeficiente de rugosidad ponderado que constituye la sección del canal de Cintura, los caudales generados por cada área tributaria, se estudiaron por los métodos racional, Chow y el del Hidrograma Triangular según las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (I.D.F.) reflejado como resultado un perímetro mojado de 9.20 metros, un radio hidráulico de 0,57 metros, y el caudal máximo de 29.95 metros cúbicos/segundo. Concluyendo así, que debido al aumento de tamaño de la ciudad se van incorporando nuevas aguas de escorrentía a dicho canal provocando así las inundaciones.

Esta investigación es de importancia para el presente, porque nos permite guiar en la determinación del caudal de la cuenca y subcuencas en el área de estudio a través del método racional, así como también los parámetros geométricos e hidráulicos en los canales de drenaje propuestos. También es de importancia destacar que los autores consideraron en sus cálculos y análisis de resultados el posible crecimiento de la ciudad para así evitar futuros problemas en el sistema.

Huarcaya, A. y Márquez, R. (2017), elaboraron el trabajo de grado titulado **“ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS IDF PARA LA POBLACIÓN DE EL SALTO EN EL MUNICIPIO MATURIN, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.”** el cual tenía como objetivo general construir las curvas IDF para la mencionada población. Este trabajo de grado presenta un aporte metodológico significativo a la presente investigación por cuanto presenta las técnicas y procedimientos para la construcción de las curvas IDF lo cual podrá ser utilizado como método en el estudio objeto de este documento. (p. 4)

## **3.2 Bases teóricas**

### **3.2.1 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 (Chow, 2004) .

### **3.2.2 Tipos de drenaje**

#### **3.2.2.1 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 (Chow, 2004).

#### **3.2.2.2 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 (Chow, 2004).

### **3.2.2.3 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 (Chow, 2004).

El drenaje de tierras agrícolas se refiere a un conjunto de técnicas que permiten evacuar a una velocidad adecuada el agua en exceso de la superficie o del interior del suelo, para prevenir daños a las plantas y mantener favorables las condiciones físicas y mecánicas del suelo (Pizarro 1978).

Existen dos (2) tipos de drenes, los de zanjas a “cielo abierto” y los subterráneos. En ambos casos lo más conveniente es su excavación con máquina retroexcavadora. En cualquiera de los dos sistemas, el agua comienza a fluir hacia y por la zanja (o los tubos), creando una depresión que se manifiesta por una curva.

Un sistema de drenaje estará bien diseñado cuando el punto central entre dos drenes se encuentre lo suficientemente profundo para no afectar al cultivo.

Por lo general poseen una forma en V, con un talud que varía de acuerdo al tipo de textura y estructura del perfil del suelo. El más común es 1:0,5, es decir 0,50 m de ancho por cada metro de profundidad (ángulo de 60°). Cuando el talud es muy vertical se torna inestable y se producen desmoronamientos.

Este mismo autor menciona que la remoción del agua libre que tiende a acumularse en la superficie del suelo especialmente en las zonas llanas, bajas y en las depresiones, se denomina drenaje superficial; este se realiza por nivelación de tierras y la construcción de canales y surcos que conducen los excesos de agua hasta un conducto de evacuación.

El drenaje subterráneo o subsuperficial se refiere al flujo natural o inducido del exceso de agua que por diversas causas se ha acumulado dentro del suelo; Las técnicas usadas para corregir este nivel alto de la capa freática es la construcción de canales profundos o la instalación de tubería interna (Hernández 1991).

### **3.2.3 Diseño de Drenaje Superficial**

#### **3.2.3.1 Diseño Agronómico**

Utilizando la información sobre la planificación de la finca y la resistencia de los cultivos a las condiciones de inundación y su relación con el rendimiento, asociado a la información de suelos del área, se determinará el tiempo de drenaje (Bastidas, 2005).

#### **3.2.3.2 Diseño hidrológico**

Con el tiempo de drenaje determinado en el diseño agronómico y tomando en cuenta consideraciones prácticas, se seleccionará la precipitación de diseño.

Con esta precipitación y utilizando la metodología del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), se calculará el caudal a drenar por parcela o potrero y luego para toda el área, usando un modelo matemático de lluvia – escorrentía (Modelo de Eventos) (Bastidas, 2005).

#### **3.2.3.3 Diseño Hidráulico**

Con los caudales de diseño estimados anteriormente y utilizando la información topográfica y las características de la descarga, se diseñarán hidráulicamente los drenes.

Es adecuado aclarar que puede existir la necesidad de hacer levantamientos topográficos en la zona de descarga del sistema de drenaje de la hacienda, ya que con la información de crecidas máximas para un periodo de retorno dado se podrá estimar el nivel que alcanza el agua en la salida. Este será el punto práctico de partida para el

nivel de agua que debe alcanzar el dren colector principal (Bastidas, 2005).

### 3.2.3.4 Espaciamiento entre drenajes secundarios

A continuación, se expone la curación de Houghoudt para el cálculo de caudales de agua evacuar por los canales, que determina su tamaño, así como el espaciamiento entre los mismos.

El cálculo del espaciamiento y profundidad de los drenes utilizando la fórmula de Hooghoudt (Hernández 1991), se pretende una descarga continua y uniforme para mantener el nivel freático a una máxima altura permisible en el punto medio entre los drenes. Dicha fórmula calcula el espaciamiento entre drenes para una precipitación uniforme y una capa impermeable media

Poirre (1966) sostiene que los drenes cuando no reposan sobre la capa impermeable se hace necesario la utilización de la fórmula de Houghoudt.

$$E^2 = \frac{4 K_s h^2}{q_c} + \frac{8 K_i h y}{q_c} \quad (3.1)$$

$$q_c = \frac{1 - e}{0,36} i \quad (\text{lt/ha/seg}) \quad (3.2)$$

Donde:

E= Separación de los drenes en metros.

Ks= Permeabilidad del terreno encima de los drenes en

Ki= Permeabilidad del terreno debajo de los drenes en mtd.

$y$ = Índice de la fórmula de Houghoudt.

$q_c$  = Caudal característico en mid.

$h$ = Carga hidráulica, en el punto medio entre drenes en m.

$e$ = Coeficiente de evaporación de la zona

$i$ = Intensidad de las lluvias en mm/hr

$1-e$ = Coeficiente de escurrimiento

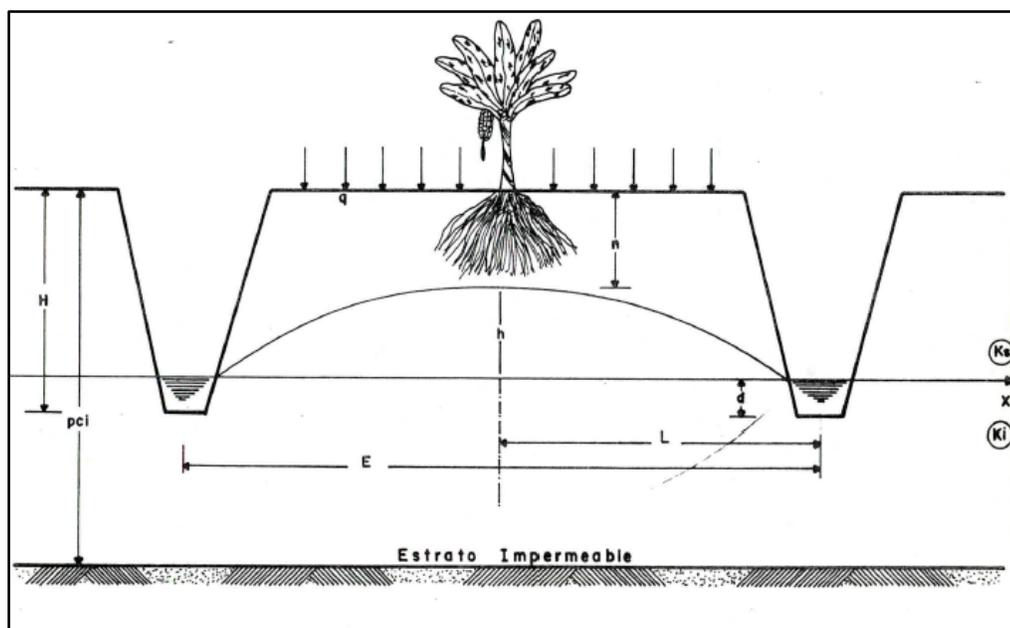


Figura 3.1 Partes que componen el espaciamiento entre zanjas (Poirre, 1966).

Los drenes abiertos pierden eficiencia de trabajo al poco tiempo, debido a que pierden profundidad y a la proliferación de malezas acuáticas. Para un óptimo funcionamiento es necesario limpiarlos y reprofundizarlos al menos una vez al año.

### 3.2.4 Estimación de gastos máximos de drenaje. Método Racional

El método racional se originó en Irlanda en 1850 (Dooge, 1973) y fue llamado en Gran Bretaña como el Método Davies Lloyd.

Actualmente, 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 fórmula, todos los otros factores involucrados en el ciclo hidrológico incluyendo la amortiguación por tránsito decrecientes; es decir,  $C$  es una relación de precipitación – escurrimiento.

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

$$Q = \frac{C.i.A}{360} \quad (3.3)$$

Dónde:

$Q$ : Gasto máximo en  $m^3/s$ .

$C$ : 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:

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (3.4)$$

Dónde:

$Q$ : Gasto máximo en litros/s.

$i$ : 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 válido 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 escorrentía.

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 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  $C$ .

### **3.2.4.2 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 (2) 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 tomará 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 (1967).

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

Tabla 3.2. Velocidades de escurrimiento en laderas. Cobertura Vegetal (V= m/min). (Arocha, R., 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.

### 3.2.5 Tiempo de concentración según el *California Culvert Practices*

$$T_C = 0,0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (3.5)$$

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 3.1.

### **3.2.6 Tiempo de concentración según fórmula de Kirpich**

Utilizable en cuencas de tamaño medio, pendiente considerable y diseñada para suelos dedicados al cultivo. Se basa en la siguiente fórmula:

$$T_c = 0.06628(L^{0.77}/i^{0.385}) \quad (3.6)$$

L: longitud del cauce más largo en km

I: pendiente media de la cuenca

T<sub>c</sub>: tiempo de concentración en horas

### 3.2.7 Tiempo de concentración según ábaco de Arocha (2012)

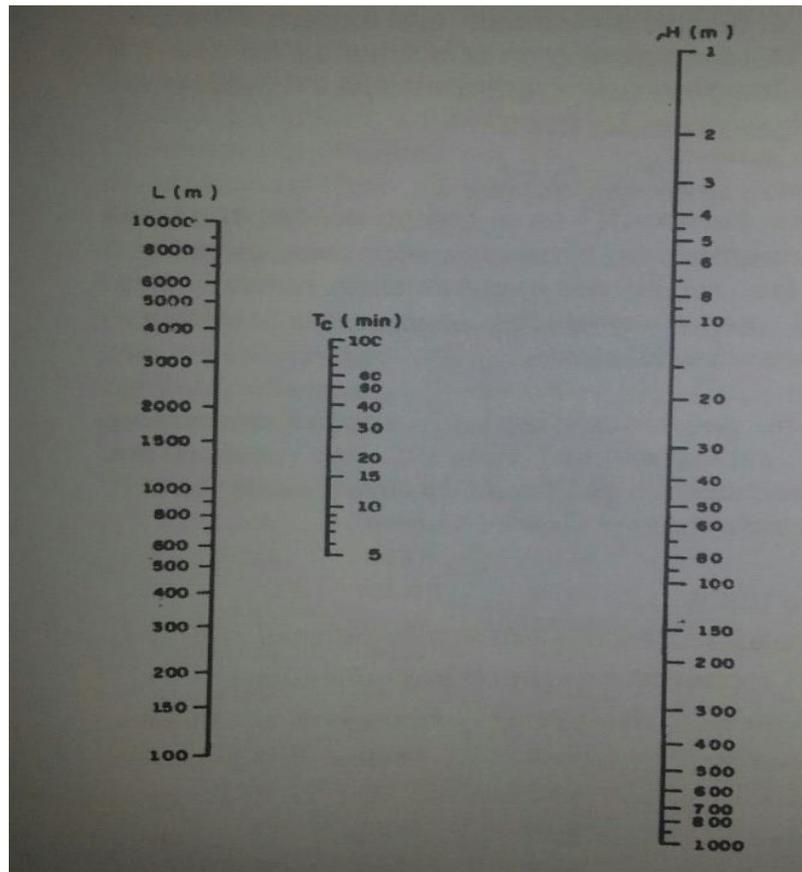


Figura 3.2. Abaco para estimación del tiempo de concentración en cuencas rurales (Arocha, 2012).

### 3.2.7 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.

$$C = \frac{\text{Volumen escorrentía superficial}}{\text{Volumen total precipitado}} \quad (3.7)$$

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.

Tabla 3.3 Valores de la textura en función del coeficiente C de la escorrentía (Schwab, 1981).

Topografía y vegetación	Tierra franco aranosa	Textura del suelo Arcilla y limo	Arcilla compactada
<b>Bosques</b>			
Llano, 0-5% de pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado, 5-10% de pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañosa, 10-30% de pendiente	0.30	0.50	0.60
<b>Pastizales</b>			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
<b>Tierras cultivadas</b>			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
<b>Zona urbana</b>	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

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 (*American Society of Civil Engineering -ASCE*), 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, se ha tratado de simplificar la selección del coeficiente.

### **3.2.8 Propiedades del suelo**

Las propiedades del suelo son físicas, químicas y biológicas. Estas propiedades varían según las condiciones climáticas como a las de los manejos a que se someten.

### **3.2.9 Propiedades físicas del suelo**

Las propiedades físicas del suelo pueden ser alteradas por el hombre o los animales, mediante la labranza o el pisoteo del ganado. Estas propiedades permiten el transporte del aire, calor, agua, y de sustancias solubles a través del suelo.

### **3.2.10 Textura**

La textura del suelo indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, limo y arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, con la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO, 2015)



Figura 3.3 Triángulo textural (FAO, 2015)

Tabla 3.4 Tipos de textura según el USDA (FAO, 2015).

Tipo	Símbolo	Descripción
Arena	A	Tienen un buen drenaje y se cultivan con facilidad, pero también se secan fácilmente y los nutrientes se pierden por lavado.
Areno franco	AF	
Franco	F	Muestra mayor capacidad de uso agrícola
Franco arenoso	FA	
Franco limoso	FL	
Franco arcilloso	FA	
Franco-arcilloso-arenoso	FAa	
Franco-arcilloso-limoso	FAL	
Limoso	L	Son texturas que dan una sensación de harinosa (como polvo de talco). Tienen velocidad de infiltración baja y almacenamiento de nutrientes medio.
Arcilloso	A	Tiende a no drenar bien, se compacta con facilidad y se cultiva con dificultad, además presenta una buena capacidad de agua y de nutrientes.
Arcilloso-arenoso	Aa	
Arcillo-limoso	AL	
Arcilla pesada	AP	

### 3.2.11 Estructura

Se entiende por estructura del suelo al arreglo y la organización de las partículas constitutivas. Las partículas de arena, limo y arcilla, ayudados por la materia orgánica se agrupan para formar los agregados (Avilés, 2014).

Tabla 3.5 Clasificación de la estructura (FAO, 2000).

Clases	Prismáticas	Granular y laminar	Bloques
Muy fina o muy delgada	10mm	1 mm	5 mm
Fina o delgada	10-20 mm	1-2 mm	5-10 mm
Media	30-50 mm	2-5 mm	10-20 mm
Grosera o gruesa	50-100 mm	5-10 mm	20-50 mm
Muy grosera o muy gruesa	100 mm	10mm	50 mm

### 3.2.12 Consistencia del suelo

Según Avilés, 2014. Es la firmeza con que se unen las partículas o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura.

