

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



**PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE
AGUAS DE ESCORRENTÍA PLUVIAL EN EL CONJUNTO
URBANÍSTICO JACINTO CONVIT (CODIFICADO LBF-2) EN
LA POBLACIÓN DE LOS BARRANCOS DE FAJARDO, ESTADO
MONAGAS, VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES LÓPEZ V.
LUIS G. Y MEDORI, HÉCTOR
J. PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL.**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DE 2019



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: **PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE AGUAS DE ESCORRENTÍA PLUVIAL EN EL CONJUNTO URBANÍSTICO JACINTO CONVIT (CODIFICADO LBF-2) EN LA POBLACIÓN DE LOS BARRANCOS DE FAJARDO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.** presentado por los bachilleres **LUIS GUILLERMO LÓPEZ VÁSQUEZ** de cédula de identidad N° **24.193.436** y **HÉCTOR JOSÉ MEDORI** de cédula de identidad N° **15.467.920**, como requisito parcial para optar por el título: Ingeniero Civil, ha sido aprobado de acuerdo al reglamento de la Universidad de Oriente.

Nombre y Apellido	Firma
<u>Prof. Dafnis Echeverría</u> (Asesor)	_____
<u>Prof. Beatriz Echeverría</u> (Jurado)	_____
<u>Prof. Francisco Monteverde</u> (Jurado)	_____
_____ Prof. Pedro Gamboa Jefe del departamento de Ingeniería Civil	_____ Prof. Francisco Monteverde Director de Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar a los ____ días del mes de Noviembre de 2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y obtener la fuerza y el conocimiento para enfrentar toda dificultad en estos tiempos y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Magaly Josefina Medori (+); pilar fundamental en mi vida que con mucho esfuerzo y apoyo logro darme la formación que necesité para ser una maravillosa persona y un buen ciudadano, su ejemplo me mantuvo soñando cuando quise rendirme.

A mis familiares, profesores, compañeros de estudios por compartir momentos significativos y siempre estar dispuestos a ayudarme, que sin ese apoyo no hubiese podido llegar hasta acá para poder cumplir esta meta.

HÉCTOR J. MEDORI

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a DIOS todopoderoso, quien me ha brindado la luz, la salud y la fortaleza para lograr esta maravillosa meta.

Toda esta labor y esfuerzo plasmado, quiero con todo orgullo dedicárselo a todos mis familiares, en especial a mi abuela Carmen Salazar, a mi madre María Vásquez, a mis tías Mariela y Nancy, a mis hermanos Maikel y Legna, a mi prima Yetsile, quienes con su infinito amor, esfuerzo y sacrificio representaron para mí los más grandes estímulos en el logro de este gran objetivo fundamental en mi vida.

A mi novia Vanessa Fernández quien me apoyó en cada momento y me incentivó a seguir adelante siempre, animándome en momentos difíciles para dar lo mejor de mí.

A mi tío Ramón Vásquez (+); A mi abuelo Guillermo Vásquez (+); A mi abuela Niovis Caraballo (+) aunque estén ausentes siempre estarán presente en mi corazón.

A mis amigos y compañeros de estudios, por cada idea aportada en el recorrido de esta meta.

LUIS G. LÓPEZ V.

AGRADECIMIENTOS

Faltarán páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo merecen reconocimiento especial nuestros familiares que con su esfuerzo y paciencia ayudaron a culminar esta carrera universitaria y nos dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De igual forma agradecemos con mucho orgullo a nuestro tutor de tesis, el profesor Dafnis Echeverría, que gracias a sus consejos y a sus conocimientos brindados se pudo culminar este trabajo de grado. Agradecemos mucho su guía en el recorrido de este proyecto.

A los profesores que nos vieron crecer como persona, gracias a sus conocimientos hoy podemos sentirnos dichosos y contentos.

A nuestros amigos, con todos aquellos que compartimos dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos que serán colegas, gracias por ese apoyo y esos momentos divertidos en este viaje universitario tan maravilloso.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla en el urbanismo proyectado “Jacinto Convit” codificado como LBF-II ubicado en la población de Los Barrancos de Fajardo en el municipio José Gregorio Monagas, estado Monagas, Venezuela. El objetivo general de la investigación es proponer un sistema de drenaje basado en canales para la recolección y conducción de aguas de escorrentía de origen pluvial dentro del mencionado urbanismo. Para ello se aplicará una estrategia o diseño de campo y documental enmarcada dentro de esta investigación de tipo proyecto factible. Entre los objetivos específicos planteados se delimitará la cuenca y subcuencas existentes en el urbanismo, codificando las parcelas y tramos viales. Asimismo, se determinará el sentido preferencial del flujo de las aguas de escorrentía dentro del urbanismo. Se determinará el coeficiente de escorrentía ponderado por parcela, el tiempo de concentración y la intensidad de lluvia por tramo vial, y los caudales de drenaje por parcela y por tramo vial. Una vez realizadas estas actividades, se delimitaron cuatro (4) subcuencas a través de las cuales se trazan los canales principales (un par de canales, a ambos lados de la vialidad en cada subcuenca). Estos canales principales tendrán sección rectangular, revestidos de concreto. El coeficiente de escurrimiento ponderado para las parcelas oscila entre 0.005 y 0.524. Mientras que los tiempos de concentración por tramo se mantuvieron alrededor de los 6 minutos a excepción de dos tramos de canales principales que alcanzaron hasta 18 min. La intensidad de lluvia para los tramos se estimó en 610 lps/ha lo cual permitió estimar un caudal drenado total de $4.957 \text{ m}^3/\text{s}$ aportado por toda la cuenca. Se diseñaron un total de 16 canales secundarios (4 en cada subcuenca) y siete (7) canales principales distribuidos a ambos lados de la vialidad por donde se trazaron dichos canales (a excepción del canal sur).

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vi
CONTENIDO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	 4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos de la investigación.....	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	7
1.3 Justificación de la investigación.....	7
1.4 Alcance de la investigación	8
 CAPÍTULO II. GENERALIDADES	 9
2.1 Ubicación y acceso al área de estudio	9
2.2 Características generales del medio físico y biótico del área.....	10
2.2.1 Geología.....	10
2.2.2 Geomorfología y suelos	11
2.2.3 Vegetación	14
2.2.4 Aspectos hidrográficos	15

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	20
3.1 Antecedentes de la investigación.....	20
3.2 Bases teóricas.....	22
3.2.1 Hidrología urbana	22
3.2.2 Sistemas de drenaje	22
3.2.3 Acciones del sistema de drenaje urbano.....	23
3.2.4 Objetivos de un sistema de drenaje.....	23
3.2.5 Tipos de drenaje	23
3.2.6 Variables hidrometeorológicas.....	25
3.2.7 Canales abiertos.....	31
3.2.8 Tipos de canales abiertos	32
3.2.9 Tipos de flujo en canales.....	33
3.2.10 Estados del flujo.....	35
3.2.11 Distribución de velocidades en canales.....	36
3.2.12 Geometría de canal.....	37
3.2.13 Elementos geométricos de una sección de canal	39
3.2.14 Ecuaciones fundamentales que rigen el flujo de un canal	41
3.2.15 Trazado de canales abiertos	60
3.2.16 Simulación de los niveles del agua en canales abiertos.....	62
3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	63
3.3.2 Ley de aguas (Gaceta oficial No 35595 del 02/01/2007)	64
 CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO	 69
4.1 Tipo de investigación	69
4.2 Diseño de investigación.....	70
4.2.1 Investigación de campo.....	70
4.2.2 Investigación documental	70
4.3 Población y muestra de la investigación.....	71

4.3.1 Población de la investigación	71
4.3.2 Muestra de la investigación.....	71
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
4.4.1 Técnicas de recolección de datos	72
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	74
4.5 Flujograma de la metodología de trabajo	74
4.6 Descripción de la metodología de trabajo	75
4.6.2 Caracterización climatológica	75
4.6.3 Definición de parámetros geométricos e hidráulicos de la cuenca.....	76
4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas.....	77
4.6.5 Cálculo de parámetros hidráulicos de canales	79
4.6.6 Definición de trazado en planta y perfil longitudinal de canales	83

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 84

5.1 Caracterización pluviométrica del área de estudio	84
5.2 Parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación	87
5.2.1 Área de captación.....	87
5.3 Caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio	87
5.3.1 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia de las subcuencas.....	89
5.3.2 Coeficiente de escorrentía ponderado	91
5.3.3 Caudales por parcela y por sector	92
5.3.4 Caudales por cada canal principal.....	95
5.4 Parámetros geométricos e hidráulicos de los elementos de drenaje del sistema.	96
5.5 Trazado en planta y perfil longitudinal de los drenajes previstos en la zona de estudio.....	98
5.5.1 Trazado en planta de los canales principales	98
5.5.2 Perfiles longitudinales	100

CAPÍTULO VI. LA PROPUESTA	105
6.1 Objetivo de la propuesta.....	105
6.2 Alcance de la propuesta	105
6.3 Justificación de la propuesta.....	105
6.4 Metodología de trabajo	105
6.5 Propuesta de canales.....	106
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
Conclusiones.....	108
Recomendaciones.....	110
 REFERENCIAS	111

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación nacional de Los Barrancos de Fajardo.....	9
2.2 Ubicación regional de Los Barrancos de Fajardo.(CVG Tecmin, C.A., 2.016).....	10
2.3 Relieve típico.....	11
2.4 Relieve típico de la zona (CVG-Tecmin, 2016).....	11
2.5 Suelos del área de estudio (CVG Tecmin, 2016).....	13
2.6 Suelos del área de estudio (CVG Tecmin, 2016).....	13
2.7 Vegetación dominante del área de estudio.....	15
2.8 Río Orinoco.....	18
2.9 Laguna Bombeadero.....	18
3.1 Abaco para estimación del tiempo de concentración en cuencas rurales (Arocha, 2012.....	52
3.2 Elementos Geométricos de un canal, (Rodríguez, 2008).....	37
4.1 Flujograma de la investigación (López y Medori, 2019).....	74
5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Macagua. (CVG Tecmin, C.A., 2.016).....	86
5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz R-A. (CVG Tecmin, C.A., 2.016).....	86
5.3 Detalle de área de captación y códigos de parcelas (López y Medori, 2019).....	87
5.4 Códigos de parcelas y líneas de flujo del área de estudio: Este (amarilla) y Oeste (azul) (López y Medori, 2019).....	88
5.5 Subcuencas del urbanismo (López y Medori, 2019).....	89
5.6 Curvas IDF de la Región Hidrológica II (MOP, 1967).....	90
5.7 Trazado en planta de los siete (7) canales principales(líneas continuas azul oscuro del sistema de drenaje (López y Medori, 2019).....	100
5.8 Perfil longitudinal del canal 6-5-4 derecho de la subcuenca azul (López y Medori, 2019).....	101
5.9 Perfil longitudinal del canal 6-5-4 izquierdo de la subcuenca Azul (López y Medori, 2019).....	102
5.10 Perfil longitudinal del canal 9-8-7 derecho de la subcuenca amarilla (López y Medori, 2019).....	102
5.11 Perfil longitudinal del canal 9-8-7 izquierdo de la subcuenca Amarilla (López y Medori, 2019).....	103
5.12 Perfil longitudinal del canal 12-11-10 derecho de la subcuenca roja (López y Medori, 2019).....	103
5.13 Perfil longitudinal del canal 12-11-10 izquierdo de la subcuenca roja (López y Medori, 2019).....	104
5.14 Perfil longitudinal del canal 15-14-13 derecho de la subcuenca verde	

	(López y Medori, 2019).....	104
6.1	Disposición de los canales respecto a la vialidad.....	107
6.2	Sección transversal rectangular tipo de canales principales y secundarios derecho e izquierdo.....	107

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Velocidades de escurrimiento en laderas. Cobertura Vegetal (V= m/minutos). (Arocha Ravelo, 2012).....	51
3.2 Zonificación y coeficientes de escorrentía (Arocha, 1983).....	54
3.3 Coeficientes de escurrimiento de acuerdo a la zonificación del uso de tierra. (Bolinaga, 1979).....	54
3.4 Factores de incremento de “C” (Bolinaga, 1979).....	55
4.1 Valores de velocidades máximas (Beltran González, 2004).....	80
5.1 Características de las estaciones utilizadas. (INAMEH, 2.016).....	84
5.2 Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1950-2011. (INAMEH, 2.016).....	85
5.3 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia para cada tramo.....	90
5.4 Coeficiente de escorrentía ponderado por parcela	91
5.5 Caudales aportados por parcelas A, B, C y D (López y Medori, 2019)	92
5.6 Caudales aportados por parcelas E, F, G y H (López y Medori, 2019)	93
5.7 Caudales aportados por cada tramo y subcuenca (López y Medori, 2019).....	94
5.8 Caudales conducidos por los canales principales (López y Medori, 2019).....	95
5.9 Capacidad hidráulica de las vías de la urbanización LBF-II (López y Medori, 2019).....	96
5.10 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales principales y secundarios (López y Medori, 2019).....	97

INTRODUCCIÓN

Por definición un canal de drenaje es aquel cuya función principal es eliminar las excedencias de agua que sean captadas en un área en particular y, como en todo canal, el agua se movilizará por efecto de la gravedad estando la superficie libre del fluido en contacto con la atmósfera. Es por ello que este proyecto tiene como finalidad diseñar un sistema de drenaje que conduzca las aguas pluviales mediante canales abiertos revestidos de concreto para evitar daños a las infraestructuras y brindar bienestar y salubridad a los habitantes y usuarios de la urbanización “Jacinto Convit” (LBF-II), ubicada en la población de Los Barrancos de Fajardo, al sur del estado Monagas.

Dentro del término “aguas pluviales” quedan comprendidas no solamente aquellas 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. Para el desarrollo de esta investigación, clasificada como proyecto factible, se aplicará una metodología o estrategia de tipo de campo y documental.

Ante lo mencionado cabe destacar que el agua que cae en forma de lluvia sobre la superficie terrestre se distribuye de tres formas: una parte se evapora por la acción del sol, otra se infiltra en el terreno que recorre y la última, escurre directamente sobre el terreno en busca de una corriente de agua. Es por ello que un buen drenaje facilitaría el traslado de las mismas.

El objetivo primordial o básico es evitar al máximo posible los daños que las aguas puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano. De la misma manera, debe garantizar el normal funcionamiento de la vida diaria en la

población, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante y después de la ocurrencia de precipitaciones.

De igual forma cabe señalar que la investigación se estructura en seis (6) capítulos conformados de la siguiente manera:

Capítulo I. Situación a investigar: se plantea el problema en el cual se analiza la situación que el proyecto pretende mostrar, ubicando así un conjunto de procedimientos para alcanzar los objetivos planteados, referir aquellos motivos por medio de los cuales se refleja la necesidad de llevar a cabo la presente investigación, ubicando todos los puntos considerables relacionados con el tema a desarrollar, demarcando su importancia y trascendencia.

Capítulo II. Generalidades: representa las principales características del área donde se va a llevar a cabo la propuesta para el diseño del sistema de recolección, entre las cuales se encuentran; la ubicación geográfica del área de estudio, las características hidrológicas pertinentes de la zona, una breve reseña del ámbito natural de ésta, la cual abarca; geología, geomorfología, flora, entre otras.

Capítulo III. Marco teórico: incluye los antecedentes de los estudios previos relacionados con el tema, las bases teóricas, así como la definición de términos básicos.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: se muestra el marco metodológico, conformado por el tipo de investigación, diseño de la investigación y la población de estudio y muestra, seguidamente se encuentra las técnicas e instrumentos necesarios para la recolección de la información y el flujograma de la investigación que indica los procesos que se llevarán a cabo para realizar dicha propuesta.

Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: se presentan y examinan los resultados previamente obtenidos mediante los objetivos logrados.

Capítulo VI. La propuesta: expresa detalladamente la propuesta a considerar para la solución de la problemática planteada, basada en el análisis e interpretación de los datos obtenidos a través del proceso de investigación.

Por último, son indicadas las conclusiones y recomendaciones referidas al trabajo realizado.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial es frecuente la presencia de distintos fenómenos climáticos que afectan enormemente a las distintas poblaciones en donde estos se encuentran localizados, debido a ello se puede observar la notoria acumulación de agua en la mayoría de las calles y carreteras de los diferentes países, esto se debe a muchos factores pero principalmente a la falta de drenajes o a un mal mantenimiento de los mismos.

Un problema de la insuficiencia de drenaje urbano se pudo notar en la ciudad de Nueva Orleans, en los Estados Unidos, cuando el huracán Katrina ocasionó, a fines de agosto del 2005, una catastrófica inundación por la dificultad en drenar rápidamente las partes inundadas y la rotura de los diques del río Mississippi que inundaron la ciudad a un nivel más alto, incluso después de haber pasado el huracán. La inundación fue tan severa que ocasionó daños enormes, difíciles de evaluar. La experiencia de dicho huracán parece recomendar que junto a los diques del río debieran haberse construido tuberías que recogieran las aguas en aberturas de los diques a partir de cierto nivel, y las condujeran a la costa, donde desembocarían, limitando así las posibilidades de inundación.

En la actualidad existe una evidente problemática en los sectores urbanizados de las grandes urbes pobladas de Latinoamérica, que han venido creciendo indiscriminadamente sin una planificación ciertamente efectiva, pues en la mayoría de los casos las construcciones de las viviendas no cumplen con las leyes y reglamentaciones indicadas por los organismos establecidos para ella.

En América Latina, el aumento en la frecuencia de precipitaciones de gran intensidad produce inundaciones urbanas que recurrentemente generan pérdidas materiales y humanas, así como cuantiosos daños a la infraestructura de las ciudades que afectan notablemente a las economías nacionales.

Venezuela no es la excepción pues, año tras año ha presentado gran número de déficit de sistemas de drenaje en todos sus estados, aunque debido a su ubicación geográfica no se ha visto tan afectada por los diferentes fenómenos como en otros países, sin embargo se ha podido notar que muchas ciudades han sido dañadas por inundaciones, dejando como consecuencia en las comunidades calles obstruidas, deterioro de la infraestructura residencial pública y privada, incremento de las filtraciones de agua en edificaciones, daño de cloacas locales, proliferación de insectos entre otros.

Hoy en día muchas poblaciones carecen de estructuras de obras hidráulicas; tales como: torrenteras, cunetas, brocales etc. Estas obras son esenciales en el diseño de un urbanismo siempre teniendo en cuenta el crecimiento poblacional futuro del mismo. En Venezuela los sistemas de drenajes suelen ser deficientes por falta de mantenimiento adecuado, puesto que el motivo principal del desborde de los sumideros es la obstrucción de desechos sólidos, que interrumpen el curso de agua a sus desemboques.

El problema de drenajes detiene el mejoramiento de los servicios públicos y básicos, así como también las condiciones o calidad de vida de la comunidad. EL largo periodo que tardan en escurrir la agua de lluvias junto con la inexistencia de drenajes subterráneos, constituyen un factor de suma importancia que agrava la tendencia natural de sufrir inundaciones durante los periodos lluviosos.

Atendiendo a todas las consideraciones expuestas, es que se propone realizar la ingeniería básica de un sistema de drenaje superficial para aguas de lluvia en el urbanismo “Jacinto Convit” (codificado LBF-2) en la población de Los Barrancos de Fajardo, estado Monagas, Venezuela.

Ante las situaciones antes mencionadas surgen las siguientes interrogantes:

¿Cuáles son las características climatológicas en el área de estudio que podrían afectar directa o indirectamente el proyecto?

¿Cuáles son las cuencas o subcuencas que afectarán a la zona de estudio?

¿Cuál es el coeficiente de escurrimiento de las subcuencas que drenarán sus aguas dentro de la urbanización “Jacinto Convit” (LBF-II)?

¿Cuál será el caudal de captación del sistema de drenaje de aguas pluviales?

¿Cómo será el trazado en planta y el trazado longitudinal de los canales de drenaje del sistema de recolección de las aguas de lluvia?

¿Cuáles son los elementos geométricos y dimensionales del sistema de drenaje?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Propuesta de sistema de drenaje superficial de aguas de esorrentía pluvial en el conjunto urbanístico “Jacinto Convit” (codificado LBF-II) en la población de Los Barrancos de Fajardo, estado Monagas, -Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las características pluviométricas del área en estudio.
2. Delimitar las cuencas y sub cuencas de drenaje del área en estudio.
3. Calcular el coeficiente de escurrimiento de la cuenca y subcuencas de drenaje del área en estudio.
4. Determinar el caudal de captación del sistema de drenaje.
5. Definir el trazado en planta y el trazado longitudinal de los componentes del sistema de drenaje.
6. Determinar los elementos geométricos y dimensionales del sistema de drenaje superficial de aguas pluviales

1.3 Justificación de la investigación

El estudiar las precipitaciones pluviales extremas y el dimensionado adecuado para obras civiles pueden garantizar la vida útil de un urbanismo. Con la finalidad de dar seguridad a las poblaciones y demás estructuras, el conocimiento de las lluvias intensas de corta duración, es muy importante para dimensionar el drenaje urbano y rural, de esta manera evitar inundaciones en los centros poblados o cultivos.

Se intenta determinar las causas posibles que pueden originar la problemática que se presentaría en la urbanización proyectada “Jacinto Convit” en la población de Los Barrancos de Fajardo, estado Monagas, Venezuela. Tomando en cuenta, la manera como funciona actualmente el sistema de drenaje de aguas de lluvia, con la

intensión de conducir el diseño de un sistema de drenaje óptimo, funcional y seguro para la población. Facilitando la conducción de las aguas pluviales de forma segura, reduciendo los daños que estas aguas pueden ocasionar.

Muchas obras de ingeniería son directamente influenciadas por los factores climáticos por lo que se destaca la importancia de las precipitaciones pluviales. Deben considerarse principalmente la intensidad de lluvia y duración de la lluvia, tomando en cuenta estas características pueden provocar un gran impacto en la población, por lo que se beneficiara optimizando el estilo y calidad de vida. De manera que ante la presencia de ciclos lluviosos no estarán sometidos a eventualidades que causen daño a la población, permitiendo el libre tránsito de vehículos y personas durante la precipitación.

1.4 Alcance de la investigación

El diseño adecuado para un sistema de drenaje para aguas de lluvia, debe estar constituido principalmente por caracterizar el área de estudio pluviométricamente basándose en los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) durante aproximadamente los últimos 10 años. Con la intención de establecer los parámetros hidráulicos y dimensionales de la zona de captación.

Determinando el caudal de la cuenta y subcuencas para facilitar el área estudio y tener las limitaciones exactas, además de obtener las características físicas, ubicación de sumideros junto con las características hidráulicas y trazado de las tuberías. Con la finalidad de obtener todos los datos necesarios y evaluar el diseño de un sistema de drenaje óptimo, funcional y seguro para la población.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación y acceso al área de estudio

El área inicial para la realización del estudio hidráulico complementario, abarco una superficie aproximada de cien (100) ha, localizada en el Bloque Carabobo de la llamada faja petrolífera del Orinoco, en una zona perteneciente al estado Monagas y en la cual se consideran las unidades hidrográficas cuyos cauces drenen hacia y desde el área de la zona de estudio.

El acceso al área es por la carretera Troncal 10 en sentido Maturín-Chaguaramas. Al llegar al distribuidor Los Pozos, se continua por aproximadamente cinco (5) Km hacia el sur. También se puede lograr el acceso desde Ciudad Guayana, cruzando el río Orinoco en chalana desde San Félix hasta la propia población de Los Barrancos de Fajardo. (Figura 2.1) y (Figura 2.2)



Figura 2.1. Ubicación nacional de Los Barrancos de Fajardo.

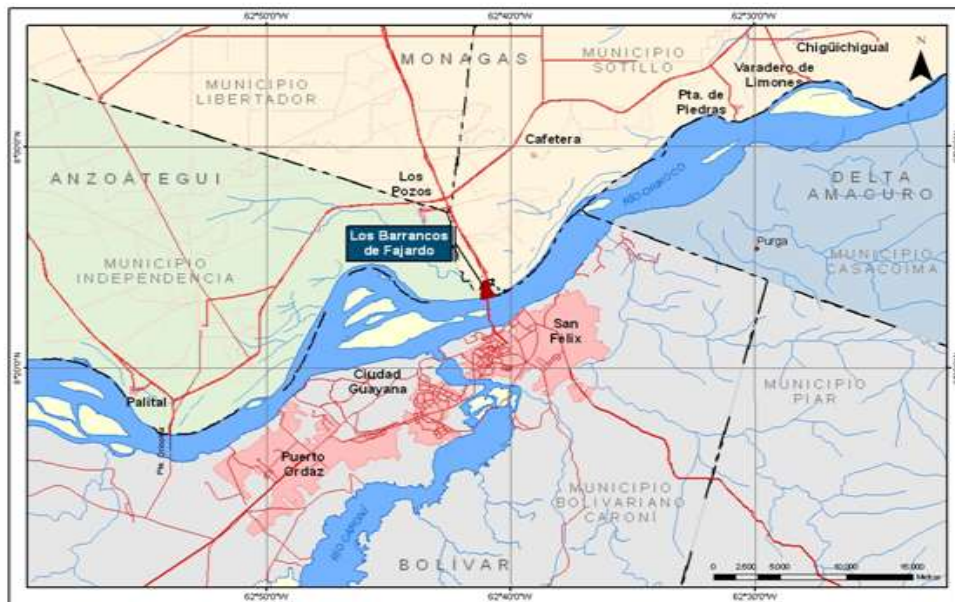


Figura 2.2 Ubicación regional de Los Barrancos de Fajardo. (CVG Tecmin, C.A., 2016).

2.2 Características generales del medio físico y biótico del área

2.2.1 Geología

Geológicamente el área de estudio está constituido por sedimentos formado 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 manifiestan con la presencia de características que dependen de los proceso sobre el que se depositó un manto superficial de sedimentos aluviales.

2.2.2 Geomorfología y suelos

El área de estudio, está limitado por el valle del río Orinoco, bordeado en su límite Sur (margen izquierda) mayormente 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 es ligeramente inclinado, la pendiente de esta unidad geomorfológica está entre 2% y 4%



Figura 2.3 Relieve típico (CVG-Tecmin, 2016).



Figura 2.4 Relieve típico de la zona (CVG-Tecmin, 2016).

El valle del río Orinoco, en particular su llanura de inundación, representa una gran zona de avulsión, en donde la dinámica fluvial genera la ocurrencia de procesos de abandono rápido de canales de ríos o cursos de agua y la formación de nuevos cursos de agua. Este proceso ocurre durante las grandes, prolongadas y frecuentes inundaciones del río Orinoco, por lo general, con la energía suficiente para provocar cambios rápidos y temporales en la morfografía de la llanura aluvial. En muchas ocasiones, los explayamientos de ruptura que se suceden en las posiciones altas o bancos de la llanura aluvial (diques o albardones de orilla), pueden ocasionar el abandono de canales en los cursos de agua que drenan la llanura de inundación.