Tabla 3.6 Clasificación de los grados de consistencia en diferentes estados de humedad del suelo /FAO, 2000).

Tipos	Grados de consistencia
En seco	• blando “o algo “duro” y su comportamiento es el equivalente a ellos
Húmedo friable	• Se desmenuza / facilidad.
Consistencia mojado	• Mojado adherente: se pega a las manos. • Mojado plástico: capacidad de ser moldeable.
Consistencia saturada	• Viscoso, la masa del suelo fluye

### 3.2.13 Densidad aparente ( $D_a$ )

Representa la relación que existe entre el peso de suelo seco o peso sólido ( $P_{ss}$ ) y el volumen total ( $V_t$ ) de una muestra no distribuida, cuyos valores se demuestran en generalmente en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

$$D_a = W_{ss}/V \quad (3.8)$$

Donde:

$D_a$ : densidad aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W_{ss}$ : peso de suelo seco (gr)

$V$ : volumen de cilindro ( $\text{cm}^3$ )

### 3.2.14 Densidad real

El peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo. Se define como la relación que existe entre el peso seco ( $105^\circ \text{C}$ ) de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo, (Grassi, & Christiasen, 1975).

### 3.2.15 Porosidad

La porosidad total es todo el espacio que no está ocupado por fracciones sólida, mineral u orgánica; diferentemente si éste está ocupado por agua o por aire en el momento del muestreo. (CIAT, 2002)

Los valores de porosidad comunes en los suelos minerales, varían entre un 40% arenoso y un 50% arcilloso; otros aspectos importantes a considerar es la contribución del espacio poroso, en cuanto a proporción de macro y micro poros,

dada a la relación que tiene la retención de agua contra la gravedad y con la percolación o pasaje de agua del mismo, de manera que una vez que estos poros que están llenos de aire son desplazados por agua se produce una saturación del suelo por lo que un buen drenaje natural depende de la cantidad de la porosidad presente en el suelo mismo de la infiltración que se produce en los mismos, según (Carlos J. Grassi, 1975).

### **3.2.16 Permeabilidad o conductividad hidráulica (k)**

La permeabilidad es la capacidad del suelo que absorber y filtrar el agua que cae en la superficie del suelo. Indica el grado o facilidad con que el agua fluye y se desplaza a través del manto saturado.

Depende de las características del suelo (forma, tamaño y disposición de los poros). Es un parámetro básico y fundamental para determinar el espaciamiento entre drenes. En la práctica se realizan ensayos a campo por el método del “pozo barrenado” que se considera como uno de los más confiables. Se puede realizar también en un freatómetro construido. Consiste en el abatimiento del nivel freático

La conductividad hidráulica varía según la composición de la textura y la estructura del suelo pudiendo ser muy lenta ( $< 0,02$  m/día) en suelos de textura fina (arcillosos) hasta muy elevada ( $> 6$  m/día) en los de tipo esquelético (arenoso con gravas y gravillas). En la tabla siguiente se presenta para diferentes rangos de K su clasificación para diferentes clases texturales.

En función de la conductividad hidráulica se determina la porosidad efectiva, que se define como el volumen de agua que fluye del espacio poroso y se desaloja del suelo cuando desciende el nivel freático. Para su determinación existen tablas que relacionan la conductividad hidráulica con las propiedades del suelo (Liotta, 2015).

Tabla 3.7 Principales texturas para diferentes tipos de suelo (Liotta, 2015).

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K) -m/día-	INTERPRETACIÓN	TIPO DE SUELO
>6,00	Muy elevada	Arenoso con gravas y gravillas
3,00 a 6,00	Elevada	Arenoso, Arenoso franco
1,56-3,00	Moderadamente elevada	Franco arenoso
0,48-1,56	Moderada	Franco, Franco limoso, Franco arcilloso
0,12-0,48	Moderadamente lenta	Franco arcillo limoso, Franco arcillo arenoso
0,02-0,12	Lenta	Arcilloso, Arcillo limoso
<0,02	Muy lenta	Arcilloso densos

### 3.2.17 Velocidad de Infiltración

Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo, también se puede decir que la velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, generalmente expresada en cm/hr. (Marrero, 2017).

Es necesario mencionar que, la cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él hasta llegar a valores casi contantes.

### 3.2.18 Criterios de diseño sobre drenaje superficial

Según Rojas (1980), el drenaje superficial consiste en eliminar los excesos de agua que se acumulan sobre la superficie del terreno a causa de lluvias muy intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables.

Para el Servicio de Conservación de Suelos (1970), el drenaje superficial se lleva a cabo de dos modos generales:

1. Se evacua el agua de la superficie del suelo comprendido en la zona afectada.
2. Por medio de construcciones fuera de la zona, para desviarlas.

En uno u otro caso lo conveniente es que el sistema quede dividido en tres partes funcionales:

- a. **Sistema colector:** Caballones, Zanjas superficiales en el campo, surcos profundos y zanjas de desviación; que son parte del sistema que recoge el agua del suelo en el primer lugar.
- b. **Sistema de evacuación:** Esta parte de la red que recoge agua del sistema colector y lo lleva, generalmente por medio de una zanja o canal a cielo abierto hasta la salida.
- c. **Salida:** Este es el punto terminal del sistema de drenaje que se está considerando.

De acuerdo al CIDIAT (1980), la información básica necesaria requerida en los proyectos de drenaje agrícola a nivel de diseño son: Cartografía, Topografía, Hidrología, Cobertura General, Agro - Economía. Para el trazado de la red de drenaje superficial deben seguirse las siguientes partes:

- a. Deben trazarse en función del máximo aprovechamiento de la red natural existente pero tomando muy en consideración: Topografía, suelos, métodos de riego y la parcela agrícola.
- b. Su trazado debe hacerse en función de la red natural existente y condiciones topográficas.

c. Para el dimensionamiento de la red de drenaje superficial, si se trata de canales artificiales, debe usarse la fórmula de Manning.

Rojas (1980) señala, en lo que se refiere al trazado de la red, que se deben tomar en cuenta las siguientes especificaciones:

- a. Procurar utilizar los drenajes naturales o canales de drenajes existentes.
- b. El canal debe recolectar toda el agua, del área que sirve.
- c. Los canales deben estar localizados en los sitios más bajos del terreno.
- d. La salida debe ser conveniente.
- e. Los canales no deben tener curvas fuertes.
- f. Las pendientes no deben ser muy fuertes para evitar erosión en los canales.
- g. El trazado debe facilitar, en lo posible, un parcelamiento adecuado.

Rojas (1980), plantea que cuando se trata de calcular la capacidad de un colector aguas abajo de una intersección se puede realizar de la siguiente forma:

- a. Sumando las capacidades de los colectores que se unen.
- b. Considerando toda el área de la cuenca aguas arriba de la intersección y utilizando un coeficiente de drenaje ponderado.
- c. Utilizando la metodología propuesta por el SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS (1973), la denominada “Regla 20-40”.

Rojas (1984) presenta una metodología para el cálculo de tiempo de drenaje basada en la utilización de curvas únicas de daños a los cultivos contra el tiempo total de excesos de agua. El tiempo total es considerado como el tiempo que dure la inundación (tiempo de drenaje) más el tiempo necesario para que el suelo recupere el 10% de aireación. Como consecuencia de lo anteriormente expuesto la lluvia de diseño debe escogerse en base a un periodo de retorno dado, usualmente 5 – 10

años y una duración igual al tiempo de drenaje.

El tiempo total (TT) de exceso de agua viene dado por la suma del tiempo que dura la inundación o tiempo de drenaje (td) más el tiempo necesario para que el suelo alcance el 10% de aireación (t10).

$$TT = td + t10 \quad (3.9)$$

$$Td = TT - T10 \quad (3.10)$$

### **3.2.19 Determinación del tiempo de drenaje (td)**

El tiempo de drenaje, como se dijo anteriormente, va a depender del tipo del suelo y de la tolerancia del cultivo a los excesos de agua tal como se aprecia en la ecuación (2). De acuerdo a esto, es necesario determinar previamente el tiempo para alcanzar el 10% de aireación y el tiempo total de excesos de agua que los cultivos pueden tolerar, para así poder conseguir el tiempo de drenaje para las diferentes áreas de la zona en estudio.

### **3.2.20 Tiempo para alcanzar el 10% de aireación**

Este valor se determina mediante la curva de drenaje interno del suelo, la cual se basa en la relación existente entre el porcentaje de aireación y tiempo requerido desde su saturación, para alcanzar un porcentaje dado.

Rojas (1984), propone una ecuación empírica para estimar el tiempo requerido para alcanzar el 10% de aireación.

$$T10 = 11^K/60 \quad (3.11)$$

$$K = 1 / B \quad (3.12)$$

$$B = \text{Ln} (P24 + 1) / 7.27 \quad (3.13)$$

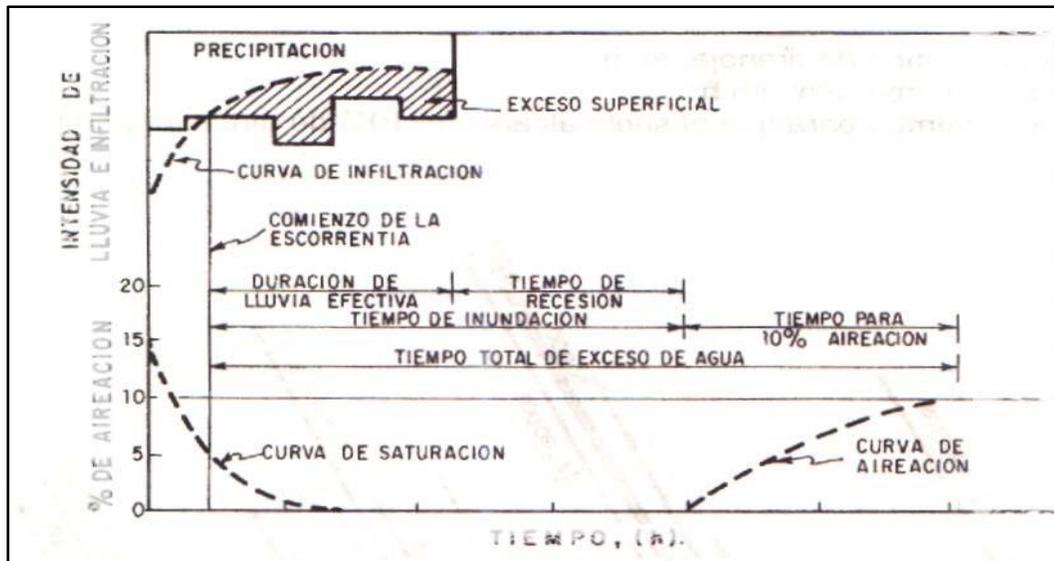


Figura 3.4 Esquema del proceso de inundación y tiempo tomado de rojas (1.984)

$$P24 = (SW - MW24) * BD \quad (3.14)$$

$$MW24 = (BD * 111.991) + (CR * (-2.438)) + (SW * 3.12) + (SR * (-2.792)) - 234.184 \quad (3.15)$$

Donde:

- T10** Tiempo en horas para alcanzar el 10% de aireación.
- P24** Porosidad libre para las 24 horas después de cese de la inundación
- SW** Contenido teórico de humedad a saturación expresado en porcentaje en peso.
- DB** Densidad Aparente, en g/cm.
- MW24** Contenido de humedad en base a peso a las 24 horas después del cese de la inundación.
- CR** Relación: (Arcilla) / (Arena + Limo).
- SR** Relación: (Arena) / (Arcilla + Limo).

La Tabla 2.1. Presenta valores típicos de los parámetros mencionados para las diferentes clases texturales, así como también la ubicación de estas clases

texturales en los distintos grupos hidrológicos de suelos según la clasificación del Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU, de acuerdo al siguiente criterio:

Tabla 3.8. Valores típicos de T10 para los diferentes grupos texturales según SCS.

Grupo Hidrológico del Suelo	Grupo hidrológico Modificado	Rango T 10 (hrs.)	T 10 (hrs.) representativa
A	1	0-6	3
B	2	6-12	9
C	3	12-24	18
D	4	24-65	45

Tabla 3.9. Parámetros típicos de textura de suelo y tiempos estimados para alcanzar el 10% de aireación.

Textura	BD	CR	SR	SW	MW24	B	P24	T10	GH
Arenoso	1.62	0.42	7.33	24.0	0.6	0.5	37.5	2.0	A
Arenoso-franco	1.64	0.76	4.88	23.2	6.5	0.46	27.4	3.0	A
Franco-arenoso	1.55	0.21	1.63	26.8	17.9	0.37	13.3	10.8	B
Franco	1.26	0.30	1.04	41.6	38.2	0.34	10.7	20.2	C
Franco-limoso	1.31	0.16	0.20	38.6	32.0	0.31	8.5	36.7	D
Limoso	1.30	0.05	0.05	39.2	35.4	0.29	7.5	65.0	D
Franco-arcillo-arenoso	1.64	0.67	1.38	23.2	16.5	0.34	11.0	18.4	C
Franco-arcilloso	1.34	0.51	0.98	36.9	28.4	0.35	11.4	16.9	C
Franco-arcillo-limoso	1.30	0.38	0.11	39.2	32.4	0.31	8.8	34.9	D
Arcillo-arenoso	1.40	1.00	1.22	33.7	21.9	0.39	16.5	7.3	E
Arcillo-limoso	1.30	0.53	0.11	39.2	32.1	0.32	9.3	29.9	D
Arcilloso	1.22	0.77	0.11	44.2	38.3	0.29	7.3	63.6	D

BD	Densidad Aparente
SR	Relación de Arena
CR	Relación de Arcilla
SW	Saturación Teórica
MW24	Humedad a las 24 horas
B	Exponente de Ecuación de Porosidad
P24	Porosidad a las 24 Horas
T10	Tiempo para Alcanzar 10% de aireación

### 3.2.21 Tiempo total de exceso de agua

Este valor se determina utilizando la curva única de daños contra el tiempo total. Esta curva fue lograda por Ramírez (1.980) utilizando el cultivo del maíz en dos tipos diferentes de suelo y para distintos tiempos de inundación, en condiciones de campo y en parcelas relativamente grandes. Partiendo de esta información Rojas (1984) confeccionó curvas únicas representativas para otros cultivos suponiendo que el comportamiento de estos últimos podrían ser similares a los del Maíz, (Figura 3.5).

En esta familia de curvas únicas de daños contra el tiempo total se puede observar que la relación existente entre esas dos variables corresponde a una ecuación de la forma:

$$TT = Cc * Dp^{0,63^{0.46}} \quad (3.16)$$

Donde:

TT = tiempo total de excesos de agua en horas.

Cc = Coeficiente de Cultivo

Dp = Daño en el cultivo expresado en porcentaje.

El valor del coeficiente de cultivo (Cc), representa el tiempo total de inundación en horas para que el cultivo sufra un daño del 1%. Estos coeficientes se presentan en la Tabla 2.3 para distintos cultivos.