El área de estudio presenta un potencial morfodinámico que varía entre baja, a moderado, esta clase de potencial corresponde a la superficie plano- ligeramente 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 y potreros, con pendiente entre 2% a 4%.

Por lo que se concluye que la erosión es de tipo escurrimiento difuso, de intensidad ligera y de modalidad generalizada. Sin embargo, el área conformada por el valle del Río Orinoco, se considera una superficie morfodinámicamente activa de significativa inestabilidad por estar afectada anualmente por frecuentes e intensos eventos de inundación, que aportan nuevos sedimentos a la superficie de estas geoformas y construyen gradualmente por socavación geo-formas menores como canales o meandros y lagunas, de configuración variable en el tiempo. Estas áreas plana y suavemente inclinada, han sido intervenidas para la construcción de pequeñas viviendas, fundos y uso pecuario, sobre una formación vegetal de sabana arbustiva.

Los suelos formados en el área, se han desarrollado a partir de sedimentos detríticos que fueron depositados durante el período 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. Estos suelos exhiben un avanzado desarrollo pedogenético (Fotos 3 y 4), debido a los intensos procesos de intemperización, a través de prolongados periodos, 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). (Figura 2.5 – 2.6)



Figura 2.5 Suelos del área de estudio (CVG Tecmin, 2016).



Figura 2.6 Suelos del área de estudio (CVG Tecmin, 2016).

Estos suelos 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.

Con respecto a la textura, esta es arenosa y areno francosa 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. Por último, los suelos de origen aluvial, los cuales poseen un incipiente desarrollo pedogenético, son pocos profundos (< 25 cm), inundable y un nivel freático menos a los 30 cm, de textura franco arcillosa a arcillosa, con colores grises o verdoso.

En general, son suelos imperfectamente drenados, químicamente exhiben pH fuerte a extremadamente ácido, muy baja saturación con bases y muy baja capacidad de intercambio de cationes, condiciones que les confiere una muy baja fertilidad natural.

2.2.3 Vegetación

Las comunidades establecidas en este paisaje son el resultado de factores ecológicos y antrópicas. Así en planicie inundable, producto de reiteradas inundaciones anuales y en una franja, se conformaron albardones de orilla e interiormente, cubetas de desborde y decantación de forma redonda y alargada, depresiones marginales y un síntoma complejo de laguna.

Predominantemente domina las comunidades de porte herbáceo y fisionomía de diferentes fisonomía y composición florística, dependiendo de la disponibilidad de humedad, con individuos arbustivos aislados.

Entre las especies se encuentran. *Cnidoscolus 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. (Figura 2.7)



Figura 2.7 Vegetación dominante del área de estudio (López y Medori, 2019).

2.2.4 Aspectos hidrográficos

En esta etapa se chequearon las características físico-naturales relevantes, tales como: tipo de lecho, régimen de drenaje, vegetación circundante, ancho promedio del cauce y lámina de agua, color aparente, obras de hidráulicas existentes, divisorias reales, toponimia, entre otras.

A continuación se hace una descripción de las características hidrográficas generales del área de influencia del proyecto.

2.2.4.1 Características generales del río Orinoco

El río Orinoco drena una cuenca de $1,1 \times 10^6 \text{ Km}^2$ compartida entre Venezuela y Colombia y tiene una longitud de 2.063 km. Su nacimiento se localiza en el estado Amazonas en la Sierra Parima Cerro Delgado Chalbaud (1.047 msnm) y a partir de la confluencia del Guaviare forma frontera con Colombia hasta la confluencia con el Meta, a partir de la cual separa a los estados Apure, Guárico, Anzoátegui y Monagas a la izquierda, del estado Bolívar a la derecha. Cuando empieza el delta, se abre formando el estado Delta Amacuro, ubicado entre Monagas a la izquierda del Caño Mánamo y por el lado derecho, el estado Bolívar y la Guayana Esequiba (Guyana).

La gran cuenca del Orinoco es la más grande del país, y dentro del territorio nacional ocupa aproximadamente el 70% de esta superficie. El Río Orinoco es drenado en sus dos márgenes; en su margen derecha, depositan todos los ríos correspondientes a la zona de Guayana; es decir, los que cursan por las altiplanicies del macizo, y los correspondientes a las penillanuras, entre los que se encuentran Caroní, Caura, Aro, Pao, Cuchivero y Ventuari esta margen se identifica geográficamente al sur del Río Orinoco. Su otra margen (la izquierda), ubicada al norte del río, recauda las aguas de una gran variedad de ríos, en su mayoría, provenientes de los llanos venezolanos, con algunas excepciones correspondientes a ríos colombianos, en su nacimiento, como lo son por ejemplo, el Meta y el Arauca.

En Venezuela, los ríos que alimentan al río Orinoco por la margen norte se encuentran ubicados a lo largo de los llanos occidentales, centrales, y orientales, entre ellos destacan el Apure con tributarios del Guanare, Portuguesa y Guárico entre otros; el Cinaruco, el Cunaviche, el Capanaparo son ríos de poco caudal en épocas de sequía, pero en las temporadas lluviosas (julio-septiembre) son de gran aporte para el Orinoco.

El río Orinoco tiene una capacidad enorme de variación, que se explica no sólo por los cambios estacionales sino también por efectos derivados de la interacción entre la topografía de fondo, las riberas y la corriente del río, que favorecen o limitan las condiciones de mezcla, así como la re-suspensión o hundimiento de las masas de agua y los sedimentos.

Se caracteriza por poseer una planicie de inundación muy amplia a ambas márgenes, donde el área de la planicie de inundación es mayor en la margen izquierda lo cual se atribuye a la mayor cantidad de sedimentos transportados por los ríos tributarios de la margen izquierda, en comparación con los ríos que drenan del Macizo Guayanés en la margen derecha (Hamilton y Lewis, 1990). En ellas se encuentran lagunas, las cuales están íntimamente ligadas con la dinámica fluvial del río.

Desde el punto de vista hidrológico el canal del río y su plano de inundación se consideran como una unidad, ya que el agua y los sedimentos son comunes para ambas áreas. En los meses de Agosto y Septiembre suele haber una lámina de agua cuasi continua.

Los valores de caudales del río Orinoco tienen relevancia, ya que su dinámica estacional influye sobre el ritmo de diversas actividades económicas, tales como, la agricultura y la pesca, así como los elementos funcionales o relaciones entre las poblaciones que están afectadas por su régimen hídrico.

En la figura 2.7, se muestra el río Orinoco a la altura de la población de Los Barrancos de Fajardo.



Figura 2.8 Río Orinoco (López y Medori, 2019).

2.2.4.2. Laguna Bombeadero

A orillas del amplio cauce del río Orinoco se localiza la planicie de inundación conformada por sedimentos recientes. En ellas se localizan lagunas permanentes, que se remueven por las crecidas periódicas del Orinoco. Entre estas lagunas tenemos: Las Curiaras y Bombeadero. Hacia esta última drena un 22% del área de estudio, que corresponde a 290.752 ha, ya que la carretera Los Barrancos-Los Pozos atraviesa longitudinalmente toda el área y actúa como divisoria de agua. En la figura 2.9 se muestra una panorámica de la laguna Bombeadero.



Figura 2.9 Laguna Bombeadero (CVG Tecmin, 2016).

2.4.4.3. Planicie de inundación del río Los Pozos

La planicie de inundación del río Los Pozos se enmarca a su vez dentro de la gran planicie de inundación del río Orinoco. Hacia este sector escurre más de la mitad del área de la poligonal (57 %); esto es 754.933 ha, que corresponde a la parte centro oriental de la zona, desde la carretera Los Barrancos-Los Pozos, que funge como divisoria de agua.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

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

Benitez y Seijas, (2.013), en su trabajo de grado titulado: **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA CALLE VICTORIA A LA ALTURA DEL BARRIO LIBERTAD, DE LA PARROQUIA AGUA SALADA, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”** plantean como objetivo principal: “Formular una propuesta de un sistema de recolección de aguas pluviales en la calle Victoria del Barrio Libertad parroquia Agua Salada Ciudad Bolívar-Estado Bolívar”, buscando una posible solución a la problemática de inundaciones en zonas urbanas que suelen producirse en épocas de lluvia principalmente en los sectores marginados, como barrios y específicamente como lo es en el Barrio Libertad.

En ese sentido, esta investigación aportará metodológicamente los procedimientos de diseño que en ella se aplicaron y que pueden ser utilizados en el presente estudio.

Blanco, Gladys y De Brito, Roger, (2009), en su tesis de grado titulada **“DISEÑO DE PROGRAMA COMPUTARIZADO PARA EL ESTUDIO DE CANALES ABIERTOS. UNIVERSIDAD DE ORIENTE. CIUDAD BOLÍVAR.**

VENEZUELA”, evaluaron y diseñaron un programa para la construcción de canales abierto por el método de tablas. Siguieron un tipo de investigación proyectiva y un diseño de tipo aplicada, debido a que la creación del programa constituye una solución al problema planteado y da respuesta a sus objetivos. Como conclusión resultaron cuarenta y cuatro algoritmos que varían según el procedimiento de cálculos, ya sea para canales revestidos, para canales revestidos con cobertura vegetal, y para canales no revestidos, utilizaron un lenguaje de programación llamado Microsoft Visual Basic y un manejador de base de datos conocido como Microsoft Access; ambos permiten una gestión eficiente y rápida de los datos. Cabe destacar que utilizaron un ejemplo físico, tomando el canal revestido de la urbanización Vista Hermosa para verificar la eficiencia del programa. Este trabajo es relevante para el presente por el tipo de investigación que presenta la metodología en el desarrollo del proyecto.

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

Morales y Ontón (2010) en su trabajo de grado titulado **“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES ADYACENTES AL CANAL DE CINTURA EXISTENTE DESDE LA PROGRESIVA 1+235 HASTA LA 2+554 EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO**

BOLÍVAR”. Concluyeron que en las curvas I.D.F fueron posibles representar lluvias de duraciones inferiores a 1 h, a pesar de que fueron elaboradas con datos de precipitaciones superiores a 1h (1,3,6,9,12 y 24)h, esto se debe a los métodos estadísticos aplicables a la hidrología, como fueron los métodos gráfico y analítico. La investigación antes mencionada se vincula con nuestro estudio debido a que proporciona conocimientos acerca de los sistemas de drenajes de aguas pluviales y las posibles consecuencias que pueden presentarse si no se le realiza un mantenimiento constante evitando la acumulación de desperdicios dentro de ellos.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Hidrología urbana

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

3.2.2 Sistemas de drenaje

Se entenderá por sistema de drenaje un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar en la medida de lo posible que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana, es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos. Dentro del término “aguas pluviales” quedan comprendidas no solamente las aguas originadas por las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que provienen de otros sectores y discurren a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie.

3.2.3 Acciones del sistema de drenaje urbano

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

3.2.4 Objetivos de un sistema de drenaje

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

3.2.5 Tipos de drenaje

3.2.5.1 Drenaje superficial

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

3.2.5.2 Drenaje secundario

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

3.2.5.3 Drenaje primario:

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

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

3.2.6 Variables hidrometeorológicas

3.2.6.1 Caudal

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,...) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Generalmente se mide en m^3/s , y es directamente influenciado por:

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

3.2.6.2 Evaporación

Se define como el proceso mediante el cual se convierte el agua líquida en un estado gaseoso. La evaporación puede ocurrir solamente cuando el agua está disponible. También se requiere que la humedad de la atmósfera ser menor que la superficie de evaporación (a 100% de humedad relativa no hay evaporación).

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

- a. El viento.

- b. La temperatura del agua y del aire.
- c. La humedad del aire.

3.2.6.3 Evapotranspiración

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

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

3.2.6.4 Precipitación

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la .única entrada principal al sistema hidrológico continental. Para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. Generalmente se expresa en mm, y es directamente influenciada por:

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

3.2.6.5 Humedad.

La cantidad de vapor de agua presente en el aire, se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura.

La humedad del aire es un factor que sirve para evaluar la comodidad térmica del cuerpo vivo que se mueve en cierto ambiente. Sirve para evaluar la capacidad del aire para evaporar la humedad de la piel, debida a la transpiración fundamentalmente.

También es importante, tanto la del aire, como la de la tierra, para el desarrollo de las plantas. Generalmente se expresa en %, y es directamente influenciada por:

- a. La temperatura.
- b. La radiación solar.
- c. El viento.

- d. La disponibilidad de humedad en el suelo.
- e. El tipo de vegetación.
- f. La proximidad o no de grandes superficies líquidas como el mar o lagos.

3.2.6.6 Temperatura

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

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

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

3.2.6.7 Radiación solar

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

Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la radiación solar.

3.2.6.8 Viento

El viento es el flujo de gases a gran escala. En la Tierra, el viento es el movimiento en masa del aire en la atmósfera en movimiento horizontal.

Generalmente se expresa en km/h, y es directamente influenciada por: presencia de frentes.

3.2.6.9 Presión Atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. La presión atmosférica en un punto coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera.

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

3.2.6.10 Transpiración

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

3.2.6.11 Nubes

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

3.2.6.12 Neblina

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

3.2.6.13 Interceptación

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

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

3.2.7 Canales abiertos

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

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

Los canales artificiales son aquellos contruidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras etc., así como canales de modelos de laboratorio con propósitos experimentales; las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados.

La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirán, por tanto, resultados bastantes similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseños.

3.2.8 Tipos de canales abiertos

Los canales abiertos pueden ser clasificados como naturales o artificiales. La terminología de canal natural se refiere a todos los canales que han sido desarrollados por procesos naturales y que no han tenido una mejoría significativa por parte de los humanos. Dentro de esta categoría están los riachuelos, grandes y pequeños ríos y los estuarios.

La teoría de canales artificiales incluye todos los canales que han sido desarrollados por el esfuerzo humano. Dentro de esta categoría están los canales de navegación, canales de fuerza e irrigación, cunetas y asequias de drenaje. En este caso, se van a desarrollar los tipos de canales abiertos artificiales, dentro de la amplia categoría los canales abiertos tienen la siguiente subdivisión:

3.2.8.1 Prismáticos

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

3.2.8.2 Canal:

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

3.2.8.3 Medidor de régimen crítico:

En la práctica el término medidor de régimen crítico se refiere a un canal construido sobre la superficie del terreno para conducir un flujo a través de una depresión. Estos medidores usualmente se construyen de madera, metal, mampostería o concreto. El término medidor de régimen crítico es también aplicado a canales construidos en el laboratorio para estudios básicos y de aplicación.

3.2.8.4 Caída y disipadores

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

3.2.8.5 Alcantarilla:

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

3.2.9 Tipos de flujo en canales

3.2.9.1 Flujo permanente

Un flujo permanente es aquel en el que las propiedades fluidas, son constantes en el tiempo, a pesar de que las mismas no lo sean en el espacio.

Las características de este tipo de flujo se pueden describir como: Velocidad (V), Caudal (Q), y Calado (h), estas son independientes del tiempo, pero podrían variar a lo largo del canal.

3.2.9.2 Flujo transitorio o no permanente

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

3.2.9.3 Flujo Uniforme

Este es el que se da en un canal recto, cuya sección es de pendiente constante, y se encuentra a una distancia considerable de los puntos en que se realizan las mudanzas de sección transversal, puede ser

3.2.9.4 Flujo gradualmente variado

Es cuando la profundidad de flujo cambia a través de la longitud del canal. Este puede ser permanente o no permanente. Se clasifica en rápidamente variado o gradualmente variado, dependiendo de la profundidad del agua.

3.2.9.5 Flujo subcrítico o flujo lento

Es el nivel efectivo del agua en una determinada sección.

3.2.9.6 Flujo Crítico

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

3.2.9.7 Flujo Supercrítico

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

3.2.10 Estados del flujo

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

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

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

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

Entre los estados laminar y turbulento de la corriente, hay un estado mixto o estado de transición. El efecto de viscosidad relativo al de inercia puede representarse por el número de Reynolds. En la mayor parte de los canales abiertos el

flujo laminar ocurre muy raramente. En efecto, el hecho de que la superficie de una corriente parezca lisa y tersa para un observador no es en ningún modo una indicación de que el flujo sea laminar; más probablemente, ello indica que la velocidad de la superficie es más baja que la requerida para que se formen ondas capilares.

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

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

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

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

3.2.11 Distribución de velocidades en canales

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

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

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

3.2.12 Geometría de canal

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

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

Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras geométricas regulares. La tabla 1 relaciona seis formas geométricas utilizadas comúnmente. El trapecio es la forma más común para canales con banquetas en tierra sin recubrimiento, debido a que proveen las pendientes necesarias para estabilidad. El rectángulo y el triángulo son casos especiales del trapecio. Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos con materiales estables, como mampostería, roca, metal o madera. La sección triangular solo se utiliza para pequeñas acequias, cunetas a lo largo de carreteras y trabajos de laboratorio. El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas (culverts) de tamaños pequeños y medianos. La parábola se utiliza como una aproximación a secciones de canales naturales de tamaños pequeño y mediano. El rectángulo con esquinas redondeadas es una modificación del rectángulo. El triángulo con fondo redondeado es una aproximación de la parábola; esta es la forma creada a menudo con la utilización de excavadoras.

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

Una sección geométrica especial, conocida como lintearia, es la forma de la sección transversal de un canal compuesto por hojas flexibles que se suponen de peso insignificante, lleno con agua hasta la parte superior de la sección y firmemente soportado en los extremos superiores de los lados pero sin efecto de fijación.

La catenaria hidrostática ha sido utilizada para diseño de algunas canaletas elevadas de irrigación. Estas canaletas se construyen utilizando laminas metálicas tan delgadas, que su peso es insignificante, las cuales se unen firmemente a vigas en los extremos superiores.

3.2.13 Elementos geométricos de una sección de canal

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

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

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

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

Dónde:

R: Radio Hidráulico.

A: Área mojada.

P: Perímetro mojado.

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

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

Dónde:

D: Profundidad hidráulica.

A: Área mojada.

T: Ancho superficial.

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

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

Dónde:

Z: Factor sección.

A: Área mojada.

D: Profundidad hidráulica.

La profundidad de flujo, y , es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre, y esta se determina a partir de

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

3.2.14 Ecuaciones fundamentales que rigen el flujo de un canal

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

$$\mathbf{u} = \bar{\mathbf{u}} + \mathbf{u}' \qquad \mathbf{v} = \bar{\mathbf{v}} + \mathbf{v}' \qquad \mathbf{w} = \bar{\mathbf{w}} + \mathbf{w}' \qquad (3.4)$$

Nota: Las velocidades promedio utilizadas arriba pueden ser determinadas promediando sobre el tiempo en un punto en el espacio o sobre un área horizontal a un punto en el tiempo. Desde este punto y en adelante, las estadísticas pertinentes se definirán únicamente en la dirección x con el entendimiento tácito de que estas

definiciones se aplican también a las dos direcciones remanentes de las coordenadas cartesianas. La velocidad de tiempo promedio es definida como:

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

Dónde:

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

La velocidad promedio espacialmente es dada por:

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

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

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

Los parámetros estadísticos de interés son:

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

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

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

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

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

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

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

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

Dónde:

H: Energía específica.

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

p: Presión.

γ : Peso específico del fluido.

p/γ : Carga de presión.

u: Velocidad de la línea de corriente.

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

g: Aceleración local de la gravedad.

La suma $z + (p/\gamma)$ define la elevación de la línea de gradiente hidráulico sobre el plano de referencia; en general, el valor de esta suma varía de punto a punto a lo largo

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

$$F_s = a_s \delta m \quad (3.12)$$

O de igual manera

$$\rho a_s \delta A \delta s = p \delta A - \left(p + \frac{\partial p}{\partial s} \delta s \right) \delta A - \rho g \delta A \delta s \cos \theta \quad (3.13)$$

Dónde:

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

Simplificando esta ecuación tenemos:

$$\frac{\partial p}{\partial s} + \rho g \frac{\partial z}{\partial s} + \rho a_s = 0 \quad (3.14)$$

Y notamos que

$$\frac{\partial z}{\partial s} = \cos \theta \quad (3.15)$$

Produce

$$\frac{\partial}{\partial s}(\mathbf{p} + \gamma \mathbf{z}) + \rho \mathbf{a}_s = \mathbf{0} \quad (3.16)$$

La ecuación (3.16) es conocida como la ecuación de Euler de movimiento a lo largo de una línea de corriente. Si $\mathbf{a}_s = \mathbf{0}$, la ecuación (3.16) puede ser integrada para obtener la ley hidrostática; i.e., la presión varía en forma lineal con respecto a la profundidad.

Las implicaciones de la ecuación (3.16) en el flujo de canales abiertos son significativas. Primero, se ignoran fluctuaciones menores producidas por la turbulencia y las líneas de corriente no tienen componentes de aceleración en el plano de la sección transversal, i.e., las líneas de corriente no tienen curvatura sustancial ni divergencia, entonces el flujo se denomina paralelo y prevalece una distribución de presión hidrostática. En la práctica, muchos flujos uniformes y flujos gradualmente variados pueden ser considerados como flujos paralelos con distribuciones de presiones hidrostáticas en donde la divergencia y curvatura de las líneas de corriente son despreciables. En un flujo paralelo, la suma $z + p/\gamma$ es constante e igual al tirante del flujo y, si el plano de referencia es tomado como el fondo del canal. Entonces, por definición, la energía específica de un flujo en el canal abierto relativo al fondo del canal es:

$$E = y + \alpha \frac{\overline{u^2}}{2g} \quad (3.17)$$

Dónde:

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

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

La suposición inherente en la ecuación (13) es que la pendiente del canal es pequeña, o $\cos \theta \simeq 1$, y $y \simeq d \cos \theta$. En general, si $\theta < 10^\circ$ ó $S < 0.018$ donde S es la pendiente del canal, la ecuación (13) es válida.

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

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

$$c = \frac{y}{g} \frac{\overline{u^2}}{r} \quad (3.18)$$

Dónde:

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

$$p = y \pm \frac{y}{g} \frac{\overline{u^2}}{r} \quad (3.19)$$

Dónde:

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

$$\alpha' = 1 + \frac{1}{Qy} \iint_A cu \, dA \quad (3.20)$$

Dónde:

Q: Gasto total.

dA: Un incremento de área.

Entonces, $\alpha' > 1$ para flujo cóncavo, $\alpha' = 1$ para flujo paralelo, y $\alpha' < 1$ para flujo convexo. Para flujos curvilíneos complejos, la distribución de presiones puede estimarse a partir de mallas o redes de flujo o con pruebas de modelos.

3.2.14.1 Estimación de gastos máximos. Método Racional

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

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

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

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

$$Q = \frac{C.i.A}{360} \quad (3.21)$$

Dónde:

Q : Gasto máximo en m³/seg.

C : Coeficiente de escorrentía.

A : Área tributaria en hectáreas.

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

La fórmula también puede ser expresada de la siguiente forma:

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (3.19)$$

Dónde:

Q : Gasto máximo en litros/seg.

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

A : Área tributaria en hectáreas.

C : Coeficiente de escorrentía.

El método tiene una serie de limitaciones a saber:

1. La lluvia es uniforme en el tiempo; es decir, su intensidad es constante, lo cual, en la práctica, es solo verdad para duraciones muy cortas.

2. La lluvia es uniforme en el espacio; es decir, tiene la intensidad al mismo tiempo sobre toda el área tributaria. Esto es prácticamente 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 esorrentía es constante, lo cual es solo cierto para áreas impermeables.

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

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

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

El tiempo de escurrimiento, que es el tiempo que tarda la partícula más alejada en escurrir sobre la superficie (t_e).

El tiempo de traslado que tomara el caudal, en desplazarse en una longitud de colector comprendida entre dos captaciones consecutivas (t_t).

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

escurrir en laderas puede estimarse en base a las velocidades recomendadas en el Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas.

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

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

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

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

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

Dónde:

L: Longitud del cauce más largo, en metros.

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

En el caso de cunetas rurales, tal determinación se hace basada en medidas hechas directamente sobre el terreno, determinando la mayor distancia o recorrido de

la partícula más alejada o bien por mediciones hechas en planos topográficos. En este sentido el Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas (MOP) presenta la figura 3.1.

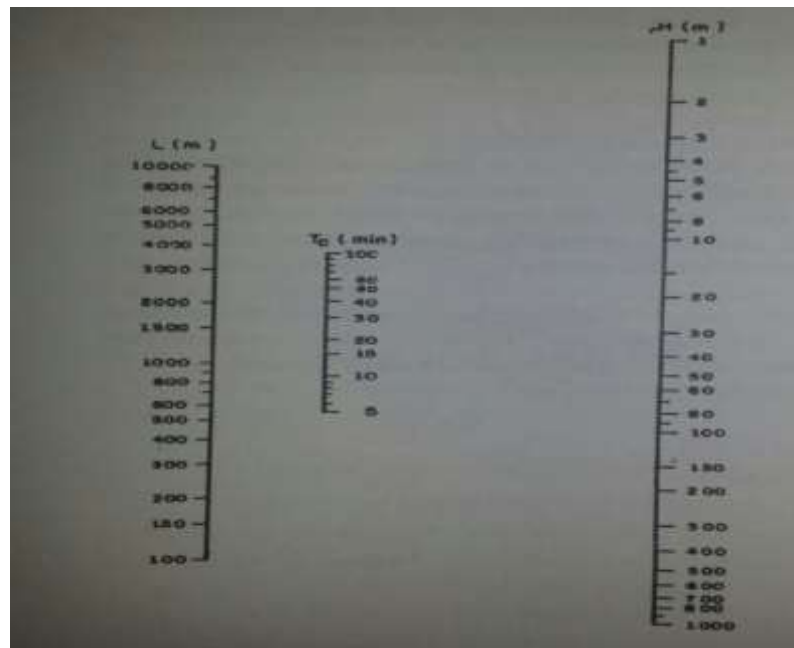


Figura 3.1. Abaco para estimación del tiempo de concentración en cuencas rurales (Arocha, 2012)

3.2.14.2 Coeficiente de escurrimiento

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

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

Una forma de visualizar el significado del Coeficiente de Escorrentía es tratarlo en términos de porcentaje de lluvia. Por ejemplo, un Coeficiente de Escorrentía de 0,85 conduciría a pensar en una escorrentía que representa el 85% de la lluvia total asociada. Dicho de otra forma, por cada 100 litros por metro cuadrado precipitados en una Cuenca Hidrográfica, 85 litros por metro cuadrado se convertirán en flujo superficial.