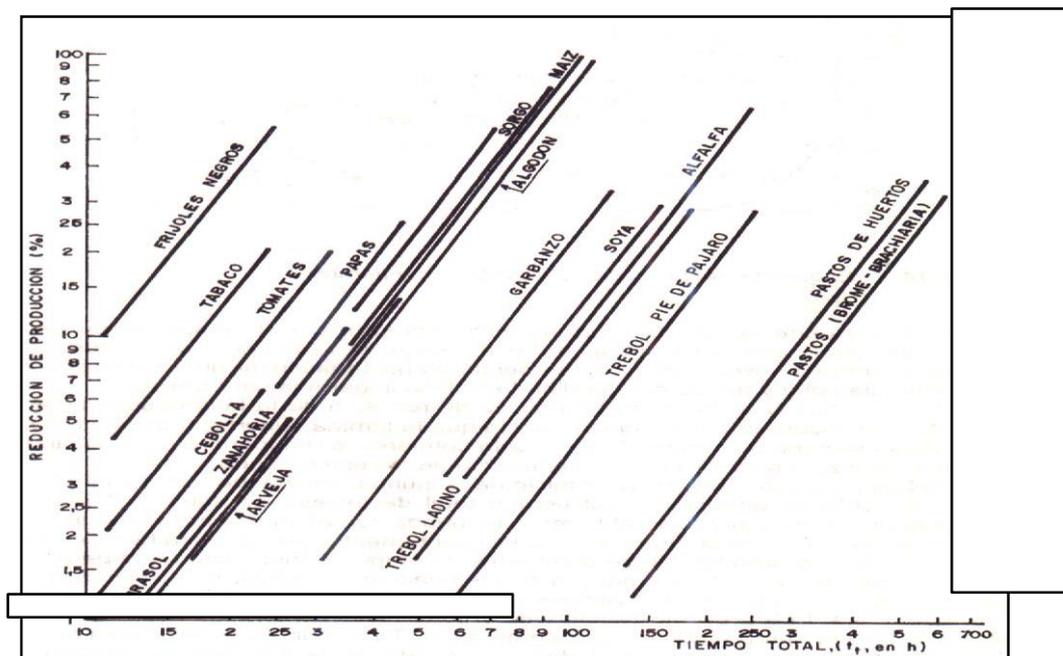


Figura 3.5 Curvas únicas para diferentes cultivos. Valores ajustados a 25°C y tiempo total.

Tabla 3.10. Coeficientes de Cultivo (Cc). (Rojas, 1984).

Cultivo	Nombre científico	Cc	Cc
		Cc Cultivo	
Alfalfa	Medicago sp.	2.81	36.25
Algodón	Gossipium sp.	1.08	13.93
Birds Foot (trébol)	Lotus Corniculatus	4.19	54.05
Cebolla	Allium Ceba	0.76	9.80
Cowpea	Vigna Ungiculada	1.92	24.77
Frijoles Negros	Phaseolus Vulgaris	0.29	3.74
Ladino (trébol)		2.97	38.31
Maíz	Zea Mays	1.00	12.90
Girasol	Helianthus Nahum	0.95	12.26
Pasto Brechiaria	Bachiaria Plantaginea	9.73	125.52
Squthern Pea		1.03	13.29
Soya	Glicine Soya	2.56	33.02
Sorgo	Sorghum sp.	0.97	12.51
Tabaco	Nicotiana Tabacum	0.46	5.93
Papa	Solanun Tuberosum	0.80	10.32
Tomate	Licopersicum Sculentum	0.62	8.00
Zanahoria	Daucos Carota	0.89	11.48
Vetch	Vicia Sativa	0.88	11.35
Orchard Grass	Dactylus Pratense	8.38	108.10

La determinación del daño permisible del cultivo (Dp) requiere de la

realización de un estudio económico de beneficio/costo para diferentes niveles de daños y probabilidades de ocurrencia de lluvias. Este estudio implica la realización de un tanteo, el cual normalmente requiere de considerable tiempo ya que considera los aspectos hidrológicos, hidráulicos y agro económicos para lograr una solución óptima (Rojas, 1984).

Sin embargo, y tomando en cuenta que la productividad de los cultivos es el resultado de la interacción de factores de distintas índoles, variaciones de rendimiento del 10 – 20% son comunes aún sin la existencia de problemas de exceso de agua, por lo que se adoptó para este estudio un valor de Dp de 10%.

En resumen, el procedimiento a seguir para la determinación del tiempo de drenaje es el siguiente:

- a. Se determina el valor de T10, utilizando la ecuación (3.11) o directamente en la Tabla 2.2
- b. Se determina el valor de Cc para el cultivo deseado utilizando los valores de la Tabla 2.3
- c. Se determina el valor de Dp por el procedimiento mencionado o adoptando como valor promedio 10%
- d. Se determina el tiempo de drenaje utilizando la siguiente expresión, resultante de la combinación de las ecuaciones (1) y (8).

$$T_d = C_c * D_p^{0.46} - t_{10} \quad (3.17)$$

Se puede observar que al aplicar la ecuación (9) el valor de Td puede resultar negativo, lo que indica que el cultivo seleccionado en un suelo produce mayores daños (Dp) que el valor adoptado.

Duque, Bades y Barrios (1.983) implementaron un modelo, el cual es una

versión modificada del modelo de drenaje urbano desarrollado por Shakee (1.971) implementado por Duque (1.994). Es un modelo determinístico que calcula la escurrentía a partir de la precipitación; se basa en la teoría de onda cinemática en canales uniformes con entradas de flujos lateralmente y/o aguas arriba, y se aplica en una cuenca por descomposición de segmentos tanto de escurrimiento como de escurrentía obteniéndose así un modelo conceptual de la cuenca real.

El modelo puede dividirse en dos componentes principales: cálculo de la precipitación efectiva y tránsito de los caudales.

El modelo de tránsito utilizado se basa en las ecuaciones del tránsito cinemático.

Para realizar la estimación de costos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a. Estudio topográfico, replanteo.
- b. Deforestación, limpieza del terreno.
- c. Costo del terreno.
- d. Excavación.
- e. Conformación.
- f. Costo de Materiales

Cada uno de estos rubros debe ser evaluado por separado debido a su variación según Rojas (1.980).

Rojas (1.980), cita que en el diseño de un sistema de drenaje, se deben considerar los siguientes factores para obtener la sección requerida:

- a. Un canal profundo proporciona mayor velocidad que uno superficial.
- b. Un canal profundo probablemente dura más tiempo debido a que la

sedimentación causa menos obstrucción.

También es necesario considerar un incremento de la sección para controlar la sedimentación inicial.

- a. Aumentar la sección en un 20%.
- b. Proporcionar un aumento en profundidad, o en ancho de la base del canal pero no en la parte superior.

### **3.2.22 Diseño de canales**

Lung (1.978) dice que en Venezuela, comúnmente se utiliza talud de 1,5:1 para canales revestidos, 2:1 en canales trapeciales en tierra y 3:1 en canales triangulares. En Venezuela, comúnmente se utilizan los siguientes coeficientes de rugosidad: para canales revestidos de concreto  $n = 0.014$  y para canales en tierra  $n = 0.030$ .

De León (1.976) dice que la pendiente a elegir para el canal debe llenar los siguientes requisitos:

- a. Permitir las velocidades que estén dentro del rango fijado o sea 0.4 m/s y 1.20 m/s.
- b. Ajustarse lo más posible a la pendiente natural del terreno.

### **3.2.23 Modelo de eventos**

#### **3.2.23.1 Generalidades sobre el modelo**

Este modelo es una versión modificada del Modelo de Drenaje Urbano desarrollado por Schaake en 1971. Esta versión, al igual que el modelo original, calcula la escorrentía a partir de la precipitación y se aplica a una cuenca urbana o

rural por descomposición de ésta en segmentos, tanto de escurrimiento como de escorrentía, obteniéndose así un solo modelo conceptual de la cuenca real.

En el modelo se conceptualiza una cuenca como un conjunto de segmentos de flujo, cada uno con un conjunto de parámetros uniformes, tales como rugosidad, pendiente impermeabilidad y sección. En la Figura 2.3, se presenta una cuenca natural y su descomposición en segmentos para la aplicación del modelo.

Existen dos clases básicas de segmentos; los de escurrimiento y los de escorrentía. Los segmentos de escurrimiento son aquellos en los cuales hay flujo sobre la superficie, es decir, son los segmentos que interceptan la precipitación, de la cual una parte se pierde y otra se transforma en escurrimiento; los segmentos de escorrentía son los que recogen el flujo de los segmentos de escurrimiento.

Se ha dividido la cuenca natural en tres subcuencas, y cada una de ellas en tres segmentos, dos de escurrimiento (las vertientes) y uno de escorrentía (el cauce), esta discretización en segmentos es necesario para la aplicación del modelo de EVENTO.

### **3.2.23.2 Principales componentes del modelo evento**

El modelo básicamente presenta dos componentes principales que son: el cálculo de la precipitación efectiva y el tránsito de los caudales.

- Cálculo de la Precipitación Efectiva: Para el cálculo de la precipitación efectiva se usa el método del número de curva (CN) del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica.

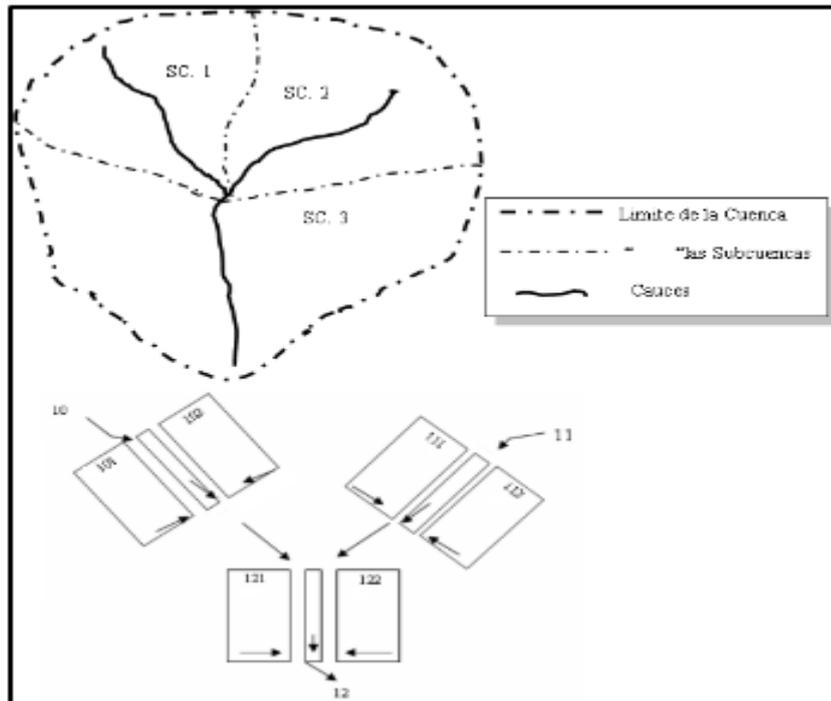


Figura 3.6 Conceptualización de una cuenca natural para la aplicación del Modelo de Simulación de Eventos.

Las ecuaciones usadas en el modelo son

$$S = \frac{2540}{CN} - 25,4 \quad (3.10)$$

$$Q = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{(P + 0,8 * S)} \quad (3.11)$$

Donde:

**S:** Es la infiltración potencial en mm

**Q:** Es la precipitación efectiva en mm

**P:** Es la precipitación media sobre la cuenca en mm

**CN;** Es el número de curva

El valor del número de curva CN para cada uno de los segmentos de escurrimiento se determina a través de tablas elaboradas por el Servicio de Conservación de Suelos, las cuales relacionan la cobertura vegetal, la práctica

cultural, la condición hidrológica y el tipo de suelo.

### 3.2.23.2 Tránsito de los caudales

El método de tránsito usado en el modelo es el denominado método cinemático, el cual se basa en las ecuaciones de continuidad y de conservación de la cantidad de movimiento; estas ecuaciones se presentan a continuación:

(3.12)

$$Q = \frac{1}{n} (S_o)^{1/2} (R)^{2/3} A \quad (3.13)$$

Donde:

A: Área de la sección transversal

R: Radio hidráulico

Q: Caudal

$q_L$ : Caudal lateral o la precipitación efectiva

$S_o$ : Pendiente del fondo del cauce

x: Coordenada en el espacio

t: Coordenada en el tiempo

En la Figura 3.6 se presenta la configuración simplificada de la cuenca, en donde se muestra la forma como se simula en el modelo la vertiente y el cauce.

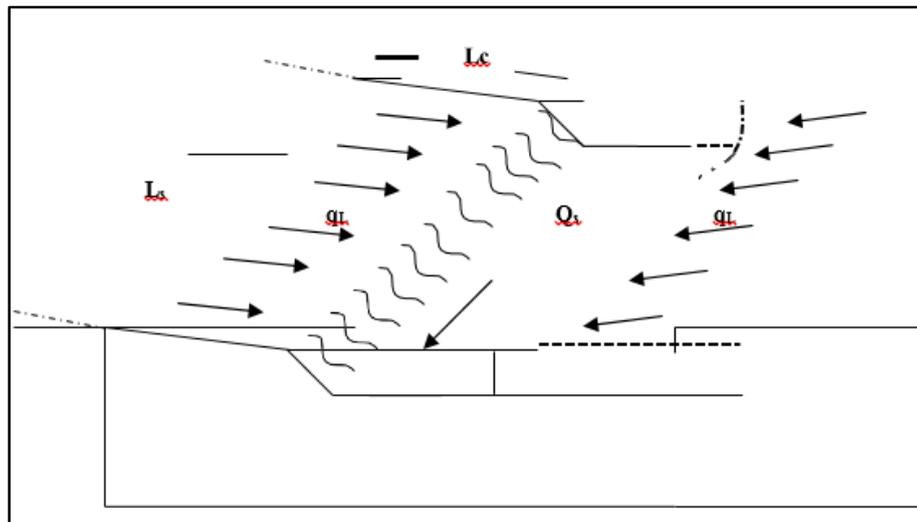


Figura 3.7 Configuración simplificada de la vertiente y del cauce.

El modelo de simulación de eventos realiza el tránsito tanto en los segmentos de escurrimiento como en los segmentos de escorrentía usando el método cinemático modificado, es decir, resuelve las ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento simultáneamente.

En la Figura 3.8 se presenta en forma esquemática el volumen de control usado para describir la ecuación (12), es decir, la ecuación de continuidad; este volumen de control tiene una longitud

$\Delta x$  y un ancho unitario. Usando la ecuación fundamental de la hidrológica, es decir, la ecuación de balance se tiene que:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \text{Cambio en el Almacenamiento} \quad (3.14)$$

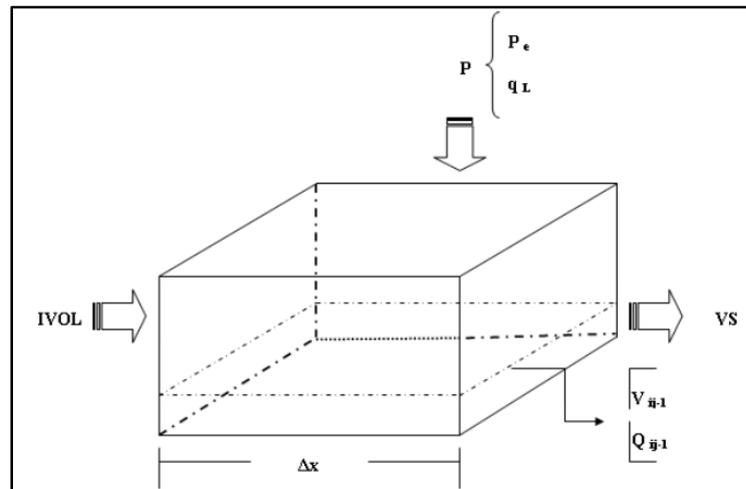


Figura 3.8 Volumen de control para describir la ecuación de continuidad.

Tomando como base la ecuación (3.14) y el volumen de control de la Figura 3.8 se tiene que;

$$\underbrace{V_{ij}} - \underbrace{V_{ij-1}} = \underbrace{IVOL + P - V}_{(3.15)} \quad (3.15)$$

$$VS = \left( (1 - 0) * Q_{ij-1} + 0 * Q_{ij} * dt \right) \quad (3.16)$$

Combinando las ecuaciones (3.15) y (3.16) se tiene que;

$$V_{ij} - V_{ij-1} = \left[ IVOL + P - (1 - 0) * Q_{ij-1} + 0 * Q_{ij} * dt \right] \quad (3.17)$$

$$V_{ij} - V_{ij-1} = \left[ IVOL + P - (1 - 0) * Q_{ij-1} + 0 * Q_{ij} * dt \right] \quad (3.18)$$

Donde:

IVOL: Es la entrada al volumen de control proveniente de aguas arriba

P: Es la entrada al volumen de control como precipitación efectiva,  $P_e$ , o como caudal lateral  $q_L$

VS: Es la salida del volumen de control

$\Delta x$ : Es la longitud del volumen de control

$V_{ij}$ : Es el volumen almacenado en el volumen de control "i" en el tiempo "j"

$V_{ij-1}$ : Es el volumen almacenado en el volumen de control "i" en el tiempo "j-1"

$Q_{ij}$ : Es el caudal que sale del volumen de control "i" en el tiempo "j"

$Q_{ij-1}$ : Es el volumen almacenado en el volumen de control "i" en el tiempo "j-1":

0: Factor de ponderación

Como se puede observar en la ecuación (3.18) se presentan dos incógnitas  $V_{ij}$  y  $Q_{ij}$ , de allí que para resolverla sea necesario usar la ecuación de cantidad de movimiento, la cual puede definirse de la siguiente forma;

$$Q_{ij} = f(V_{ij}) \quad (3.19)$$

Ahora bien, si se considera un canal de longitud  $\Delta x$  y ancho unitario, como el mostrado en la Figura 2.6 se tiene que conocida el área de la sección transversal y la velocidad para cualquier profundidad del agua también se conocerá el caudal y el volumen almacenado.

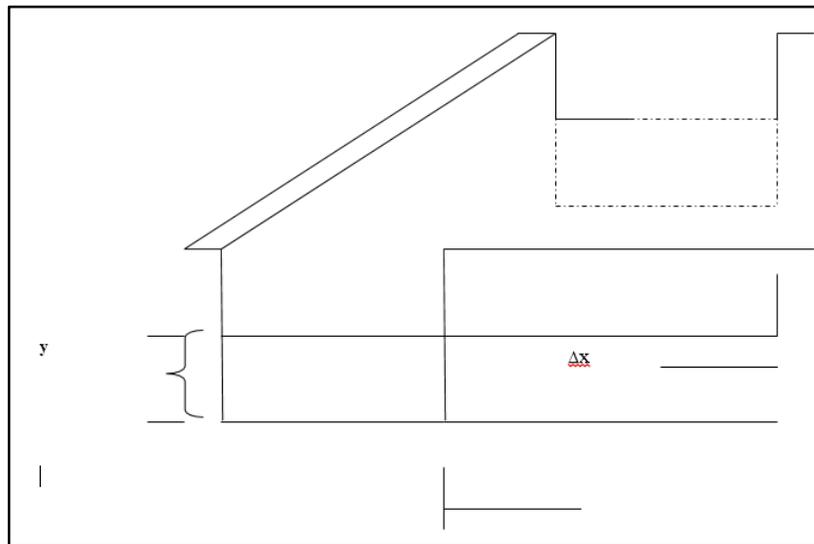


Figura 3.9 Canal de longitud  $\Delta x$  y ancho unitario.

Considerando la Figura 3.9 se puede tener la ecuación (3.19) en forma tabular, es decir, para cada valor de la profundidad “y” se obtiene el caudal correspondiente a través de la ecuación (3.19) y el volumen al multiplicar el área de la sección transversal del flujo por la longitud del segmento,  $\Delta x$ .

Para el tránsito de caudales, bien sea en la vertiente o en los cauces, se requiere la solución simultánea de las ecuaciones (3.18) y (3.19), para ello se presenta en forma gráfica en la Figura 3.10 la resolución de estas ecuaciones.

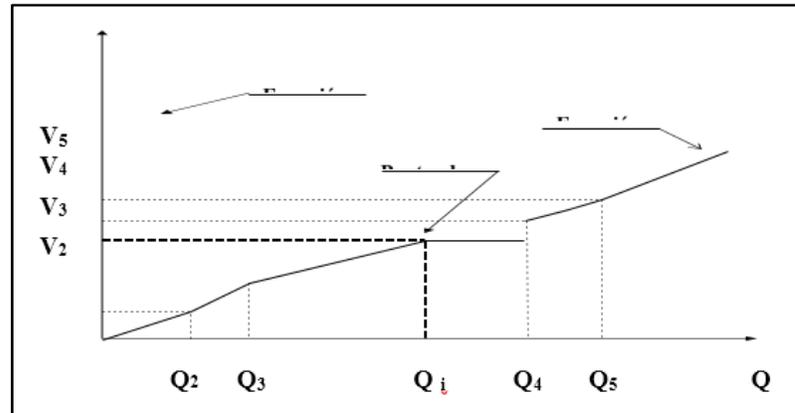


Figura 3.10 Representación gráfica de la resolución de las ecuaciones usadas para el tránsito de caudales.

El procedimiento de solución consiste en encontrar  $V_3 - V_4$ ,  $Q_3 - Q_4$  de la ecuación (3.19) que contenga el punto de intersección con la ecuación (3.18). Como la ecuación (3.19) viene dada en forma discreta a través de una tabla que relaciona el caudal y el volumen para el segmento considerado, en el tramo de esta tabla que contenga el punto de intersección debe cumplirse que:

$$V_4 - V_3 = V_{ij} - V_3 \frac{Q_4 - Q_3}{Q_{ij} - Q_3} \quad (3.20)$$

El procedimiento para resolver las ecuaciones es el siguiente;

- 1.- Se toma un tramo de la ecuación (3.19)
- 2.- Se expresa  $Q_{ij}$  en función de  $V_{ij}$ , es decir,

$$Q_{ij} = Q_4 - Q_3 * \frac{(V_{ij} - V_3)}{(V_4 - V_3)} + Q_3 \quad (3.21)$$

3.- Se sustituye la ecuación (3.21) en la ecuación (3.18). 4.- Se determina el valor de  $V_{ij}$ .

5.- Si  $V_{ij}$  está comprendido entre  $V_3$  y  $V_4$  se trata del tramo correcto y se acepta el

resultado, calculándose entonces el valor  $Q_{ij}$  correspondiente a  $V_{ij}$ .

6.- Si  $V_{ij}$  no está comprendido entre  $V_3$  y  $V_4$  la solución no es la correcta y se debe buscar otro tramo de la relación caudal – volumen.

Tabla 3.11 Coeficiente de rugosidad para segmentos de escurrimiento. (Engman1986)

DESCRIPCIÓN DE LA SUPERFICIE	N <sup>1</sup> de Manning
<b>SUPERFICIES LISAS COMO CONCRETO, ASFALTO, O SUELO LIMPIO</b>	0.011
<b>BARBECHO SIN RESIDUO</b>	0.050
<b>SUELOS CULTIVADOS</b>	
Cubiertos con 20% o menos de residuos	0.0060
Cubiertos con mas 20% de residuos	0.170
<b>SUPERFICIE CUBIERTA DE PASTO</b>	
Pasto Corto	0.150
Pasto denso	1.240
Pasto bermuda	0.410
<b>SUPERFICIES CUBIERTAS DE PASTIZAL NATURAL</b>	0.130
<b>SUPERFICIES CUBIERTAS DE BOSQUES</b>	
Soto bosque ligero	0.400
Soto bosque denso	0.800

### 3.3 Bases legales

#### 3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

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

Artículo 127 (Capítulo IX De los Derechos Ambientales): es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de si misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas

de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bióticos regulará la materia.

El artículo anterior tiene importancia dentro de este proyecto debido a que en él se dice que es un deber del Estado velar por la seguridad de los ciudadanos manteniendo un ambiente seguro y equilibrado.

### **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.

### **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 la 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).

### **3.3.13 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, V., 1994).

#### **3.4.19 Inundación**

Son el 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

tapona drenajes naturales, son algunas de las causas por la cuales se origina este fenómeno. (Aparicio, 2007).

#### **3.4.20 Meteorología**

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

#### **3.4.21 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).

#### **3.4.22 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).

#### **3.4.23 Pluviómetro**

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

#### **3.4.24 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**

Este capítulo de la investigación consistió en generar información útil para lograr obtener la ejecución secuencial de manera precisa, de los objetivos propuestos en el desarrollo de este trabajo.

#### **4.1 Tipo de investigación**

El presente estudio estará enmarcado dentro de una investigación descriptiva, teniendo como objetivo principal efectuar el modelamiento de los flujos que se producirían en los canales de drenaje del lote B de cultivo del fundo La Caribeña ubicada en el sector Los Caribes de Ciudad Bolívar, estado Bolívar, Venezuela, aplicándose para este estudio un diseño de campo. Este tipo de investigación está conformada por un conjunto de formas exploratorias de indagación científica que está orientada a la obtención de nuevos conocimientos y su posterior aplicación. De igual manera, se usa para solucionar problemas o interrogantes de carácter práctico.

#### **4.2 Diseño de investigación**

Al observar los objetivos específicos planteados, se puede deducir que la investigación amerita para su desarrollo una estrategia documental y de campo,:

##### **4.2.1 Investigación documental**

Según Arias (2012), la investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que

otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos. (pag.2).

En la presente investigación se afirma que se aplicará un diseño documental ya que serán consultadas, analizadas y procesados los datos almacenados por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMEH) sobre la climatología de la zona de estudio.

#### **4.2.2 Investigación de campo**

Según el autor Arias, F. (2012), define que la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes.

En el caso específico de la presente investigación se realizará inspección del área de estudio con la finalidad de verificar las condiciones del relieve, la climatología imperante, las características de la vegetación y de la hidrografía.

### **4.3 Población y muestra de la investigación**

#### **4.3.1 Población de la investigación**

Según Tamayo y Tamayo, M. (1997), población es, “totalidad de un fenómeno de estudio, incluye las unidades de análisis o entidades de población que integra dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le

denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación”. (pag.176).

La población en estudio en la presente investigación será toda el área del lote B y sus adyacencias del fundo La Caribeña capaz de drenar aguas pluviales y de excedencias de riego.

#### **4.3.2 Muestra de la investigación**

Tamayo y Tamayo, M. (1997), dice, “a partir de la población cuantificada para una investigación se determina la muestra, cuando no es posible medir cada una de las entidades de población; esta muestra, se considera, es representativa de La población”. (pag.176).

En la presente investigación la muestra a estudiar se afirma que será de iguales dimensiones y características que la población por considerarse esta última finita y mensurable.

### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **4.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Como lo dice Arias, F., (1999), las técnicas de recolección de datos “son las distintas formas o maneras de obtener la información” y los instrumentos “son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” (p. 25).

Entre las técnicas que deben ser utilizadas para el desarrollo de la investigación, se encuentran las siguientes:

#### **4.4.1.1 Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos utilizados están comprendidos en las distintas bibliografías relacionadas con la investigación, entre ellos se pueden citar:

1. Computador, impresora y escáner
2. Planos y cartas,
3. video grabadora
4. Cámara fotográfica
5. Programas de ofimática y de diseño gráfico
6. Equipo de comunicaciones (teléfono, radios portátiles.)
7. Equipo topográfico: GPS, clinómetro, brújula, y cinta métrica, etc.
8. Material de oficina

A continuación en la figura 4.1 se presenta el flujograma de actividades que corresponde a esta investigación.

Se han incluido las actividades que están vinculadas a los objetivos específicos, entre las que se pueden citar: la recopilación de la información cartográfica y climática de la zona de estudio, el reconocimiento del área para tomar nota de la geología, relieve y vegetación, entre otros aspectos, la identificación y caracterización de las unidades hidrográficas presentes, la estimación de caudales, la determinación de las características de los flujos que ocurrirán en los canales de drenaje y la elaboración del informe final.

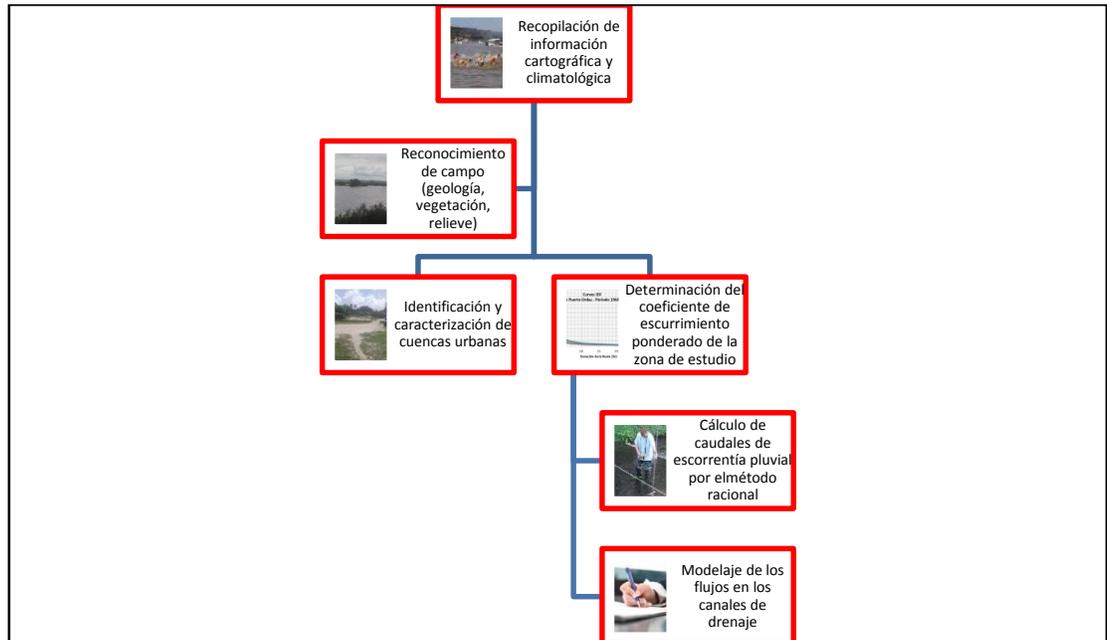


Figura 4.1 Flujograma de actividades..

#### 4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

Además de la recopilación y revisión bibliográfica de trabajos realizados en el área de estudio, como tesis de grado, informes de avances, registros de pluviosidad de la zona, geología general, ambientes sedimentarios, geología estructural, hidrológica, información cartográfica de la zona de cultivo del lote B del fundo La Caribeña, entre otras; se deberá realizar las siguientes actividades:

##### 4.6.1 Caracterizar climatológicamente el área de estudio

Se recopilaron los registros correspondientes a los parámetros vitales climatológicos (precipitación y evaporación) de las estaciones más cercanas al área de estudio.

#### **4.6.2 Caracterizar la cuenca de drenaje del área de estudio**

Con base a las cartas emitidas por la Dirección de Cartografía Nacional a escala 1:25000 correspondientes al sur de Ciudad Bolívar, se delimitará la cuenca de drenaje de la zona de estudio que estarían afectadas por las precipitaciones y excedencias de la zona de riego en el área. Posteriormente, se determinaron las características morfométricas del área de estudio.

#### **4.6.3 Estimación de los caudales aportados por las cuencas**

Para ello se utilizará el método racional el cual amerita:

- a) la determinación del coeficiente de escorrentía ponderado (haciendo uso de los coeficientes de escorrentía de Arocha y de acuerdo al uso del suelo para cada área respectiva),
- b) el cálculo de la intensidad de la lluvia (calculando el tiempo de concentración con la fórmula de Kirpich y haciendo uso de las curvas IDF calculadas por la CVG Tecmin) y
- c) el área de la cuenca (calculadas según el plano).

#### **4.6.4 Determinación de los parámetros hidráulicos y geométricos de los canales de drenaje**

Mediante las recomendaciones del MOP (1967) se calculará todos los parámetros dimensionales e hidráulicos según el flujo sea subcrítico o supercrítico y mediante el apoyo de las aplicaciones computarizadas HCANALES para el cálculo del canal sin disipación y luego ajustando dimensiones modelizando el flujo con el programa HECRAS.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Determinación de las características climáticas vitales de la zona de estudio

Las características del clima, con base en el análisis temporal de precipitación, evaporación, temperatura, insolación, humedad relativa y viento, para lo cual se utilizaron los datos registrados en la estación meteorológica del Aeropuerto de Ciudad Bolívar, cuyos datos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). En la Tabla 5.1, se muestra las características de la estación mencionada.