Los coeficientes de escorrentía recomendados por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, ofrece valores para usos indicativos de la tierra y para tipos de superficie. Se calcularon valores de C adaptados a los usos de tierras comunes en Venezuela (tipo de zonificación), de acuerdo a planes de desarrollo urbano; estos valores provienen de un cálculo de las superficies impermeables y no impermeables de cada tipo de uso, utilizando los valores de tabla 3.2 para valores de C de cada tipo de superficies, se ha tratado de simplificar la selección del coeficiente.

La selección del coeficiente C para uso multifamiliar, industrial y comercial depende fundamentalmente del grado de ocupación con superficies impermeables y no impermeables y no de la pendiente del terreno.

Tabla 3.2. Coeficiente de escurrimiento (Bolinaga, 1979)

TIPO DE ÁREA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO “C”
a) Comercial	
Centro de la Ciudad	0.70 a 0.95
Alrededores	0.50 a 0.70
b) Residencial	
Unifamiliar	0.30 a 0.50
Multifamiliar separado	0.40 a 0.60
Multifamiliar agrupado	0.60 a 0.75
Sub-Urbana	0.25 a 0.40
c) Industrial	
Liviana	0.50 a 0.80
Pesada	0.60 a 0.90
d) Otros	
Parques y cementerios	0.10 a 0.25
Parques para juegos	0.20 a 0.35
TIPO DE SUPERFICIE	VALORES DE “C”
a) Pavimentos	
Asfalto o concreto	0.70 a 0.95
Ladrillo	0.70 a 0.85
b) Techos y azoteas	0.70 a 0.95
c) Caminos de grava	0.30
d) Áreas de suelo arenoso	
Llanas (2%)	0.05 a 0.10
Medianas (2 a 7%)	0.10 a 0.15
Inclinadas (7% o más)	0.15 a 0.20
e) Áreas de suelo pesado	
Llanas (2%)	0.13 a 0.17
Medianas (2 a 7%)	0.18 a 0.22
Inclinadas (7% o más)	0.25 a 0.35

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

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

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

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

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

Los coeficientes de las tablas (anteriores) deben modificarse de acuerdo al grado de protección. La tabla 3.4 muestra el factor por el cual podrían ser multiplicados los referidos coeficientes, para hallar el coeficiente final de acuerdo al criterio anterior.

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

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

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

3.2.14.3 Curvas Intensidad, duración y frecuencia.

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

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

❖ **Intensidad**

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

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

❖ **Probabilidad de excedencia**

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

hidrología, está la determinación de la probabilidad o del período de recurrencia de determinado suceso.

❖ Frecuencia

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

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

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

3.2.14.4 Área de captación y cuenca de drenaje.

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

Según Bastidas, una cuenca es una unidad de territorio que capta la precipitación, transita el escurrimiento y la esorrentía, hasta un punto de salida en el

cauce principal o igualmente, es un área delimitada por una divisoria topográfica que drena a un drenaje común.

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

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

Dónde:

A: Área de captación, m².

a: Ancho de la casa en metros.

b: Largo de la casa en metros.

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

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

Dónde:

A_{ec} : Es el área de captación necesaria para abastecer la demanda de agua a una familia o comunidad, en m².

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

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

3.2.14.5 Determinación de la capacidad hidráulica de una vía

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

$$V = \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \frac{I^{0,5}}{n} \quad (3. 23)$$

Dónde:

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

A = Área de la sección del flujo en m².

P = Perímetro mojado, en metros.

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

n = Coeficiente de rugosidad de la superficie.

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

1. Capacidad de diseño para tormentas menores.

Estas capacidades teóricas de las calles se entregan como referencia, sin embargo la capacidad real deberá estimarse con las condiciones geométricas de terreno, considerando además que ella se ve afectada por la existencia de

singularidades como badenes, lomos de toro, accesos vehiculares, encuentros de calles, reparaciones, vehículos estacionados, etc.

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

2. Capacidad máxima

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

3.2.15 Trazado de canales abiertos

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

1. Fotografías aéreas, imágenes satelitales, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.
2. Planos topográficos y catastrales.
3. Estudios geológicos, salinidad, suelos y demás información que pueda conjugarse en el trazo de canales.

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

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

3.2.15.1 Reconocimiento del terreno

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

3.2.15.2 Trazo preliminar

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

3.2.15.3 Trazo definitivo

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

recomienda escala de 1:500, terrenos con pendiente transversal menor a 25% se recomienda escalas de 1:1000 a 1:2000.

3.2.16 Simulación de los niveles del agua en canales abiertos

3.2.16.1 Programa HEC RAS.

Es modelo de dominio público desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers), surge como evolución del conocido y ampliamente utilizado HEC-2, con varias mejoras con respecto a éste, entre las que destaca la interface gráfica de usuario que facilita las labores de pre-proceso y post-proceso, así como la posibilidad de intercambio de datos con el sistema de información geográfica ArcGIS mediante HEC-GeoRAS. El modelo numérico incluido en este programa permite realizar análisis del flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre.

Características técnicas:

- a. Cálculo hidráulico de estructuras (puentes, aliviaderos, alcantarillas, etc.).
- b. Visualización gráfica de datos y resultados.
- c. Edición gráfica de secciones.
- d. Ejecutable en entorno Microsoft Windows.

Para el funcionamiento de HEC-RAS debemos aportar dos tipos de datos: Geométricos y de caudales.

Los datos geométricos fundamentales son diversas secciones transversales a lo largo del cauce o cauces considerados. Dichas secciones se introducen mediante la cota de varios puntos; de este modo, mediante la cota de dos secciones contiguas, separadas por una distancia conocida, el modelo calcula la pendiente de ese tramo. El caudal puede ser un solo valor constante o bien un caudal variable en el tiempo.

Aplicaciones:

Modelación hidráulica en régimen permanente de cauces abiertos, ríos y canales artificiales.

Fases de trabajo.

1. Creación de un nuevo proyecto.
2. Datos geométricos.
3. Datos de caudales y condiciones de contorno.
3. Cálculo y observación de los resultados.

3.3 Bases legales

3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Capítulo IX

De los Derechos Ambientales

Artículo 127. Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, genética, 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 bioéticos regulará la materia.

Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

3.3.2 Ley de aguas (Gaceta oficial No 35595 del 02/01/2007)

Artículo 4.- La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

1. Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.

2. Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

Artículo 14.- La prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de:

1. Los planes de gestión integral de las aguas; así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos socio naturales y cronológicos en la sociedad.

2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias.

3.4 Definición de términos básicos.

1. **Acequias:** Zanjas por donde se conducen las aguas. (Gustavo de Elorza Martínez, 2008).

2. **Aguas pluviales:** son las aguas productos de la lluvia o precipitación que escurren sobre la superficie del terreno. (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

3. **Cauce:** lecho de los ríos y arroyos. Conducto descubierto o acequias por donde corren las aguas de riego o residuales. (Gustavo de Elorza Martínez, 2008)

4. **Caudal:** volumen de agua que pasa por un punto (sección de un área), en un intervalo de tiempo. Las unidades más usadas para medir caudal son metros cúbicos por segundo (m^3/s) y litros por segundo (LPS). (Bolinaga, 1979).

5. **Clima:** es el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan una región. Estos valores promedio se obtienen con la recopilación de la información meteorológica durante un periodo de tiempo suficientemente largo. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una

localidad concreta se habla de clima global, zonal, regional o local (microclima), respectivamente. (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

6. **Cuenca:** es un concepto geográfico e hidrológico que se refiere 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 esta 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 cuenta endorreica. Normalmente la corriente principal es la que define el nombre de la cuenca. (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

7. **Drenaje superficial:** se define como un conjunto de obras destinadas a la recogida de las aguas pluviales, su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática de terreno. (Bolinaga, 1979).

8. **Drenaje transversal:** es aquel que permite el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura viaria, de forma que no se produzcan destrozos en esta última. Comprende pequeñas y grandes obras de paso, como puentes y viaductos. (Bolinaga, 1979).

9. **Escurrimiento:** es la parte de la precipitación que fluye por gravedad por la superficie del terreno (escurrimiento superficial) o por el interior del mismo hasta aparecer en una corriente de agua. El escurrimiento superficial es una función de la intensidad y duración de la precipitación, permeabilidad de la superficie del suelo, tipo y extensión de la vegetación, área de la cuenca de captación, geometría de los cauces, profundidad de la superficie freática, pendiente del terreno, etc. (Guadalupe de la Lanza Espino, Carlos Cáceres, Salvador Adame, 1999).

10. **Fluido:** material que ofrece poca o ninguna resistencia a las fuerzas que tienden a cambiar la forma. (Guadalupe de la Lanza Espino, Carlos Cáceres, Salvador Adame, 1999).

11. **Flujo:** movimiento de un fluido. (Guadalupe de la Lanza Espino, Carlos Cáceres, Salvador Adame, 1999).

12. **Hidráulica:** se define como la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas. (Bolinaga, 1979).

13. **Numero de Reynolds:** el número de Reynolds (Re) es un parámetro adimensional cuyo valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento. El número de Reynolds depende de la velocidad del fluido, del diámetro de tubería, o diámetro equivalente si la conducción no es circular, y de la viscosidad cinemática o en su defecto densidad y viscosidad dinámica. (Chow, 1994). En una tubería circular se considera: a) $Re < 2300$ El flujo sigue un comportamiento laminar, b) $2300 < Re < 4000$ Zona de transición de laminar a turbulento y c) $Re > 4000$ El fluido es turbulento.

14. **Número de Froude:** el número de Froude es un número adimensional definido como la relación de una velocidad característica a una velocidad de la onda gravitatoria. Se puede equivalentemente definir como la relación de inercia de un cuerpo a las fuerzas gravitatorias (Relaciona el efecto de las fuerzas de inercia con las fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido). En la mecánica de fluidos, el número de Froude se usa para determinar la resistencia de un objeto parcialmente sumergido en movimiento a través del agua, y permite la comparación de objetos de

diferentes tamaños. Este tipo de número recibe este nombre, en honor al ingeniero inglés William Froude. Cuando el número de Froude se encuentra en canales abiertos informa sobre el estado del flujo hidráulico. (Mohammed, 2014).

15. **Pendiente:** podríamos definir la pendiente del terreno en un punto dado como el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. Es, en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo. En lugar de expresarla como un ángulo, es más interesante representar la pendiente del terreno como un valor de tanto por ciento. Esto se obtiene multiplicando por 100 la tangente del ángulo que define el desnivel del suelo. (Anónimo).

16. **Régimen:** se refiere a la variabilidad que tiene el flujo de agua. (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

17. **Superficie:** extensión en que solo se consideran dos dimensiones, longitud y latitud. (Gustavo de Elorza Martínez, 2008).

18. **Topografía:** es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. (Carciente J, 1981).

19. **Volumen:** el volumen como magnitud es entendido como el espacio que ocupa un cuerpo. La misma posee tres dimensiones, alto, ancho y largo. Según el Sistema Internacional de Unidades, el volumen es representado por el metro cúbico. En la vida cotidiana el litro también puede ser considerado como una unidad del volumen. (Anónimo).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

La investigación será de proyecto factible o investigación proyectiva, por cuanto se diagnostica, se definen y describen los hechos para planificar las acciones y poder sanear hidráulicamente. La misma cuenta con todos los instrumentos y datos necesarios para ser llevada a cabo y dará soluciones a una problemática planteada.

Según Balestrini, M. (2002), “los proyectos factibles son aquellos estudios o investigaciones que proponen la formulación de modelos, sistemas, entre otros, que dan soluciones a una realidad o problemática planteada, la cual fue sometida con anterioridad a estudios de las necesidades a satisfacer”. (p. 9)

La investigación según su propósito será Aplicada, ya que ésta busca la solución de problemas de índole importante para la mejora de calidad de vida de la sociedad con el fin de evitar cualquier tipo de problemas que les generen inconvenientes a los habitantes del urbanismo.

Para Tamayo y Tamayo (2006), “la forma de investigación aplicada se le denomina también activa o dinámica, se encuentra íntimamente ligada a la pura ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos; es el estudio o aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias o características concretas; esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no a el desarrollo de teorías”. (La investigación, p. 71)

4.2 Diseño de investigación

4.2.1 Investigación de campo

Se considera una investigación de campo, dado que es preciso que la información sea recopilada de datos tomados directamente del lugar donde ocurren los hechos en observación.

Según Arias, F. (2012), “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos 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. De allí su carates de investigación no experimental. Claro está, en una investigación de campo también se emplea datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo, lo esenciales para el logro de los objetivos y la solución del problema planteado”. (p. 31)

4.2.2 Investigación documental

Esta investigación es documental, puesto que la información derivó de fuentes primarias a través de la aplicación de entrevistas con especialistas en el área, y por medio de la revisión de datos contenidos en libros, tesis de grado y todo material bibliográfico que esté relacionado con el estudio a realizar.

Para Arias, F. (2006), una investigación documental es: “Aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”. (p. 49)

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

En el presente caso se considerará como población de la investigación toda la superficie de la urbanización “Jacinto Convit” (LBF-II) susceptible de captar aguas pluviales.

Según lo señalado por Balestrini, M. (2002), se llama población “Un conjunto finito o infinito de personas, cosas o elementos que presentan características comunes y para el cual serán validadas las conclusiones obtenidas en la investigación”. (p. 137)

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra de la investigación es considerada no probabilística y será de igual tamaño que la población por disponer esta de dimensiones finitas y mensurables.