Tabla 5.1 Características de la estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto.

Tipo de estación	Ubicación relativa	Ente administrador	Coordenadas geográficas de ubicación		Altitud (referida al nmm)
			N	W	
C1	Ciudad Bolívar Aeropuerto	Fuerza Área Bolivariana	08°09`	63°33`	43 m

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

#### 5.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 867.4 mm,. En la Figura 5.1, se muestran los promedios mensuales y el total anual de precipitación para el período 1999 - 2019; y con base a ellos se elaboró la representación gráfica.

El régimen pluviométrico es de tipo unimodal, es decir, se registra un solo tope de lluvia durante el año. Este ocurre en los meses del verano astronómico (junio, julio y agosto), lo cual corresponde con la época de mayor actividad de la convergencia intertropical, responsable directa de la distribución temporal de las lluvias en el territorio venezolano.

En estos tres meses se recoge más del 54% del volumen total de precipitación anual. El valor más bajo de precipitación se registra en los tres primeros meses del año (enero, febrero y marzo).

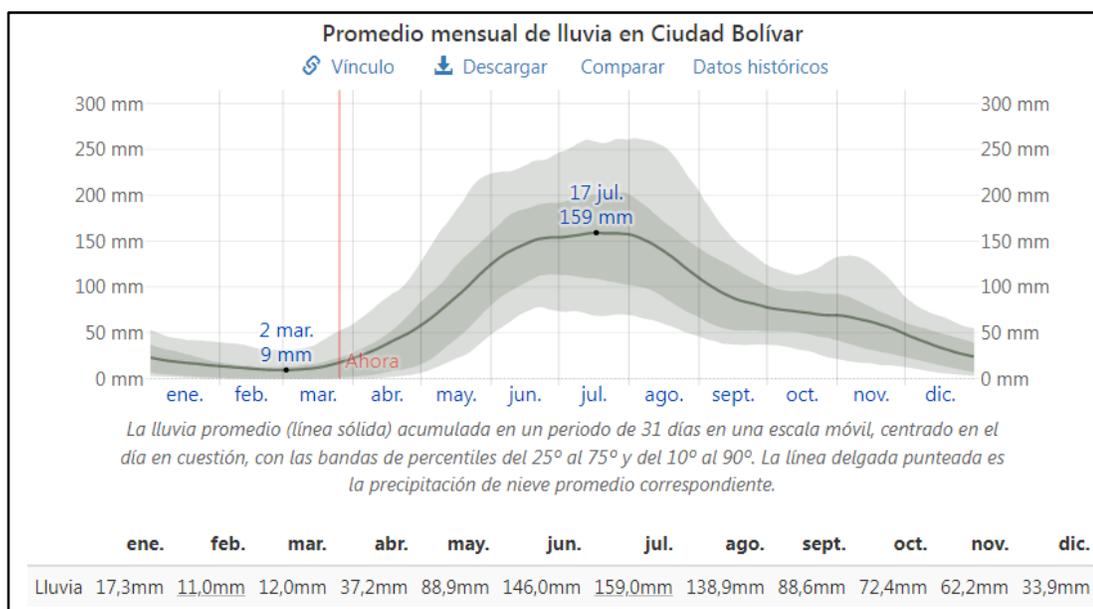


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm).

### 5.1.2 Evaporación

La evaporación promedio anual en la zona es bastante elevada, esto es alrededor de 2.140 mm/ año. Esta variable climática no tiene una oscilación anual de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos

épocas donde ocurren los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de equinoccio de primavera y otoño.

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

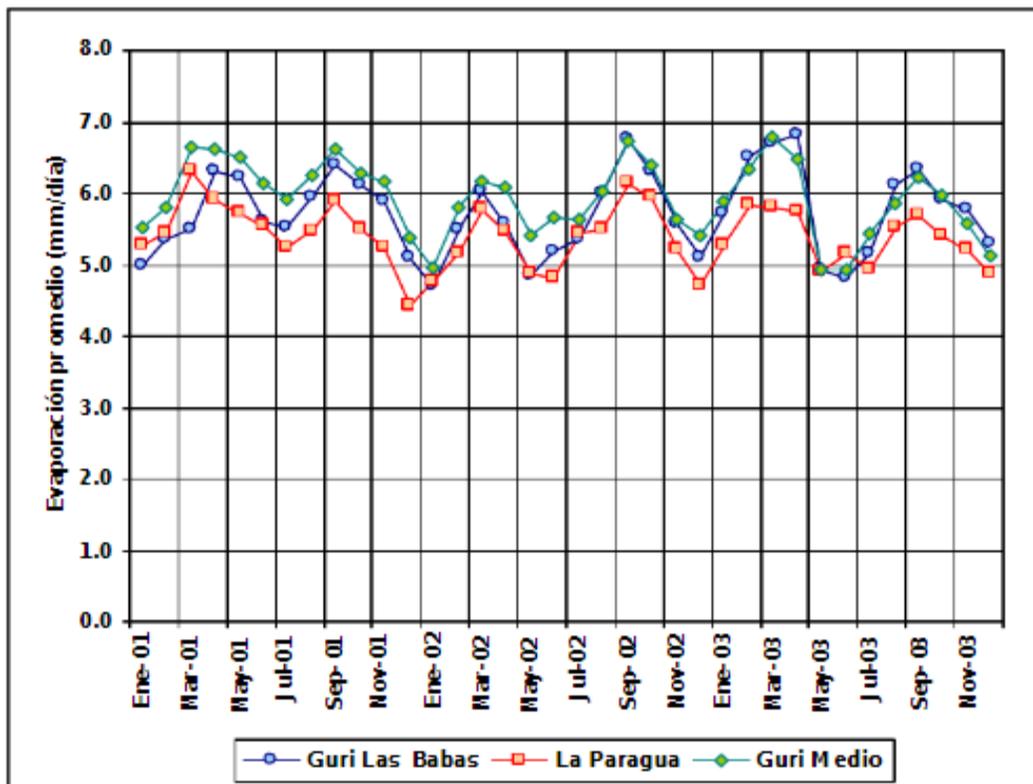


Figura 5.2 Distribución de la evaporación anual en el noreste del estado Bolívar

## 5.2 Delimitación y caracterización de la cuenca de drenaje

Desde el punto de vista hidrológico, el área de estudio se enmarca dentro del lote B de la zona de cultivo del fundo La Caribeña.



Figura 5.3 Imagen de satélite del área de estudio (modificado de Google Earth, 2023).

Delimitar el área para la cual un sistema de drenaje estará en capacidad de recolectar el agua pluvial y de los excedentes de agua de riego drenada; por lo tanto, la forma más práctica de determinar estos caudales es haciendo una repartición del caudal total del lote de riego en función de su área, al delimitar el área a servir por cada tramo podemos obtener el caudal de diseño correspondiente al sector drenado de la cuenca. La cuenca tiene orientación noreste –suroeste y es de forma oblonga.

Tabla 5.2 Distribución de áreas según el uso del suelo en la cuenca de drenaje.

Tipo de cobertura	Área	
	ha	m <sup>2</sup>
Cultivos	1.46	14600
Gramíneas	0.73	7300
Bosque de galería	0.00	0.00
<b>Total</b>	2.19	21900

### 5.2.1 B-1 Características de los suelos del lote B

Con la finalidad de realizar una caracterización textural de los suelos del lote B se tomaron tres (3) muestras ubicadas equidistantes según los vértices de un triángulo equilátero inscrito en la superficie del lote B de acuerdo a las coordenadas que se muestran en la siguiente tabla 5.3

Tabla 5.3 Coordenadas UTM de ubicación de las muestras de suelo.

Identificación de la muestra	Coordenadas UTM	
	ESTE	NORTE
B-1	438639	888022
B-2	438747	888035
B-3	438709	887965

### 5.3 Coeficientes de escorrentía ponderado de la cuenca urbana

Para el cálculo o determinación del coeficiente de escorrentía se considerarán los criterios dados por Schawab (1981) de acuerdo a la zonificación del uso de la tierra.

Para esta investigación se consideraron los valores que aparecen en la tabla 3.3.

Para las zonas cultivadas del lote B (2.40 ha) el coeficiente de escurrimiento seleccionado fue 0.30, para zonas con gramíneas, de toda la zona de cultivo, (11.00 ha) el coeficiente fue de 0.10 y en cuanto a las zonas con bosques de galería no serán consideradas porque su presencia está restringida fuera del lote B. el coeficiente de escurrimiento se ponderó utilizando la siguiente fórmula:

$$C_p = ((\text{Area 1} * C_e 1) + (\text{Area 2} * C_e 2)) / \text{Area total} \quad (5.1)$$

$$C_p = \Sigma (A_i \cdot C_{e_i}) / \Sigma A_i \quad (5.2)$$

En ese orden de ideas se procede a la determinación del coeficiente de escurrimiento ponderado y se resumen los resultados en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Estimación del coeficiente de escurrimiento ponderado.

Tipo de cobertura	Área		Ce	Ce x Área	Ce ponderado
	ha	m <sup>2</sup>			
Cultivos	2.40	24000	0.30	0.720	0.1218
Gramíneas	11.00	110000	0.10	1.100	
<b>Total</b>	13.40	134000		1.632	

Dados los resultados anteriores se puede considerar como un valor válido de coeficiente de escurrimiento ponderado para todo el lote B de 0.1218.

### 5.3.1 Esquema en planta y perfil del sistema de canales de drenaje

El lote B tiene unas dimensiones de 200 m de largo por 120 m de ancho, para un área de 2-4 hectáreas. En ese sentido, según se muestra en la Figura 5.4, se ha previsto el trazado de cinco (5) canales secundarios (color lila) de 200 m de longitud cada uno, trazados longitudinales al lote B, desde una cota de 87 m hasta una cota de

83 m (con una pendiente longitudinal de 0.02 m/m) (Figura 5.5) y separados una distancia de 30 m entre ellos.

Estos canales secundarios serán interceptados, en su extremo oeste, por un canal colector principal (color azul) de 520 m de longitud, desde una cota de 83 msnm hasta una cota de 76 msnm (adyacente al morichal que transcurre por el perímetro oeste del fundo).

De tal forma que el canal colector principal tendrá una pendiente longitudinal de 0.013462 m/m (Figura 5.5).



Figura 5.4 Trazado en planta de los canales secundarios o laterales (líneas lila) y el colector principal (línea roja).

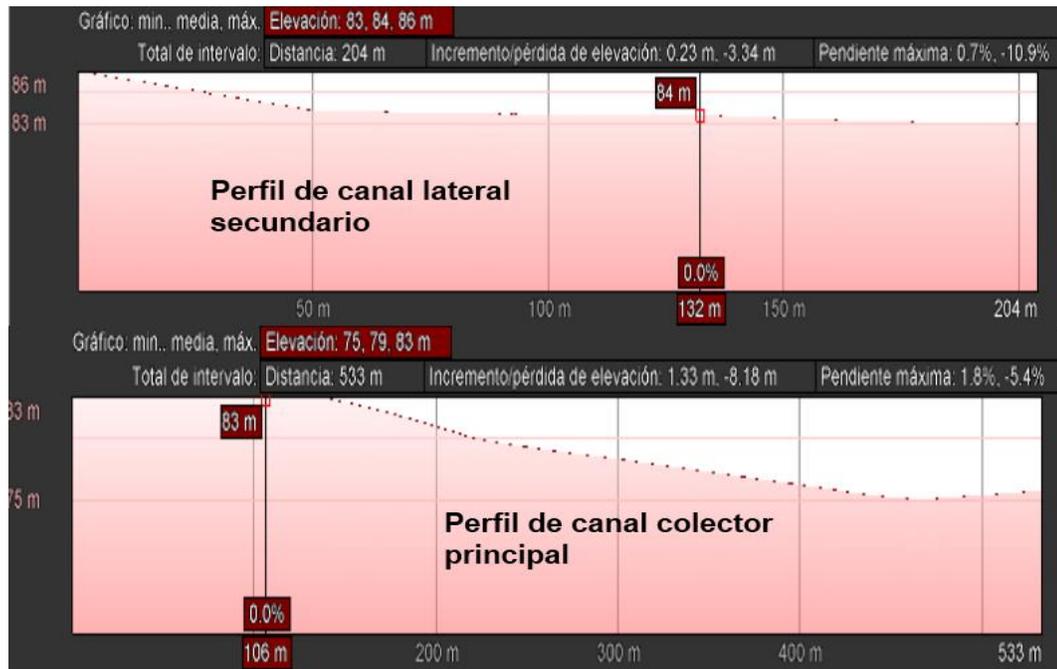


Figura 5.5 Perfiles longitudinales de un canal lateral secundario (arriba) y del canal colector principal (abajo).

#### 5.4 Estimación de los caudales de escorrentía superficial

Se utilizará el método racional para la determinación de los caudales de escurrimiento de aguas pluviales. En ese sentido, se deberá estimar el tiempo de concentración ( $T_c$ ) y la intensidad de lluvia ( $I$ ) para la cuenca de drenaje.

A tal efecto, se considera como adecuado para el diseño de canales de drenaje de zonas de cultivo asumir un período de retorno ( $T_r$ ) de diez (10) años. Se justifica esta consideración por que un posible evento de precipitaciones por encima del período de retorno considerado podría significar el colapso aguas arriba (en el interior del área de cultivo) del sistema de drenaje de la zona de cultivo.

### 5.4.1 Tiempos de concentración e intensidad de lluvia en la cuenca

Para la determinación del tiempo de concentración ( $T_c$ ) se utilizará la ecuación (3.6) de Kirpich y con los resultados arrojados y las curvas de Intensidad, duración y frecuencia (IDF) (tabla 5.4 y figura 5.4) elaboradas por Montilla y Pereira (2010) se estimará la intensidad de lluvia para la cuenca de drenaje, tal como se muestra en los resultados presentados en la tabla 5.11.

$$T_c = 0.06628(L^{0.77}/i^{0.385}) \quad (3.6)$$

L: longitud del cauce más largo en km = 0.950 km

i: pendiente media =  $(89 \text{ m} - 76 \text{ m}) / 950 \text{ m} = 0.01368$

$T_c$ : tiempo de concentración en horas

$$T_c = 0.06628 (0.950^{0.77} / 0.01368^{0.385}) = 0.033 \text{ hr} = 2.00 \text{ min}$$

En la Figura siguiente aparece la curva IDF para la estimación de la intensidad de lluvia ( $I$ ) para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años y diferentes duraciones

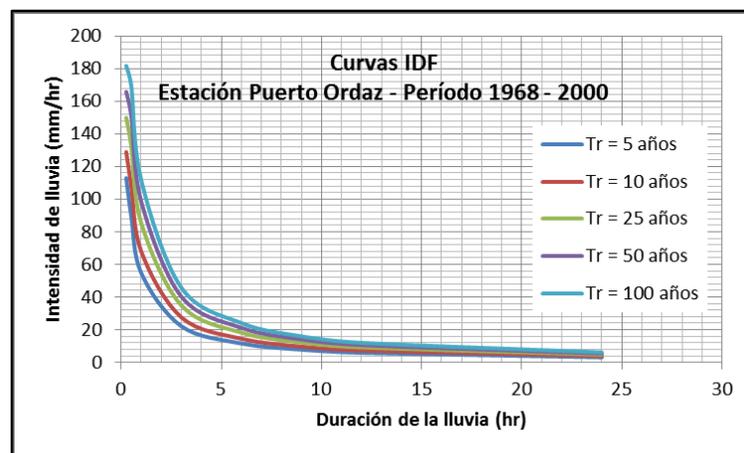


Figura 5.6 Curvas IDF para estación Puerto Ordaz  
(Montilla y Pereira, 2010).

De acuerdo con la figura anterior, la Intensidad de lluvia para la cuenca de drenaje equivale a 165 mm/hr.

#### 5.4.2 Caudal de escorrentía pluvial drenado

Como se acotó anteriormente, se calculará el caudal de diseño drenado por efecto de las lluvias para todo el lote B mediante el uso del método racional (ecuación 3.4), para este cálculo del caudal es necesario saber que será el producto de los coeficientes de escurrimiento, las intensidades de lluvia (en mm/hr) de la zona y las áreas respectivas (en ha) dividido entre 360.

Tabla 5.5 Caudal de escorrentía pluvial drenado por el lote B.

Área drenada (ha)	Coeficiente escorrentía ponderado	Intensidad de lluvia (mm/hr)	Caudal pluvial drenado	
			(m <sup>3</sup> /s)	(l/s)
2.40	0.1218	165	0.1339	133.9

#### 5.4.3 Caudal drenado por excedencia de riego

Se considera que para efectos de estimación de los drenajes, se inferirá que eventualmente el sistema de drenaje deberá ser capaz de drenar la totalidad del agua suministrada para riego (sin considerar el volumen de agua infiltrada y evaporada).

En tal sentido, se estimará a continuación el caudal de diseño de riego por aspersión para un cultivo de tomates en el lote B.

En primer lugar, es necesario acotar que se estimarán los parámetros básicos para calcular los parámetros fundamentales para determinar el caudal de riego del lote

B considerando los principios de la disponibilidad de agua en el suelo, como lo expresa Guevara (1990) y que se representa así:

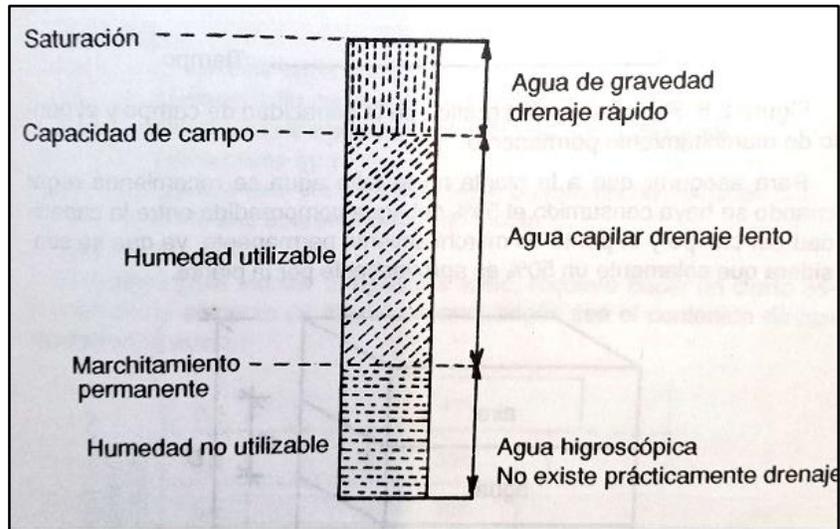


Figura 5.7 Disponibilidad de agua en el suelo (Guevara, E., 1990)

En el apéndice B, se observan los análisis granulométricos realizados a las muestras tomadas en el lote B, se pudo observar que se trataba de arenas mal gradadas con pocos finos (SP) o suelo franco arenoso. Se observan en la siguiente Figura 5.8 las curvas granulométricas correspondientes a las muestras analizadas del lote B.

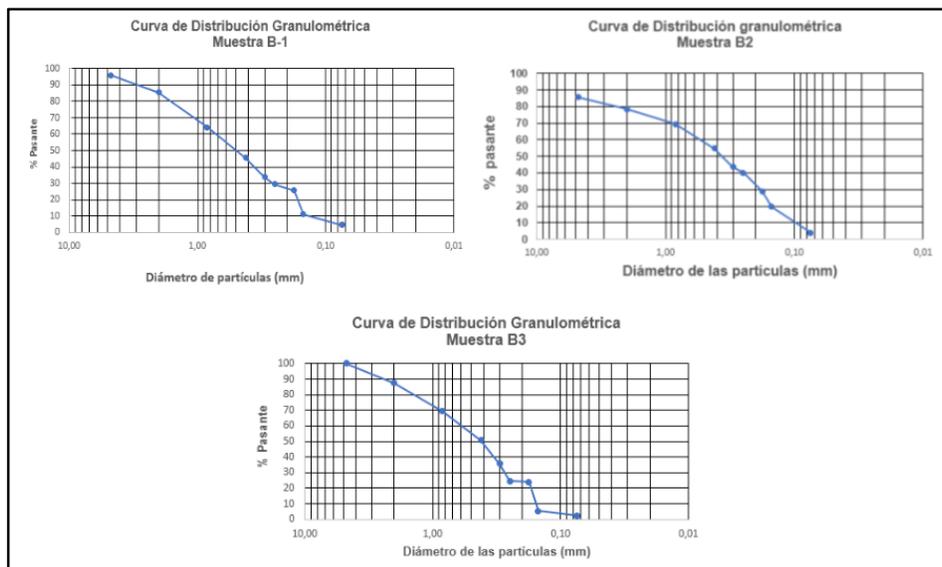


Figura 5.8 Curvas granulométricas de las muestras de suelo del lote B.

Ahora bien, considerando estas características texturales, se desprenden las siguientes características del suelo derivadas de la Tabla 5.6.

Tabla 5.6 Resumen de las propiedades físicas del suelo (Guevara, E. 1990).

Textura suelo	Filtración y permeabilidad cm/hr 1	Total espacio poroso %	Peso específico aparente Da	Capacidad de campo % CC	Marchitez permanente % PMP	Humedad Total Utilizable Peso seco %	Volumen %	cm/m
Arenoso	5 (2,5 - 25,5)	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (7-10)
Franco Arenoso	2,5 (1,3 - 7,6)	43 (40-47)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Franco	1,3 (0,8-2,0)	47 (43-49)	1,40 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-19)
Franco Arcilloso	0,8 (0,25-1,5)	49 (47-51)	1,35 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (17-22)
Arcillo	0,25 (0,03-0,5)	51 (49-53)	1,30 (1,25 -1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	23 (18-23)
Arcilloso	0,5 (0,01-0,1)	53 (51-55)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)

Se tienen entonces los siguientes parámetros básicos:

- a. Área de cultivo: 2.40 ha = 2.4000 m<sup>2</sup>

- b. Sistema de riego: aspersión (Eficiencia de riego ( $E_r = 0.7$ ))
- c. Cultivo: tomate
- d. Uso consuntivo diario ( $UC_d$ ) = 15 mm/día
- e. Profundidad de enraizamiento ( $Pr$ ): 0.80 m = 800 mm
- f. Permeabilidad ( $k$ ): 4 cm/hr
- g. Peso específico aparente ( $Da$ ): 1.50 gr/cm<sup>3</sup>
- h. Capacidad de campo ( $Cc$ ): 14%
- i. Punto de marchitamiento permanente (PMP): 4.80%
- j. Humedad utilizable en volumen ( $\omega\%$ ): 12%

La lámina de agua ( $La$ ) que hay que agregar para lograr un incremento de humedad desde el punto de marchitamiento hasta la capacidad de campo, está dada por:

$$La = (CC - PMP) Pr Da / 100 \quad (5.1)$$

$$La = (14\% - 4.80\%) \times 800 \text{ mm} \times 1.50 \text{ gr/cm}^3 / 100$$

$$La = 110.4 \text{ mm}$$

La lámina neta de agua ( $Ln$ ) será entonces:

$$Ln = La \times 0.5 \quad (5.2)$$

$$Ln = 110.4 \text{ mm} \times 0.5$$

$$Ln = 55.2 \text{ mm}$$

La lámina bruta de riego ( $LB$ ) se determina como el cociente entre la lámina neta ( $Ln$ ) y la eficiencia de riego ( $E_r$ ):

$$LB = Ln / E_r \dots\dots\dots (5.3)$$

$$LB = 55.2 \text{ mm} / 0.7$$

$$LB = 78.9 \text{ mm}$$

La Frecuencia de riego (FR) o intervalo entre riegos (en días), es la relación entre la lámina neta de riego (Ln) y el uso consuntivo diario máximo (UCd):

$$FR = Ln / UCd \dots\dots\dots(5.4)$$

$$FR = (55.2 \text{ mm}) / (15 \text{ mm/día})$$

$$FR = 3.68 \text{ días}$$

El tiempo de riego (TR) en horas, se denomina también tiempo de aplicación. Se calcula como la relación entre la lámina neta de riego (Ln) en mm y la velocidad de infiltración básica (ib) en mm/hr;

$$TR = Ln / ib \quad (5.5)$$

La Velocidad de infiltración básica (ib) se considera similar en toda la parcela del lote B debido a que ha sido labrado y que en toda su extensión se consideran homogéneas y similares las características texturales de suelo franco arenoso. Esta velocidad de infiltración básica (ib) se ha determinado mediante un ensayo de campo con un infiltrómetro de anillo simple cuyos resultados se muestran a continuación:

La infiltración básica será estimada utilizando el modelo de Kostiakov, tal como se muestra en la Tabla 5.7

Tabla 5.7 Estimación de la infiltración básica

Estimación de la infiltración básica (Modelo de Kostiakov)							
Proyecto:		Sistema de drenaje del lote de cultivo B					
Ubicación:		Fundo La Caribeña, sector Los Caribes, municipio Angostura del Orinoco, edo Bolivar					
Coordenadas UTM del punto de infi		N XXXXXX		E XXXXXX			
Condición antecedente del suelo:		25 min de Lluvia (24 horas antes)					
1	2	3	4	5	6	7	8
Lsmina infiltrada acumulada	Lámina infiltrada Parcial	Lectura del Cronómetro		Tiempo acumulado	Tiempos parciales	Velkocidad de Infiltración instantanea	
(cm)	(mm)	(mm)	(hh:mm:ss)	(s)	(min)	(min)	(mm/min)
1	10	10	0:00:16	16	0,267	0,267	37,500
2	20	10	0:00:46	46	0,767	0,500	20,000
3	30	10	0:01:13	73	1,217	0,450	22,222
4	40	10	0:02:31	151	2,517	1,300	7,692
5	50	10	0:03:49	229	3,817	1,300	7,692
6	60	10	0:08:48	528	8,800	4,983	2,007
7	70	10	0:14:20	860	14,333	5,533	1,807
8	80	10	0:20:00	1200	20,000	5,667	1,765
9	90	10	0:29:00	1740	29,000	9,000	1,111
10	100	10	0:35:10	2110	35,167	6,167	1,622

Con los datos tabulados en las columnas 2 y 5 de la tabla anterior se obtiene el respectivo gráfico de dispersión y mediante el trazado de la curva de tendencia potencial de la lámina infiltrada acumulada vs el tiempo se puede obtener la ecuación de ajuste de la infiltración en relación al tiempo.

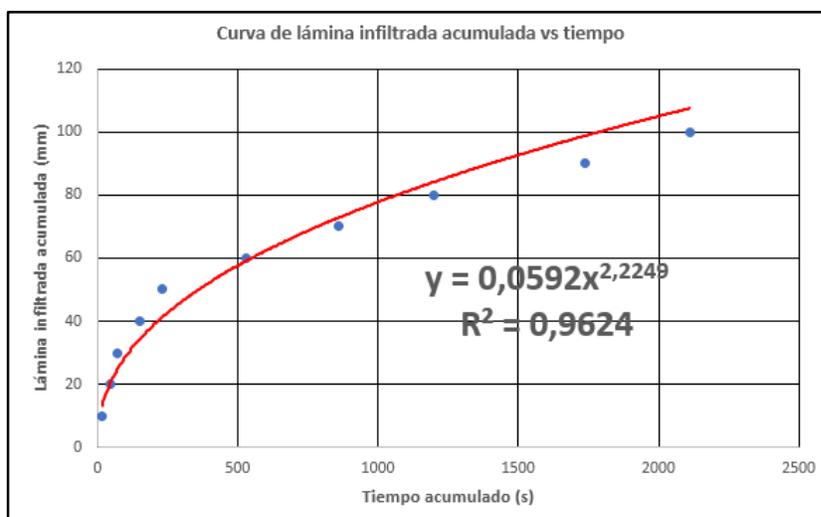


Figura 5.8 Curva de tendencia potencial de la lámina infiltrada acumulada vs el tiempo.

Aplicando el modelo de Kostiakov se podrá obtener la infiltración básica (ib):

$$i = a t^b \quad (5.6)$$

Donde:

i: velocidad de infiltración (mm/min)

a y b: parámetros de ajuste

t: tiempo (min)

De la aplicación del modelo de Kostiakov (Tabla 5.8) se deduce que la infiltración básica (ib) alcanzará una magnitud de 2.83 mm/min (169.8 mm/hr).

Tabla 5.8 Estimación de la infiltración básica (ib) según modelo de Kostiakov.

De la Curva de tendencia potencial de la gráfica de infiltración acumulada:		$y = 0,0592 x^{2,2249}$	
Ecuación de la lámina de infiltración acumulada (I):		$I(t) = 0,0592 t^{2,2249}$	
		A =	0,0592
		B =	2,2249
Velocidad de infiltración instantánea (i)	(mm/min)	$i = a * t^b$	
		a = A * B	0,131714
		b = B - 1	1,224900
Tiempo (tb) en el cual se alcanza la infiltración básica (ib)	(min)	$tb = 10 * b$	
			12,249
Infiltración básica (ib)	(mm/min)	$ib = a * (tb)^b$	
			2,834306

Sin embargo, es también posible realizar una estimación visual de la infiltración básica (ib) mediante la curva de tendencia potencial de los valores

graficados de la velocidad de infiltración instantánea (mm/min) en relación al tiempo acumulado (min), tal como se observa en la Figura 5.9.