Chávez (1994), define la muestra como “Una porción representativa de la población, que permite generalizar sobre ésta los resultados de una investigación”. (p. 164)

Hernández, Fernández y Baptista (1994), expresan “La muestra es, en esencia un subgrupo de la población. Digamos que es un subgrupo de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. (p. 212)

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos pueden considerarse como la forma o procedimiento que utiliza el investigador para recolectar la información necesaria en el diseño de la investigación.

Así lo expresa Arias, F. (2006), “Son las distintas formas o maneras de obtener la información”. (p. 53)

Dada la naturaleza de esta investigación, y en función de los datos que se requerían, las técnicas que se utilizaron fueron:

4.4.1.1 Revisión documental

Para esta investigación se llevó a cabo la consulta de textos asociados, los cuales están representados por normativas, leyes, reglamentos y decretos, e información bibliográfica, etc., dado que son fuentes de información confiable y viable para el logro de los objetivos trazados durante el desarrollo de la investigación.

Según Arias, F. (2006), “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por los otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos”. (p. 27)

4.4.1.2 Observación directa

La observación directa consiste en el estudio de la situación en el mismo momento de su ocurrencia, mediante el uso de sus sentidos, el investigador deberá someter el resultado de estas observaciones a su interpretación y análisis para poder formular el problema planteado.

Conforme a Arias, F. (2006), define: “la observación, es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (p. 69)

Según Hurtado (2008), la observación directa constituye un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información, para el cual el investigador se apoya en sus sentidos”. (p. 459)

4.4.1.3 Entrevistas no estructuradas

Según Sabino, C. (1992): “De un modo general, una entrevista no estructurada o no formalizada es aquella en que existe un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas”. (p. 118)

Mediante esta técnica es posible captar información importante basada en la experiencia y conocimiento del entrevistado. La aplicación de la misma dentro de esta investigación implica la realización de preguntas orales sin una estructura definida al personal involucrado y conocedor del tema. Estas entrevistas no estructuradas serán hechas a los habitantes del área donde se construirá el urbanismo Jacinto Convit, con la finalidad de verificar el comportamiento de las aguas de escorrentía en la zona de estudio.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se sirvieron de ayuda a la presente investigación fueron los siguientes: a) calculadora, b) computadora portátil, c) cámara fotográfica, d) GPS, e) internet e imágenes satelitales de la zona, f) cuaderno de notas, g) pendrives h) textos relacionados a el estudio expuesto.

4.5 Flujoograma de la metodología de trabajo

Se presenta a continuación un flujoograma típico para el desarrollo de una investigación cuyo objeto principal sea el de desarrollar un sistema de drenaje de aguas de lluvia basado en canales superficiales para un urbanismo. (Figura 4.1)

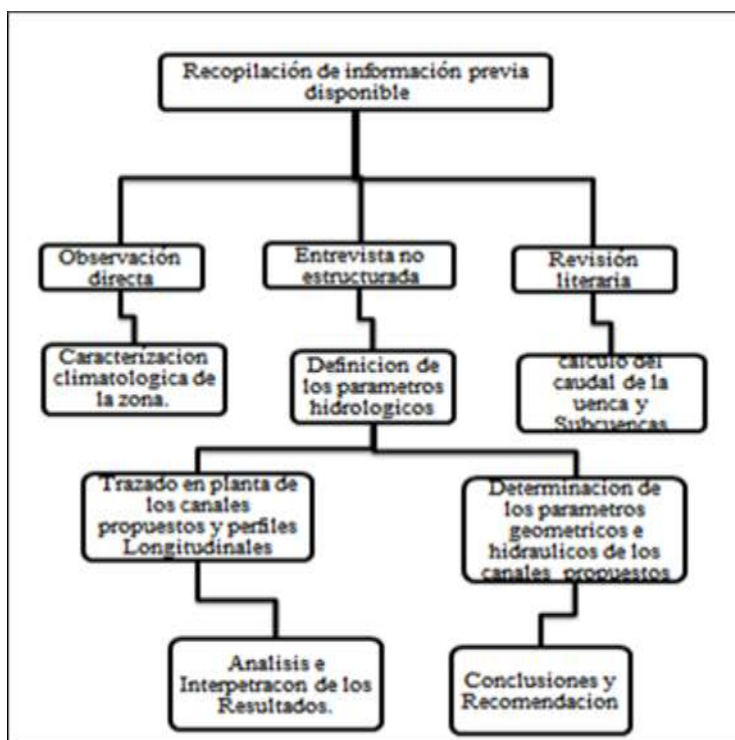


Figura 4.1 Flujoograma de la investigación.

4.6 Descripción de la metodología de trabajo

La propuesta de un sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en el conjunto urbanístico Jacinto Convit (codificado LBF-2), estado Monagas, Venezuela, se llevará a cabo, siguiendo la metodología que mejor se ajusta al logro de los objetivos propuestos; cumpliendo a su vez, con la secuencia de trabajo definida por la figura 4.1, donde se reflejan las diversas etapas involucradas en el desarrollo de la investigación.

4.6.1 Recolección de información

Se basa en la búsqueda de información relacionada con la investigación, de manera de ampliar los conocimientos partiendo de fuentes bibliográficas como libros, planos, trabajos de investigación, entre otros, para proceder a la selección del tema de estudio enmarcándose en la problemática de mayor índole en hidráulica de canales como lo es la construcción de sistemas de drenajes que sirvan para captar aguas de lluvias y transportarlas a puntos de descargas a fin de brindarle bienestar a una determinada población. Al definir el tema de estudio se establecieron una serie de objetivos que ameritan ser dispuestos a cumplirse para alcanzar el objetivo general de la investigación.

4.6.2 Caracterización climatológica

Este punto de la investigación estará basado en describir las condiciones del área de estudio en función de la precipitación.

Se destacará la variable en estudio a través de tablas donde se pueden reflejar sus valores correspondientes de manera mensual, permitiendo observar la variación de las mismas.

4.6.3 Definición de parámetros geométricos e hidráulicos de la cuenca

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

4.6.3.1 Área de captación y perímetro

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

4.6.3.2 Características morfométricas

Se determinarán las principales características morfométricas, que se conocen por brindar un estudio cualitativo de las características físicas de una cuenca hidrográfica, y se utilizan para analizar la red de drenaje, las pendientes y la forma de una cuenca a partir de cálculos de valores numéricos, descritos a continuación:

❖ **Longitud axial (L_a):** la longitud axial no es más que la longitud desde el punto de entrada más alto hasta la descarga más lejana.

❖ **Pendiente media (S_m):** la pendiente media estará definida por el desnivel existente entre el punto inicial y final de la longitud axial.

$$S_m = \frac{\Delta}{L_a} \quad (4.1)$$

❖ **Índice de compacidad (k_c):** el índice de compacidad se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área equivalente.

$$k_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (4.2)$$

❖ **Ancho promedio (A_p):** el ancho promedio es la relación entre el área de la cuenca (A) y la longitud axial (L_a).

$$A_p = \frac{A}{L_a} \quad (4.3)$$

❖ **Factor forma (F):** el factor forma es la relación entre el ancho promedio (A_p) de la cuenca y la longitud axial (L_a).

$$F = \frac{A_p}{L_a} \quad (4.4)$$

4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas

4.6.4.1 Categorización y determinación de áreas

En esta fase se clasificaron las parcelas y se les dio una nomenclatura para facilitar el proceso de identificación, posteriormente se determinó el área correspondiente a cada parcela, describiendo el tipo de estructura como urbanismo, áreas verdes o pavimento, aunado a eso se determinó el área correspondiente a la estructura vial.

4.6.4.2 Estimación del tiempo de concentración e intensidad de lluvia

La estimación del tiempo de concentración requirió de información extraída del plano topográfico y fue determinado a través de la ecuación (3.18), acto seguido se procede a determinar la intensidad correspondiente a cada tiempo de concentración según los datos de las curvas IDF.

4.6.4.3 Determinación de coeficientes de escorrentía

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

$$\overline{C_e} = \frac{A_1 * C_{eA1} + A_2 * C_{eA2} \dots A_n * C_{eAn}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4.5)$$

Los valores parámetros de coeficiente de escorrentía se extraen de las tablas de coeficientes de escurrimiento de acuerdo a la cobertura del suelo y estableciéndolos de la siguiente manera:

Jardines y zonas verdes	0,30
Residencias multifamiliar separadas (Urbanismo)	0,60
Pavimento asfalto	0,825

4.6.4.4 Determinación de caudales

En esta etapa se determinan los caudales producidos dentro del urbanismo, mediante la ecuación del método racional, en función del área aportada en la zona

respectiva y los valores correspondientes de coeficiente de escorrentía ponderado e intensidad de lluvias.

4.6.5 Cálculo de parámetros hidráulicos de canales

4.6.5.1 Definición del tipo de sección y criterios de diseño

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

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

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

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

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

La delimitación de la velocidad se realiza de acuerdo a la sección de Velocidades máximas y mínimas establecidas por Beltrán González (2004) que recomienda velocidades mínimas en drenajes de 0,75 m/seg y la máxima se define dependiendo del revestimiento presente en el canal. Se dispone utilizar concreto $R_{cc28} = 210$ Kgf/cm² y se obtiene de la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Valores de velocidades máximas (Beltran González, 2004).

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

❖ **Condiciones constructivas:** para efectos constructivos, no se previeron canales con dimensiones inferiores a 0,30 m de base y altura.

4.6.5.2 Definición de pendiente de diseño del canal

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

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

4.6.5.3 Determinación de dimensiones de la sección

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

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

4.6.5.4 Determinación de parámetros hidráulicos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.6.6 Definición de trazado en planta y perfil longitudinal de canales

4.6.6.1 Definición de trazado en planta

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

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

4.6.6.2 Elaboración de perfiles longitudinales

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

Los perfiles cuentan con una cuadrícula donde se pueden observar las cotas de cada elemento de acuerdo a la progresiva.

Para efectos visuales, se implementó escala vertical diferente a la horizontal, brindando un mejor nivel de detalle.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización pluviométrica del área de estudio

El área de estudio está conformada por una superficie actual de 16.7527 ha, en la cual se han estudiado las características pluviométricas, con base en el análisis temporal de la precipitación, para lo cual se utilizaron los datos de registrados en las estaciones dentro del perímetro o en su área de influencia inmediata.

Para establecer las características de la pluviometría se efectuó un análisis cuantitativo, con base en los datos de los promedios mensuales y anuales registrados en las estaciones meteorológicas Macagua y Puerto Ordaz, cuyos datos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) y CORPOELEC. En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones mencionadas.

Tabla 5.1 Características de las estaciones utilizadas.
(INAMEH, 2.016).

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Organismo
Macagua	C1	8106	08°17'29''	62°39'21''	79	CORPOELEC
Puerto Ordaz R-A	C2	3813	08°19'00''	62°43'00''	51	INAMEH

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

En el área de estudio se recibe una pluviosidad promedio alrededor de los 1.088 mm anuales, la temperatura media anual oscila alrededor de los 27°C y su evaporación promedio supera los 2.200 mm por año. De acuerdo con esto, el área se

clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C.

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 1.100 mm, el cual fue estimado a partir de los promedios anuales de las estaciones localizadas alrededor del área de estudio. En la tabla 5.2, se muestran los promedios mensuales y el total anual de precipitación para el período 1950-2011; con base en ellos se elaboraron las figuras 5.1 y 5.2.

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).

Tabla 5.2 Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1950-2011. (INAMEH, 2.016).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Macagua	47,2	41,5	23,3	31,3	130	232,7	242,2	181,1	97,1	110,4	111,8	90,5	1.317
Puerto Ordaz R-A	36,3	27,3	21,5	28,7	89,9	179,3	162,6	133,9	83,7	81,6	83,2	69,3	997,4

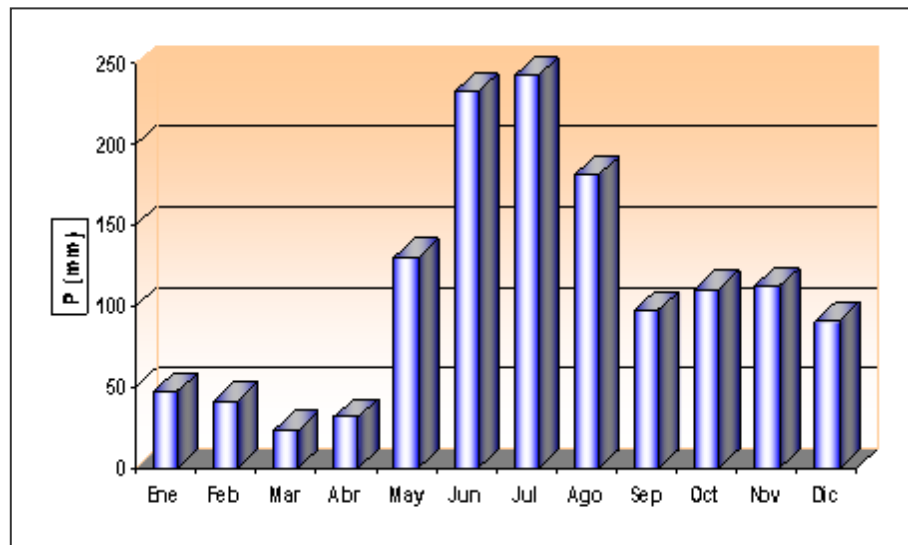


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Macagua. (CVG Tecmin, C.A., 2016).