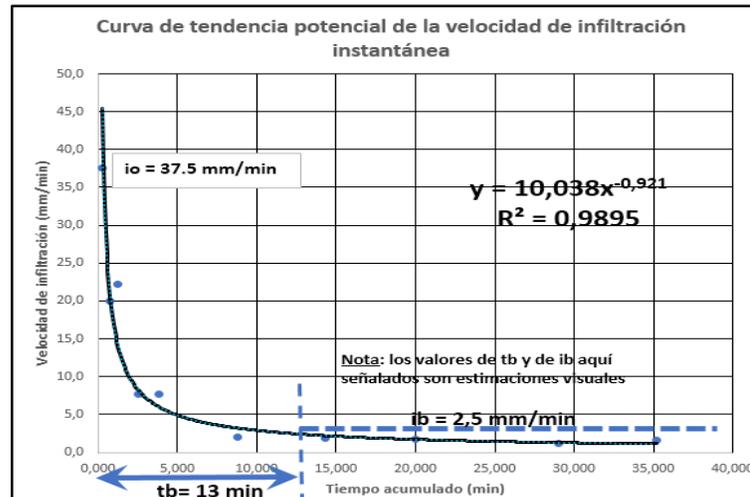


Figura 5.9 Curva de tendencia potencial de la velocidad de infiltración vs el tiempo

Luego el tiempo de riego (TR), sustituyendo en la ecuación 5.5:

$$TR = 55.2 \text{ mm} / 169.8 \text{ mm/hr}$$

$$TR = 0.33 \text{ hr} = 19.6 \text{ min} \sim 20 \text{ min}$$

El caudal a aplicar ( $Q_u$ ) se determinará mediante la fórmula siguiente:

$$Q_u = LB / (0.036 \times TR) \quad (5.6)$$

$$Q_u = 7.89 \text{ cm} / (0.036 \times 0.33 \text{ hr})$$

$$Q_u = 664 \text{ lps/ha}$$

El caudal de diseño ( $Q_d$ ) será igual al producto del caudal a aplicar por el área de influencia ( $A_i$ ) en ha del canal.

$$Q_d = Q_u \times A_i \quad (5.7)$$

$$A_i = 200 \text{ m} \times 120 \text{ m} = 24000 \text{ m}^2 = 2.4 \text{ ha}$$

$$Q_d = (664 \text{ lps/ha}) \times (2.4 \text{ ha}) = 1593.6 \text{ lps}$$

El caudal por parcela ( $Q_p$ ) será estimado por la ecuación 5.8. A tal efecto se considera que la unidad de riego (UR) o número de hectáreas a regar por día, que para el caso de esta investigación se considerará equivalente a todo el área del lote B. Asimismo, la frecuencia de los turnos será de 1 turno/día

$$Q_p = (LB \times UR \times 1000) / (TF \times 36) \quad (5.8)$$

$$Q_p = (7.89 \text{ cm} \times 2.4 \text{ ha} \times 1000) / (1 \times 36)$$

$$Q_p = 526 \text{ lps}$$

Finalmente, dado que la unidad de riego (UR) tiene iguales dimensiones que el área que se regará simultáneamente, igual a 2.4 ha (lote B), se tiene que el Caudal del sistema será:

$$Q_s = (Q_p \times \text{área de riego simultáneo}) / UR \quad (5.9)$$

$$Q_s = (526 \text{ lps} \times 2.4 \text{ ha}) / 2.4 \text{ ha}$$

$$Q_s = 526 \text{ lps} = 0.526 \text{ m}^3/\text{s}$$

En resumen el caudal máximo que deberá ser drenado desde el lote B será:

Tabla 5.9 Caudal máximo a drenar del lote B

<b>Caudal escorrentía pluvial (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal de riego del sistema (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal máx. a drenar (m<sup>3</sup>/s)</b>
0.134	0.526	0.660

#### 5.4.4 Caudal total drenado por cada canal lateral o secundario

Se han considerado cinco (5) canales laterales o secundarios que recogerán la totalidad de las aguas que serán drenadas por los ocho (8) sectores adyacentes. Entre cada canal lateral o secundario existen dos (2) sectores drenados, por lo que se considera que a cada canal le drenarán las aguas de dos (2) sectores, uno por cada lado del canal lateral, a excepción de los tramos 1-2 y 9-10 los cuales dada su ubicación limítrofe del lote, solo les drenará un sector (Figura 5.10),

En ese orden de ideas y dada la reducida superficie del lote B, el caudal máximo drenado puede ser dividido entre los ocho (8) sectores, lo cual implica que cada sector aportará un caudal a drenar de  $0.0825 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Figura 5.10 Definición de canales (líneas color lila y roja), tramos, sectores y sentido de flujo (flechas).

Tabla 5.10 Estimación del caudal drenado por cada tramo de canal lateral o secundario.

Canal lateral	Tramo	Cantidad de Sectores drenantes	Caudal por sector (m <sup>3</sup> /s)	Caudal total drenado (m <sup>3</sup> /s)
CL A	1-2	1 (sector 1)	0.0825	0.0825
CL B	3-4	2 (sectores 2 y 3)	0.0825	0.1650
CL C	5-6	2 (sectores 4 y 5)	0.0825	0.1650
CL D	7-8	2 (sectores 6 y 7)	0.0825	0.1650
CL E	9-10	1 (sector 8)	0.0825	0.0825
<b>Σ caudales drenados =</b>				<b>0.6600</b>

#### 5.4.5 Caudal total drenado por el canal colector principal

Dado que el canal colector principal recibirá la totalidad de las aguas recibidas por cada canal lateral o secundario, queda implícito que el canal colector principal drenará un caudal equivalente a 0.66 m<sup>3</sup>/s. Cabe destacar que este caudal alcanzará su magnitud máxima en la medida que se vayan incorporando los aportes de cada tramo de canal lateral.

Tabla 5.11 Caudal máximo drenado por el canal colector principal.

Canal	Tramo receptor	Caudal drenante aportado (m <sup>3</sup> /s)	Canales laterales aportantes	Caudal drenado conducido (m <sup>3</sup> /s)
Canal colector principal	2-4	0.0835	A	0.0835
	4-6	0.1650	A+B	0.2485
	6-8	0.1650	A+B+C	0.4135
	8-10	0.1650	A+B+C+D	0.5785
	10-11	0.0835	A+B+C+D+E	0.6600

## 5.5 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje

Con la finalidad de definir los parámetros geométricos e hidráulicos de cada canal lateral secundario y del canal colector principal, se utilizará el programa computarizado HCANALES para el modelamiento de los flujos en cada tramo de canal.

### 5.5.1 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales laterales

A continuación, en las tablas 5.12 y 5.13 se presentan los parámetros geométricos, dimensionales e hidráulicos de cada tramo de canal lateral o secundario.

Tabla 5.12 Parámetros geométricos y dimensionales de los canales laterales.

Tramo	Pendiente longitudin So m/m	Coef rugosidad n	Pendiente talud m:1	Base B (m)	Caudal drenado Q (m <sup>3</sup> /s)	Área A (m <sup>2</sup> )	Perímet mojado Pm (m)	Prof Y (m)	Radio hidráulic Rh (m)	Espejo de agua T (m)
1-2	0.02	0.04	1	0.2	0.0835	0.1	0.85	0.23	0.12	0.66
3-4	0.02	0.04	1	0.2	0.165	0.17	1.10	0.32	0.15	0.83
5-6	0.02	0.04	1	0.2	0.165	0.17	1.10	0.32	0.15	0.83
7-8	0.02	0.04	1	0.2	0.165	0.17	1.10	0.32	0.15	0.83
9-10	0.02	0.04	1	0.2	0.0835	0.1	0.85	0.23	0.12	0.66

Tabla 5.13 Parámetros hidráulicos del flujo de los canales laterales.

Tramo	Caudal drenado Q (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad flujo V (m/s)	Energía Específica E (m)	Número de Froude Fr
1-2	0.0835	0.78	0.22	0.739
3-4	0.165	0.99	0.37	0.718
5-6	0.165	0.99	0.37	0.718

7-8	0.165	0.99	0.37	0.718
9-10	0.0835	0.78	0.22	0.739

### 5.5.2 Parámetros geométricos e hidráulicos del canal colector principal

A continuación, en las tablas 5.14 y 5.15 se presentan los parámetros geométricos, dimensionales e hidráulicos de cada tramo del canal colector principal.

Tabla 5.14 Parámetros geométricos y dimensionales del canal colector principal.

Tramo	Pendiente longitudinal So m/m	Coef rugosidad n	Pendiente talud m:1	Base B (m)	Caudal drenado Q (m <sup>3</sup> /s)	Área A (m <sup>2</sup> )	Prof Y (m)	Perímetro mojado Pm (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
2-4	0.013462	0.035	1	0.5	0.0835	0.11	0.16	0.96	0.11	0.83
4-6	0.013462	0.035	1	0.5	0.2485	0.24	0.3	1.34	0.18	1.1
6-8	0.013462	0.035	1	0.5	0.4135	0.35	0.39	1.60	0.22	1.28
8-10	0.013462	0.035	1	0.5	0.5785	0.44	0.46	1.81	0.25	1.42
10-11	0.013462	0.035	1	0.5	0.66	0.49	0.49	1.89	0.26	1.49

Tabla 5.15 Parámetros hidráulicos del flujo del canal colector principal.

Tramo	Caudal drenado Q (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad flujo V (m/s)	Energía Específica E (m)	Número de Froude Fr
2-4	0.0835	0.77	0.19	0.68
4-6	0.2485	1.05	0.35	0.72
6-8	0.4135	1.19	0.46	0.73
8-10	0.5785	1.30	0.55	0.74
10-11	0.6600	1.35	0.59	0.75

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. De acuerdo a las características imperantes de la pluviosidad de carácter unimodal (de 1000 mm anuales), de la temperatura (27 °C en promedio) que solo oscila unos 5 °C y con la evaporación promedio anual que supera los 2.400 mm por año, se puede concluir que el área de estudio se enmarca en la zona de vida de Bosque seco Tropical (Bs-T), según la clasificación climática de Holdridge. Por otra parte, según la clasificación de Koppen se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi)

2. La zona de estudio abarca la zona de cultivo del fundo La Caribeña denominada como Lote B con una superficie total de 2.19 ha en el sector Los Caribes de la población de Ciudad Bolívar del estado Bolívar. Asimismo, se presentan cinco (5) canales de flujo que drenarán las aguas de escorrentía pluvial y de excedencias de riego. Fundamentalmente, el lote B está constituido por 1.46 ha de zona cultivada y 0.73 ha por gramíneas respectivamente.

3. Los suelos del lote B, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos se encuentran dentro de las características de Arenas mal gradadas (SP). Fundamentalmente, se trata de arenas finas a medias con poco porcentaje de finos. Asimismo, de acuerdo al triangulo de fases textural de la FAO se pueden clasificar como suelos franco arenosos que presentan una infiltración básica de acuerdo al modelo de Kostiakov de 2.83 mm/min.

4. El caudal total drenado en el lote B alcanza 0.66 m<sup>3</sup>/s aportado por las precipitaciones (0.134 m<sup>3</sup>/s) y por los excesos de riego (0.526 m<sup>3</sup>/s) los cuales serán

drenados en su totalidad fuera del lote mediante cinco (5) canales laterales secundarios de 0.2 m de base por 200 m de largo y por un canal colector principal de 0.5 m de solera y 520 m de largo, todos de sección trapezoidal, sin recubrimiento ( $n = 0.035$ ). Finalmente, es importante acotar que las velocidades de flujo en los canales laterales se mantuvieron entre 0.78 y 0.99 m/s y de igual manera, las velocidades de flujo que se desarrollan en el canal colector principal será de naturaleza variable incrementándose paulatinamente desde 0.78 m/s hasta 1.35 m/s.

### **Recomendaciones**

1. Se recomienda la producción de curvas IDF actualizadas para las localidades urbanas que requieran nuevas obras civiles que ameriten el diseño de sistemas de drenaje con estimaciones de la pluviosidad más cercanas a la realidad climática del momento.

2. Se sugiere a las autoridades de la Escuela de Ciencia de la Tierra a exponer oficialmente al Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología la importancia de mantener actualizadas y disponibles las bases de datos correspondientes a los registros de los parámetros climatológicos de las estaciones que se mantienen activas efectuando mediciones en todo el oriente del territorio del país, con la finalidad de que sirvan de insumo para los análisis pluviométricos que académicamente se requieren para el desarrollo de investigaciones que involucren tal variable climática.

## REFERENCIAS

Aguasuelos Ingeniería, S.C (1993). **CARACTERIZACIÓN DE ACUÍFEROS EN EL ÁREA NORTE DE MONAGAS FASE IV**, Informe preparado para Corpoven, Monagas, Venezuela, (pp. 15-51).

Alfonsi, P. (1999) **SEDIMENTOLOGÍA DE CLÁSTICOS Y ELECTROFACIES**. Centro Internacional de educación y Desarrollo. PDVSA Exploración y Producción. Maracaibo. Venezuela, (pp. 115).

Aparicio, F. 1997. **FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Balderas, México: Limusa. (pp.303)

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

Arias, F. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. (5TA ED). Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, (pp 20-83).

Aristizábal, V.; Botero, B.; Marulanda, A.; Parra, J. y Vélez, J. (2013). **DISEÑO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DE OBRAS DE INGENIERÍA PARA PROYECTOS VIALES**. Editorial Blanecolor. Manizales, Colombia. Pp. 43 y 193

Arocha, Simón. (2012). **CLOACAS Y DRENAJES**. Ediciones Vega s.r.l. Caracas, Venezuela.

Aros, V. (1997). **APUNTES DE HIDROLOGÍA. INGENIERÍA CIVIL**. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. (pp 25 – 31).

Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe (1965). **DISPOSICION Y TRATAMIENTO DEL AGUA PRODUCIDA**, 15 junio 2015, [<http://www.oilproduction.net/>].

Aymard R., Pimentel, I., Eitz, P., Chaouch, A., Navarro, J., Mijares, J., Pereira, J., (1990), **GEOLOGICAL INTEGRATION AND EVALUATION OF NORTHERN MONAGAS, EASTERN VENEZUELA BASIN**. EN J. BROOKS, ED, **CLASSIC PETROLEUM PROVINCES: GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON SPEAD PUBLICATION** N° 50, (pp. 37-53)

Bolinaga, J. J. (1979). **DRENAJE URBANO**. Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS). Caracas, Venezuela. (pp.399)

Camacho, F. (1996). **DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE**. Universidad de Carabobo. Valencia. Pp 153

Carciente, J. (1985) **CARRETERAS**. Ediciones Vega Caracas.

Carvalho, C. y Farías, E. (2015). **PROPUESTA DE SISTEMA DRENAJE SUPERFICIAL PARA CONDUCCIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LAS RESIDENCIAS RÓMULO GALLEGOS, ZUATA, MUNICIPIO JOSÉ GREGORIO MONAGAS, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Casado, C. (1984).**INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD PETROLERA EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA MESA DE GUANIPA**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la tierra, Ciudad Bolívar,( pp 2-154).

Cedeño y Guerra (2010). **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES ADYACENTES AL CANAL DE CINTURA EXISTENTE DESDE LA PROGRESIVA 0+000 HASTA LA 1+235 EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**.

Cid, L.; Mora, C.; Valenzuela, M. (1990). **ESTADÍSTICA MATEMÁTICA. PROBABILIDADES E INFERENCIA ESTADÍSTICA**. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias. Departamento de matemáticas. Chile. (pp 319).

Comisión Estatal de Agua de Queretaro (2013). **NORMAS Y LINEAMIENTOS PARA LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE, AGUA TRATADA, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LOS FRACCIONAMIENTOS Y CONDOMINIOS DE DE ZONA URBANA DE QUERETARO, MÉXICO**. Santiago de Queretaro.

Custodio, E. y Llamas, M., (1976) **HIDROLOGÍA SUBTERRANEA**. Ediciones Omega, Barcelona, España. Tomo I, (pp 1154).

CVG Tecmin, C.A (2018). **INFORME HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS QUE DRENAN A LA POBLACIÓN DE LOS POZOS**. Puerto Ordaz.

Chen, C. L. 1983. **RAINFALL INTENSITY-DURATION-FREQUENCY FORMULAS**, J. Hydro. Engrg., ASCE, 109(12), (pp 1603-1621).

Chow, V.; Maidment, D.; Mays, L. (1994). **MANUAL DE HIDROLOGÍA APLICADA**. Editorial Mc Graw-Hill. Santafé de Bogotá. (p.584)

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

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

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

Echeverría, B. (2015). **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**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Echeverría, D. (2015). **REGISTRO FOTOGRÁFICO**. Ciudad Bolívar.

FAO, (1984) **LAND EVALUATION FOR FORESTRY FORESTRY PAPER**, recuperado de: <http://www.fao.org/3/XII/0395-B3.htm>

FAO. (1990). **PROPUESTAS DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO SOBRE EL BANANO**. Roma, p 28.

Franco, M. (1985) **CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO Y LA ESTIMACIÓN DEL ORDEN DE MAGNITUD DE LAS RESERVAS RENOVABLES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**.

Giles, Ronald (1991). **MECÁNICA DE LOS FLUIDOS E HIDRÁULICA**. Editorial McGraw-Hill. México. Pp 255

Grassi, Carlos J. & Christiansen, Jerald E. (1997), **MANUAL DE DRENAJE EN TIERRAS PARA RIEGO**; CIDIAT s.d. 197 Pág.

González de Juana, C., Iturralde, C. y Picard, X. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Editorial Foninves. Caracas.

Hernández, A. (1991). **DRENAJE DE TIERRAS**. Universidad del Valle. Departamento de Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas. Facultad de Ingenierías. Página 4. 624 p.

Huarcaya, A. y Márquez, R. (2017). **ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS IDF PARA LA POBLACIÓN DE EL SALTO EN EL MUNICIPIO MATORIN, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Japan Road Association, (1984). **MANUAL FOR SLOPE PROTECTION**. Highway Earthwork Series. Masonic 39 Mori Building 2-4-5 Azabudai. Minato ku Tokio.

Kazmann, R. (1974). **HIDROLOGÍA MODERNA**. Segunda Edición. Compañía Editorial Continental S.A.D.F. México. (p.420)

Kothyari, C. y Garde, J. (1992). **RAINFALL INTENSITY-DURATION-FREQUENCY**. Journal of Hydraulic Engineering. Volumen.118, N°2. USA. (pp 323 – 336)

Linsley, R.; Kohler, M. y Paulhus, J. (1988). **HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS**. Segunda Edición. Mc Graw-Hill. Latinoamericana. D.F. México. (p 386).

Liotta, M. (2015). **DRENAJE DE SUELOS PARA USO AGRÍCOLA**. Rivadavia.

Mendenhall, W.; Scheaffer, R. y Wackerly, D. (1986). **ESTADÍSTICA Y MATEMÁTICAS CON APLICACIONES**. Tercera edición Editorial Iberoamericana, S.A.. México (p 751).

Mejía, P. P, (1999). **HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA. MANUAL PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN**. Corpocaldas. INVIAS. Manizales. P 78 – 117.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. (2011). **NOCIONES DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Lima.

MOP, Ministerio de Obras Públicas, (1967). **MANUAL DE DRENAJE**. Caracas, (p 208).

Nichols, G. (1999). **SEDIMENTOLOGY AND STRATIGRAPHY**. Segundaedición. Oxford. United Kingdon. Wiley – Blackwell. (pp 307, 321, 329).

Parra, J. y Porras, M., (2017). **ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES QUE APORTARÁ LA CUENCA URBANA DEL CONJUNTO RESIDENCIAL LP-1 EN LA POBLACIÓN DE LOS POZOS, MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.** Trabajo de grado, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

PDVSA-Intevep, (1997). **CÓDIGO GEOLÓGICO DE VENEZUELA.** 14 de Octubre de 2010, [<http://www.pdvsa.com/lexico/utilid/glosario/glosario.htm>]

Pérez, J. (1979). **FUNDAMENTOS DEL CICLO HIDROLÓGICO.** Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Departamento de Meteorología e Hidrología. Caracas. (pp 01-38)

Pizarro, F. (1978). **DRENAJES AGRÍCOLAS Y RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS.** Editora Agrícola Española. Madrid. 1978. Página 12. 520 p

Pizarro, R. y Novoa, P. (1986). Instructivo n° 5. **DETERMINACIÓN DE VALORES PROBABILÍSTICOS PARA VARIABLES HIDROLÓGICAS. ELEMENTOS TÉCNICOS DE HIDROLOGÍA.** Corporación Nacional Forestal (CONAF). Chile. (p 78)

Poirre, M. y Ollier, Ch. (1966). **SANEAMIENTO AGRÍCOLA.** España: eta, 397 p.

Real Academia Española, (2012). **DICCIONARIO.** Editorial Limusa. Madrid

Rivadulla, R. (2004). **CARTOGRAFÍA DE SUPERFICIE Y SUBSUELO.** FundaGeominas, Ciudad Bolívar, (p 417).

Rubén, R. (2009). **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LA VIALIDAD RURAL DE SANTA LUCIA – JACOÁ, (FUNDO ZAMORANO) DEL MUNICIPIO BARINAS ESTADO BARINAS.**

Sociedad Venezolana de Geólogos (1996). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA.** Caracas.

Socorro y Rodríguez (2005). **CAUSAS DE INUNDACIONES POR LLUVIA EN LA URBANIZACIÓN ALTOS DEL PILAR.**

Sabino, C. (1992). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela, (pp. 89,142).

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

Témez, J. (1978). **CÁLCULO HIDROMETEOROLÓGICO DE CAUDALES MÁXIMOS EN PEQUEÑAS CUENCAS NATURALES**. Dirección General de Carreteras. Madrid. España. (p 111).

Zinck, J. A. (1977). **ENSAYO SISTÉMICO DE ORGANIZACIÓN DEL LEVANTAMIENTO DE SUELOS**. Maracay, Venezuela: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR).

## **APÉNDICES**

**APENDICE A**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MUESTRAS DE**  
**SUELOS**

## A.1 Análisis granulométrico de la muestra B-1

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (Norma ASTM D 422)							
Proyecto:		Caracterización textural de suelos del lote B					
Ubicación Proyecto:		Fundo LaCaribeña, municipio Angostura del Orinoco. estado Bolívar					
Código de muestra:		B-1	Peso inicial	200	Profundidad (m)	0,30	
Coordenadas UTM de punto de r		N xxxxx	E xxxxx				
No	Tamiz		Peso tamiz + suelo	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
	Abertura (mm)	Peso (gr)					
4	4,75000	430,00	437,8	7,80	3,90	3,90	96,10
10	2,00000	405,00	426,3	21,30	10,66	14,56	85,44
20	0,84117	353,40	396,1	42,70	21,36	35,92	64,08
40	0,41931	316,40	353,6	37,20	18,61	54,53	45,47
50	0,30000	406,00	429,5	23,50	11,76	66,28	33,72
60	0,25000	285,30	293,8	8,50	4,25	70,54	29,46
<b>80</b>	<b>0,17700</b>	382,90	390,9	8,00	4,00	74,54	25,46
<b>100</b>	<b>0,15000</b>	282,70	311,6	28,90	14,46	88,99	11,01
200	0,07500	497,00	510,0	13,00	6,50	95,50	4,50
PAN	0,00000	253,00	262,0	9,00	4,50	100,00	0,00
			$\Sigma =$	<b>199,90</b>	100,00		
			% error=	<b>0,05</b>			
% grava =		3,90	3,90	Índice de plasticidad (Ip)=		No aplica	
% arena gruesa=		10,66	91,60	D <sub>10</sub> (mm)=	0,15	Cu =	4,7
% arena media=		39,97		D <sub>30</sub> (mm)=	0,26	Cc =	0,6
% arena fina=		40,97		D <sub>60</sub> (mm)=	0,70	Tipo grano=	Grueso
% limos y arcillas=		4,50	4,50	Tipo de suelo	Arenas	Escogimiento	Mal gradada
Límites LI y	No aplica			Clasificación según SUCS	SP		

## A.2 Análisis granulométrico de la muestra B.2

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (Norma ASTM D 422)							
Proyecto:		Caracterización textural de suelos del lote B					
Ubicación Proyecto:		Fundo LaCaribeña, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar					
Código de muestra:		B-1	Peso inicial (gr)	500	Profundidad (m):	0,30	
Coordenadas UTM de punto de muestreo:		Nxxxxxx		Exxxxxx			
No	Tamiz		Peso tamiz + suelo	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
	Abertura (mm)	Peso (gr)					
4	4,75000	430,00	502,0	72,00	14,41	14,41	85,59
10	2,00000	405,00	441,1	36,10	7,22	21,63	78,37
20	0,84117	353,40	397,7	44,30	8,86	30,49	69,51
40	0,41931	316,40	390,4	74,00	14,81	45,30	54,70
50	0,30000	406,00	461,0	55,00	11,00	56,30	43,70
60	0,25000	285,30	302,5	17,20	3,44	59,74	40,26
<b>80</b>	<b>0,17700</b>	382,90	440,0	57,10	11,42	71,17	28,83
<b>100</b>	<b>0,15000</b>	282,70	328,4	45,70	9,14	80,31	19,69
200	0,07500	497,00	575,6	78,60	15,73	96,04	3,96
PAN	0,00000	253,00	272,8	19,80	3,96	100,00	0,00
			$\Sigma =$	<b>499,80</b>	100,00		
			% error=	<b>0,04</b>			
% grava =		14,41	14,41	Índice de plasticidad (Ip)=		No aplica	
% arena gruesa=		7,22	81,63	D <sub>10</sub> (mm)=	0,10	Cu =	5,5
% arena media=		23,67		D <sub>30</sub> (mm)=	0,18	Cc =	0,6
% arena fina=		50,74		D <sub>60</sub> (mm)=	0,55	Tipo grano=	Grueso
% limos y arcillas=		3,96	3,96	Tipo de suelo	Arenas	Escogimiento	Mal gradada
Límites Ll y Lp=		No aplica		Clasificación según SUCS =		SP	

## A.3 Análisis granulométrico de la muestra B-3

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (Norma ASTM D 422)							
<b>Proyecto:</b>		Caracterización textural de suelos del lote B					
<b>Ubicación Proyecto:</b>		Fundo LaCaribeña, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar					
<b>Código de muestra:</b>		B-3	Peso inicial (gr):	200	Profundidad (m):	0,30	
<b>Coordenadas UTM de punto de muestreo:</b>		N xxxxxx		E xxxxxx			
No	Tamiz		Peso tamiz + suelo	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
	Abertura (mm)	Peso (gr)					
4	4,75000	430,00	430,0	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,00000	405,00	430,2	25,20	12,62	12,62	87,38
20	0,84117	353,40	389,3	35,90	17,98	30,60	69,40
40	0,41931	316,40	353,7	37,30	18,68	49,27	50,73
50	0,30000	406,00	436,1	30,10	15,07	64,35	35,65
60	0,25000	285,30	307,2	21,90	10,97	75,31	24,69
<b>80</b>	<b>0,17700</b>	382,90	384,0	1,10	0,55	75,86	24,14
<b>100</b>	<b>0,15000</b>	282,70	320,4	37,70	18,88	94,74	5,26
200	0,07500	497,00	503,0	6,00	3,00	97,75	2,25
PAN	0,00000	253,00	257,5	4,50	2,25	100,00	0,00
			<b>Σ =</b>	<b>199,70</b>	100,00		
			<b>% error=</b>	<b>0,15</b>			
<b>% grava =</b>		0,00	0,00	<b>Índice de plasticidad (Ip)=</b>		No aplica	
<b>% arena gruesa=</b>		12,62	97,75	<b>D<sub>10</sub> (mm)=</b>	0,16	<b>Cu =</b>	3,8
<b>% arena media=</b>		36,65		<b>D<sub>30</sub> (mm)=</b>	0,28	<b>Cc =</b>	0,8
<b>% arena fina=</b>		48,47		<b>D<sub>60</sub> (mm)=</b>	0,60	<b>Tipo grano=</b>	Grueso
<b>% limos y arcillas=</b>		2,25	2,25	<b>Tipo de suelo</b>	Arenas	<b>Escogimiento</b>	Mal gradada
<b>Límites Ll y Lp=</b>		No aplica		<b>Clasificación según SUCS =</b>		SP	

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

<b>Título</b>	<b>MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS FLUJOS QUE SE PRODUCIRÍAN EN LOS CANALES DE DRENAJE DEL LOTE DE CULTIVO B DEL FUNDO CARIBEÑA EN EL SECTOR LOS CARIBES, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR,-VENEZUELA</b>
<b>Subtítulo</b>	

**Autor(es)**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Martínez Jimenez, José Gregorio.	<b>C</b>	25934374
	<b>VLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	ezjosemartinez@gmail.com
Rodríguez Afanador, Karminn Josee	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	26047111
	<b>e-mail</b>	karminnjra@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	

**Palabras o frases claves:**

<i>Sistemas de ddrenaje</i>
<i>Drenaje tierras agricolas</i>
<i>Diseños de canales de drenaje</i>

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Hidráulica agrícola	Sistemas de drenaje

### Resumen (abstract):

El objetivo fundamental de este trabajo de investigación consiste en efectuar un modelamiento de los flujos que se producirían en los canales de drenaje de la zona de cultivo del lote B del fundo La Caribeña en el sector Los Caribes de Ciudad Bolívar en el municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar. En ese sentido, la investigación es del tipo descriptiva, la cual requerirá la aplicación de una estrategia o diseño documental y de campo. La metodología utilizada incluye el reconocimiento de la zona para la verificación de las condiciones físico naturales como el relieve, geología, suelos, vegetación, fauna e hidrografía del área de estudio como aspectos importantes del entorno. En el trabajo se incluye la caracterización pluviométrica del área del estudio, la determinación de los caudales de diseño drenado por el área de cultivo el dimensionamiento de los elementos geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje, su trazado en planta, su perfil longitudinal y el modelo de la sección transversal del canal de drenaje principal y secundarios. Una vez aplicada esta metodología se pueden señalar entre los resultados más relevantes son en primer lugar que el canal colector principal de drenaje deberá drenar un caudal total de  $0.66 \text{ m}^3/\text{s}$ , estará no revestido. En cuanto a su ubicación, tendrá una alineación por el lado oeste al área del lote B, de sección transversal trapezoidal, con una pendiente longitudinal  $0.03462$ , tendrá una longitud aproximada de  $520 \text{ m}$ , un ancho de base de  $0.5 \text{ m}$  y una profundidad que oscilará entre  $0.16$  y  $0.49 \text{ m}$ . Asimismo, los cinco (5) canales secundarios serán igualmente de sección trapezoidal con un ancho de base de  $0.20 \text{ m}$  y una profundidad de  $0.23 \text{ m}$  y  $0.32 \text{ m}$  y tendrán una longitud de  $200 \text{ m}$  cada uno. El modelamiento de los flujos a través de los canales de drenaje indica que el régimen de flujo será subcrítico con velocidades que se mantienen dentro de lo permisible.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

**Contribuidores:**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>ROL / Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>Echeverría Díaz, Dafnis José</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	4.506.408
	<b>e-mail</b>	Dafnisecheverria2807@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
<b>España Rodríguez, Juan Carlos</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	12.602.152
	<b>e-mail</b>	juangeoe@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
<b>Echeverría Coa, Beatriz Carolina</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	21.013.748
	<b>e-mail</b>	beitacaro@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

**Fecha de discusión y aprobación:**

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Día</b>
2023	07	26

**Lenguaje:** Castellano

**Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>	<b>Tipo MIME</b>
<b>Tesis-().docx</b>	<b>Aplication/msword</b>
Drenaje de zona de cultivo lote B en fundo La Caribeña, Ciudad Bolívar, Edo. Bolívar, Venezuela	

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

**Alcance:**

**Espacial:** Fundo La Caribeña, sector Los Caribes, Ciudad Bolívar, Venezuela (Opcional)

**Temporal:** Año 2023 (Opcional)

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

Ingeniero Geológica

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Pregrado

**Área de Estudio:** Diseño de Obras Hidráulicas

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

Universidad de Oriente

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

### **Derechos:**

**De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado “Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario”**

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.

---

**Martínez Jiménez, José Gregorio**  
**CI. No: 25.934.374**  
**Autor**

---

**Rodríguez Afanador, Karminn Josee**  
**CI. No: 26.047.711**  
**Autor**

---

**Dafnis J. Echeverría D.**  
**CI. No: 4.506.408**  
**TUTOR**



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

**CONSTANCIA DE REVISIÓN Y CONFORMIDAD DE TUTORIA**

A través de la presente hago de su conocimiento que el trabajo de grado intitulado **“MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS FLUJOS QUE SE PRODUCIRÍAN EN LOS CANALES DE DRENAJE DEL LOTE DE CULTIVO B DEL FUNDO CARIBEÑA EN EL SECTOR LOS CARIBES, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR,-VENEZUELA.”**, presentado por los bachilleres, **MARTÍNEZ JIMÉNEZ, JOSÉ GREGORIO** de cédula de identidad No. **25.934.374 Y RODRÍGUEZ AFANADOR, KARMINN JOSEE** de cédula de identidad No **26.047.711**; 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**  
**Tutor académico**