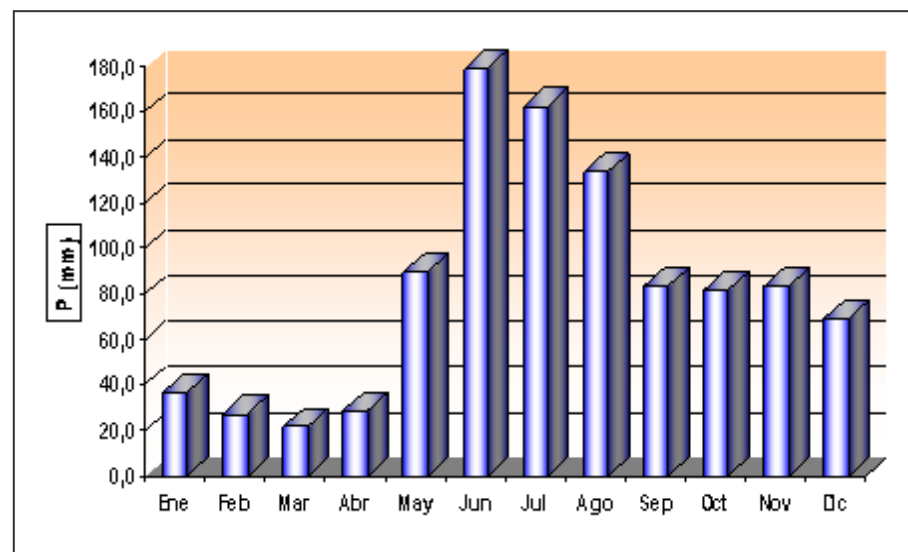


Figura 5.2. Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz R-A. (CVG Tecmin, C.A., 2016).

5.2 Parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación

5.2.1 Área de captación

El área de captación de la cuenca fue delimitada aproximadamente en 16.75 hectáreas, las cuales están conformadas por área urbanizada, área verde y área pavimentada. Los límites del área de captación se pueden apreciar en la figura 5.3.



Figura 5.3 Detalle de área de captación y códigos de parcelas (López y Medori, 2019).

5.3 Caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio

La estimación del caudal de la cuenca y subcuencas se realizó mediante el método racional, fue necesario delimitar y caracterizar las parcelas dentro el urbanismo de acuerdo al tipo de estructura y el posible coeficiente de escorrentía que

se generará dentro de la misma siendo fundamental obtener el valor ponderado para mayor precisión en los cálculos, aunado a eso fue significativo extraer información de los planos topográficos para definir la dirección en la que escurriría el agua en función de las características presentes en cada subcuenca del terreno (figura 5.4 y 5.5) y para computar el tiempo de concentración de los canales que nos permitirán obtener los valores de intensidad correspondientes a través de las curvas de intensidad – duración y frecuencia correspondientes a la Región Hidrológica II según el MOP, 1967 (figura 5.6).



Figura 5.4 Códigos de parcelas y líneas de flujo del área de estudio: Este (amarilla) y Oeste (azul) (López y Medori, 2019).

5.3.1 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia de las subcuencas

El tiempo de concentración será determinado mediante la fórmula (3.3) del California Culvert Practices para cada tramo vial por donde escurrirá agua pluvial. A tal efecto, se ha codificado la vialidad del urbanismo (figura 5.4) con la finalidad de estimar el tiempo de concentración para cada tramo. Dicho valor permitirá, posteriormente ingresar en el gráfico de las curvas IDF correspondientes para la zona de estudio y obtener un valor de Intensidad de lluvia para un período de retorno de 25.

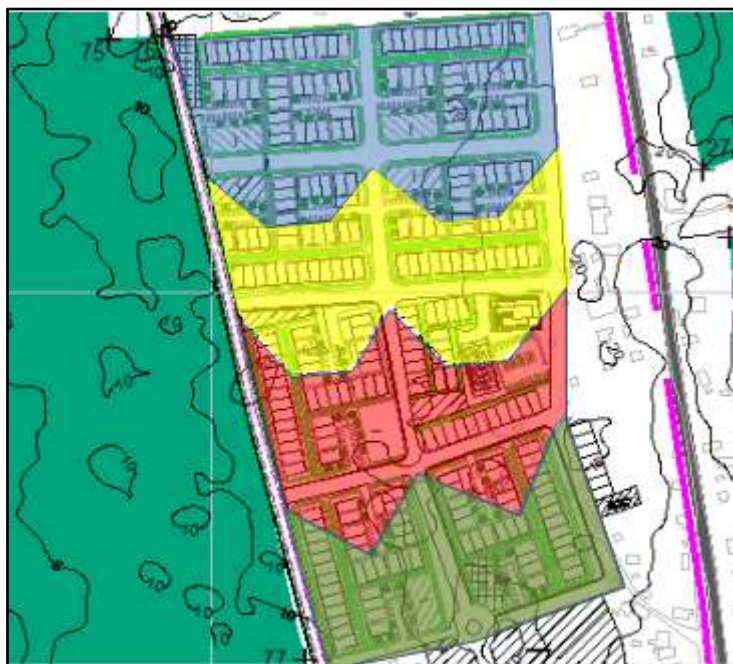


Figura 5.5 Subcuencas del urbanismo (López y Medori, 2019).

En la figura 5.6 se presenta las curvas IDF correspondientes a la Región Hidrológica II donde se encuentra ubicada la zona de estudio. En dichas curvas se ha representado con trazo segmentado como ejemplo de la determinación de la

intensidad de lluvia para un período de retorno de 25 años y tiempos de concentración hipotéticos (como ejemplo) de $I_{25} = 360$ lps/ha, y de $I_{25}=410$ lps/ha. (tabla 5.3)

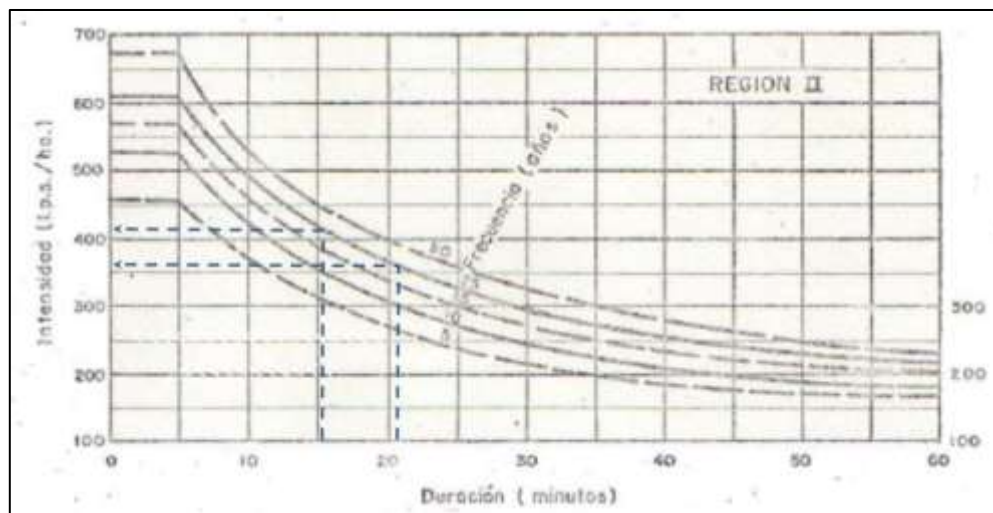


Figura 5.6 Curvas IDF de la Región Hidrológica II (MOP, 1967).

Tabla 5.3 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia para cada tramo.

Tramo	Longitud	Cota Inic	Cota Fin	Dif Cota (H)	Tiempo Concentración Tc (min)	Período Retorno Tr (años)	Intensidad	
	L (m)	(m)	(m)	H (m)			Luvia I (lps/ha)	(mm/hr)
*	137.00	10.90	10.00	0.90	5.96	25	610	219.42
2-5	122.00	13.00	12.50	0.50	6.54	25	610	219.42
3-6	122.00	17.00	16.50	0.50	6.54	25	610	219.42
6-5	164.00	16.50	12.50	4.00	4.13	25	610	219.42
5-4	164.00	12.50	11.00	1.50	6.03	25	610	219.42
6-9	129.00	16.50	16.00	0.50	6.98	25	610	219.42
5-8	129.00	12.50	12.00	0.50	6.98	25	610	219.42
4-7	144.00	11.00	10.50	0.50	7.92	25	610	219.42
9-8	144.00	16.00	12.00	4.00	3.56	25	610	219.42
8-7	144.00	12.00	10.50	1.50	5.19	25	610	219.42
9-12	124.00	16.00	15.50	0.50	6.67	25	610	219.42
8-11	164.00	12.00	11.50	0.50	9.21	25	610	219.42
7-10	174.00	10.50	10.40	0.10	18.32	25	610	219.42
12-11	134.00	15.50	11.50	4.00	3.27	25	610	219.42
11-10	134.00	11.50	10.40	1.10	5.38	25	610	219.42
12-15	164.00	15.50	15.00	0.50	9.21	25	610	219.42
11-14	164.00	11.5	11.4	0.10	17.11	25	610	219.42
10-13	164.00	10.4	10	0.40	10.03	25	610	219.42
15-14	129.00	15.00	11.40	3.60	3.26	25	610	219.42
14-13	129.00	11.40	10.00	1.40	4.69	25	610	219.42

5.3.2 Coeficiente de escorrentía ponderado

Considerando los coeficientes de escorrentía por zonificación presentada en la tabla 3.2 (Arocha, 1983), se asignaron los siguientes coeficientes de escorrentía de acuerdo a los usos del suelo encontrados en la zona de estudio:

Zona verde o parques: 0.20

Área residencial: 0.60

Área pavimentada: 0.83

Aplicando la fórmula para el cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 5.4

Tabla 5.4 Coeficiente de escorrentía ponderado por parcela

Parcela	Tipo de Cobertura del Suelo	Area Parcial		Area Total de Parcela		Coeficiente Escurrimiento	Coeficiente Escurrimiento Ponderado
		(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)		
A	Residencial	1360.00	0.136000	19538.00	1.9538	0.60	0.494
	Pavimento	8244.00	0.824400			0.83	
	Área verde	9934.00	0.993400			0.20	
B	Residencial	1360.00	0.136000	19638.00	1.9638	0.60	0.490
	Pavimento	8169.00	0.816900			0.83	
	Área verde	10109.00	1.010900			0.20	
C	Residencial	1360.00	0.136000	19396.00	1.9396	0.60	0.524
	Pavimento	9102.00	0.910200			0.83	
	Área verde	8934.00	0.893400			0.20	
D	Residencial	1360.00	0.136000	20516.00	2.0516	0.60	0.499
	Pavimento	8872.00	0.887200			0.83	
	Área verde	10284.00	1.028400			0.20	
E	Residencial	1360.00	0.136000	23391.00	2.3391	0.60	0.447
	Pavimento	8322.00	0.832200			0.83	
	Área verde	13709.00	1.370900			0.20	
F	Residencial	1120.00	0.112000	20391.00	2.0391	0.60	0.445
	Pavimento	7222.00	0.722200			0.83	
	Área verde	12049.00	1.204900			0.20	
G	Residencial	1360.00	0.136000	22616.00	2.2616	0.60	0.484
	Pavimento	9322.00	0.932200			0.83	
	Área verde	11934.00	1.193400			0.20	
H	Residencial	1360.00	0.136000	22041.00	2.2041	0.60	0.491
	Pavimento	9322.00	0.932200			0.83	
	Área verde	11359.00	1.135900			0.20	
	Subtotal	167527.00	16.752700	167527.00	16.752700		

5.3.3 Caudales por parcela y por sector

Como se indicó anteriormente, se dividió el urbanismo en ocho (8) parcelas, codificadas con las letras desde la A a la H, las cuales aportaron un drenaje total de 4.957 m³/s (tablas 5.5 y 5.6).

Tabla 5.5 Caudales aportados por parcelas A, B, C y D (López y Medori, 2019).

Tabla 9.5 Caudales aportados por parcelas A, B, C y D (López y Medina, 2019).										
PARCELA	SECTOR	Uso del suelo	Area por parcela		Coeficiente Escorrentía	Coeficiente Escorrentía Ponderado (Cep)	Intensidad Lluvia	Caudal		Caudal por sector
			(A)					(Q)		
			(m²)	(ha)	(Ce)		(l)		(l/s)	
A	AI	Residencial	340	0.0340	0.60	0.474	610	9.821	0.010	0.151
		Pavimento	2061	0.2061	0.83		610	59.530	0.060	
		A. Verde	2843.5	0.2844	0.20		610	82.132	0.082	
	AII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.474	610	9.821	0.010	0.151
		Pavimento	2061	0.2061	0.83		610	59.530	0.060	
		A. Verde	2843.5	0.2844	0.20		610	82.132	0.082	
	AIII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.474	610	9.821	0.010	0.151
		Pavimento	2061	0.2061	0.83		610	59.530	0.060	
		A. Verde	2843.5	0.2844	0.20		610	82.132	0.082	
	AIV	Residencial	340	0.0340	0.60	0.474	610	9.821	0.010	0.151
		Pavimento	2061	0.2061	0.83		610	59.530	0.060	
		A. Verde	2843.5	0.2844	0.20		610	82.132	0.082	
B		Residencial	340	0.0340	0.60	0.490	610	10.159	0.010	0.147
		Pavimento	2043.25	0.2043	0.83		610	61.053	0.061	
		A. Verde	2527.25	0.2527	0.20		610	75.514	0.076	
		Residencial	340	0.0340	0.60	0.490	610	10.159	0.010	0.147
		Pavimento	2043.25	0.2043	0.83		610	61.053	0.061	
		A. Verde	2527.25	0.2527	0.20		610	75.514	0.076	
		Residencial	340	0.0340	0.60	0.490	610	10.159	0.010	0.147
		Pavimento	2043.25	0.2043	0.83		610	61.053	0.061	
		A. Verde	2527.25	0.2527	0.20		610	75.514	0.076	
		Residencial	340	0.0340	0.60	0.490	610	10.159	0.010	0.147
		Pavimento	2043.25	0.2043	0.83		610	61.053	0.061	
		A. Verde	2527.25	0.2527	0.20		610	75.514	0.076	
C	CI	Residencial	340	0.0340	0.60	0.524	610	10.861	0.011	0.155
		Pavimento	2275.5	0.2276	0.83		610	72.691	0.073	
		A. Verde	2233.5	0.2234	0.20		610	71.349	0.071	
	CII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.524	610	10.861	0.011	0.155
		Pavimento	2275.5	0.2276	0.83		610	72.691	0.073	
		A. Verde	2233.5	0.2234	0.20		610	71.349	0.071	
	CIII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.524	610	10.861	0.011	0.155
		Pavimento	2275.5	0.2276	0.83		610	72.691	0.073	
		A. Verde	2233.5	0.2234	0.20		610	71.349	0.071	
	CIV	Residencial	340	0.0340	0.60	0.524	610	10.861	0.011	0.155
		Pavimento	2275.5	0.2276	0.83		610	72.691	0.073	
		A. Verde	2233.5	0.2234	0.20		610	71.349	0.071	
D	DI	Residencial	340	0.0340	0.60	0.499	610	10.348	0.010	0.156
		Pavimento	2218	0.2218	0.83		610	67.508	0.068	
		A. Verde	2571	0.2571	0.20		610	78.252	0.078	
	DII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.499	610	10.348	0.010	0.156
		Pavimento	2218	0.2218	0.83		610	67.508	0.068	
		A. Verde	2571	0.2571	0.20		610	78.252	0.078	
	DIII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.499	610	10.348	0.010	0.156
		Pavimento	2218	0.2218	0.83		610	67.508	0.068	
		A. Verde	2571	0.2571	0.20		610	78.252	0.078	
	DIV	Residencial	340	0.0340	0.60	0.499	610	10.348	0.010	0.156
		Pavimento	2218	0.2218	0.83		610	67.508	0.068	
		A. Verde	2571	0.2571	0.20		610	78.252	0.078	
Subtotal							2436.873	2.437	2.437	

Tabla 5.6 Caudales aportados por parcelas E, F, G y H (López y Medori, 2019).

PARCELA	SECTOR	Uso del suelo	Area por parcela		Coeficiente Escorrentía (Ce)	Coeficiente Escorrentía Ponderado (Cep)	Intensidad Lluvia (I) (lps/ha)	Caudal		Caudal por sector
			(A)					(Q)		
			(m²)	(ha)				(l/s)	(m³/s)	
E	EI	Residencial	340	0.0340	0.60	0.447	610	9.279	0.009	0.160
		Pavimento	2080.5	0.2081	0.83		610	56.779	0.057	
		A. Verde	3427.25	0.3427	0.20		610	93.534	0.094	
	EII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.447	610	9.279	0.009	0.160
		Pavimento	2080.5	0.2081	0.83		610	56.779	0.057	
		A. Verde	3427.25	0.3427	0.20		610	93.534	0.094	
	EIII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.447	610	9.279	0.009	0.160
		Pavimento	2080.5	0.2081	0.83		610	56.779	0.057	
		A. Verde	3427.25	0.3427	0.20		610	93.534	0.094	
	EIV	Residencial	340	0.0340	0.60	0.447	610	9.279	0.009	0.160
		Pavimento	2080.5	0.2081	0.83		610	56.779	0.057	
		A. Verde	3427.25	0.3427	0.20		610	93.534	0.094	
F	FI	Residencial	280	0.0280	0.60	0.445	610	7.602	0.008	0.138
		Pavimento	1805.5	0.1806	0.83		610	49.021	0.049	
		A. Verde	3012.25	0.3012	0.20		610	81.786	0.082	
	FII	Residencial	280	0.0280	0.60	0.445	610	7.602	0.008	0.138
		Pavimento	1805.5	0.1806	0.83		610	49.021	0.049	
		A. Verde	3012.25	0.3012	0.20		610	81.786	0.082	
	FIII	Residencial	280	0.0280	0.60	0.445	610	7.602	0.008	0.138
		Pavimento	1805.5	0.1806	0.83		610	49.021	0.049	
		A. Verde	3012.25	0.3012	0.20		610	81.786	0.082	
	FIV	Residencial	280	0.0280	0.60	0.445	610	7.602	0.008	0.138
		Pavimento	1805.5	0.1806	0.83		610	49.021	0.049	
		A. Verde	3012.25	0.3012	0.20		610	81.786	0.082	
G	GI	Residencial	340	0.0340	0.60	0.484	610	10.033	0.010	0.167
		Pavimento	2330.5	0.2331	0.83		610	68.767	0.069	
		A. Verde	2983.5	0.2984	0.20		610	88.036	0.088	
	GII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.484	610	10.033	0.010	0.167
		Pavimento	2330.5	0.2331	0.83		610	68.767	0.069	
		A. Verde	2983.5	0.2984	0.20		610	88.036	0.088	
	GIII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.484	610	10.033	0.010	0.167
		Pavimento	2330.5	0.2331	0.83		610	68.767	0.069	
		A. Verde	2983.5	0.2984	0.20		610	88.036	0.088	
	GIV	Residencial	340	0.0340	0.60	0.484	610	10.033	0.010	0.167
		Pavimento	2330.5	0.2331	0.83		610	68.767	0.069	
		A. Verde	2983.5	0.2984	0.20		610	88.036	0.088	
H	HI	Residencial	340	0.0340	0.60	0.491	610	10.186	0.010	0.165
		Pavimento	2330.5	0.2331	0.83		610	69.820	0.070	
		A. Verde	2839.75	0.2840	0.20		610	85.076	0.085	
	HII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.491	610	10.186	0.010	0.165
		Pavimento	2330.5	0.2331	0.83		610	69.820	0.070	
		A. Verde	2839.75	0.2840	0.20		610	85.076	0.085	
	HIII	Residencial	340	0.0340	0.60	0.491	610	10.186	0.010	0.165
		Pavimento	2330.5	0.2331	0.83		610	69.820	0.070	
		A. Verde	2839.75	0.2840	0.20		610	85.076	0.085	
	HIV	Residencial	340	0.0340	0.60	0.491	610	10.186	0.010	0.165
		Pavimento	2330.5	0.2331	0.83		610	69.820	0.070	
		A. Verde	2839.75	0.2840	0.20		610	85.076	0.085	
Subtotal							2519.681	2.520	2.520	

Asimismo, se determinó que cada subcuenca drenaría un caudal de 1.2056 m³/s (para la subcuenca azul), 1.2310 m³/s (para la subcuenca amarilla), 1.2259 m³/s (para

la subcuenca roja) y $0.9958 \text{ m}^3/\text{s}$ (para la subcuenca verde) respectivamente. Cabe destacar que estos caudales serían drenados a través de cuatro (4) puntos de descarga, uno para cada subcuenca, ubicados en los puntos codificados como 4, 7, 10 y 13. El total de caudal drenado por toda la cuenca será de $4.9566 \text{ m}^3/\text{s}$ aproximadamente (tabla 5.7).

Tabla 5.7 Caudales aportados por cada tramo y subcuenca (López y Medori, 2019).

Subcuenca	Tramo	Canal	Sector Contribuyente	Caudal Q (m^3/s)	Total Drenado Subcuenca
Azul	*	Derecho	NO	NO	1.2056
		Izquierdo	AIV	0.1515	
	2-5	Derecho	AII	0.1515	
		Izquierdo	BIV	0.1467	
	3-6	Derecho	BII	0.1467	
		Izquierdo	NO	NO	
	6-5	Derecho	BIII	0.1467	
		Izquierdo	DI	0.1561	
	5-4	Derecho	AIII	0.1515	
		Izquierdo	CI	0.1549	
Amarilla	6-9	Derecho	DII	0.1561	1.2310
		Izquierdo	NO	NO	
	5-8	Derecho	CII	0.1549	
		Izquierdo	DIV	0.1561	
	4-7	Derecho	NO	NO	
		Izquierdo	CIV	0.1549	
	9-8	Derecho	DIII	0.1561	
		Izquierdo	FI	0.1384	
	8-7	Derecho	CIII	0.1549	
		Izquierdo	EI	0.1596	
Roja	9-12	Derecho	FII	0.1384	1.2259
		Izquierdo	NO	NO	
	8-11	Derecho	EII	0.1596	
		Izquierdo	FIV	0.1384	
	7-10	Derecho	NO	NO	
		Izquierdo	EIV	0.1596	
	12-11	Derecho	FIII	0.1384	
		Izquierdo	HI	0.1651	
	11-10	Derecho	EIII	0.1596	
		Izquierdo	GI	0.1668	
Verde	12-15	Derecho	HII	0.1651	0.9958
		Izquierdo	NO	NO	
	11-14	Derecho	GII	0.1668	
		Izquierdo	HIV	0.1651	
	10-13	Derecho	NO	NO	
		Izquierdo	GIV	0.1668	
	15-14	Derecho	HIII	0.1651	
		Izquierdo	NO	NO	
	14-13	Derecho	GIII	0.1668	
		Izquierdo	NO	NO	
Fuera	3-2	Fuera	AI	0.1515	0.2982
	3-1	Fuera	BI	0.1467	
				Total	4.9566

5.3.4 Caudales por cada canal principal

El caudal que aportará la urbanización LBF-II se repartirá entre siete (7) canales principales que serán trazados a ambos lados de la vialidad en sentido este -oeste. Sin embargo, para efectos de la estimación de los caudales que transitarán por los canales principales se considerarán los caudales aportados por los canales secundarios. En ese sentido, se presentan a continuación los caudales a conducir por cada canal principal (tabla 5.8).

Tabla 5.8 Caudales conducidos por los canales principales (López y Medori, 2019).

Caudal del Canal principal 6-5-4 (subcuenca azul)					Caudal del Canal principal 12-11-10 (subcuenca roja)				
Canales Tributarios	Canal Derecho		Canal Izquierdo		Canales Tributarios	Canal Derecho		Canal Izquierdo	
	Caudal parcial	Caudal Acumulado	Caudal parcial	Caudal Acumulado		Caudal parcial	Caudal Acumulado	Caudal parcial	Caudal Acumulado
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)		(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
3-6	0.1467	0.1467	0.0000	0.0000	9-12	0.1384	0.1384	0.0000	0.0000
6-5	0.1467	0.2934	0.1561	0.1561	12-11	0.1384	0.2768	0.1651	0.1651
2-5	0.2982	0.5916	0.0000	0.1561	8-11	0.2980	0.5748	0.0000	0.1651
5-4	0.1515	0.7431	0.1549	0.3110	11-10	0.1596	0.7344	0.1668	0.3319
1-4	0.1515	0.8946	0.0000	0.3110	7-10	0.1596	0.8940	0.0000	0.3319
Totales	0.8946		0.3110	1.2056	Totales	0.8940		0.3319	1.2259
Caudal del Canal principal 9-8-7 Subcuenca Amarilla					Caudal del Canal principal 15-14-13 (Subcuenca Verde)				
Canales Secundarios Tributarios	Canal Derecho		Canal Izquierdo		Canales Secundarios Tributarios	Canal Derecho		Canal Izquierdo	
	Caudal parcial	Caudal Acumulado	Caudal parcial	Caudal Acumulado		Caudal parcial	Caudal Acumulado	Caudal parcial	Caudal Acumulado
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)		(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
6-9	0.1561	0.1561	0.0000	0.0000	12-15	0.1651	0.1651	0.0000	0.0000
9-8	0.1561	0.3122	0.1384	0.1384	15-14	0.1651	0.3302	0.0000	0.0000
5-8	0.3110	0.6232	0.0000	0.1384	11-14	0.3319	0.6621	0.0000	0.0000
8-7	0.1549	0.7781	0.1596	0.2980	14-13	0.1668	0.8289	0.0000	0.0000
4-7	0.1549	0.9330	0.0000	0.2980	10-13	0.1668	0.9958	0.0000	0.0000
Totales	0.9330		0.2980	1.2310	Totales	0.9958		0.0000	0.9958

5.4 Parámetros geométricos e hidráulicos de los elementos de drenaje del sistema

Se estimará a continuación la capacidad hidráulica de las vías con la finalidad de determinar la necesidad o no de trazar canales. En la tabla 5.9 se presenta el cálculo de la capacidad hidráulica de las calles utilizando la fórmula de Izzard

Tabla 5.9 Capacidad hidráulica de las vías de la urbanización LBF-II (López y Medori, 2019).

Tramo	lado	Ancho	Bombeo % / 100	Inverso Pendiente Transversal Z	Coef rugosidad	Altura del agua al pie del brocal		Pendiente Longitudinal de la vía So	Capacidad hidráulica de la vialidad		Caudal drenado	¿La vía requiere Canal?
		W _t (m)	S _x	Z (m/m)	n	Y			Q _v		Q _d	
						(m)	(cm)	(m/m)	(l/s)	(m³/s)	(m³/s)	
1-4	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.006569	8.297980	0.008298	0	No
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.006569	8.297980	0.008298	0.1515	Si
2-5	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.004098	14.115182	0.014115	0.1515	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.004098	14.115182	0.014115	0.1467	Si
3-6	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.004098	14.115182	0.014115	0.1467	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.004098	14.115182	0.014115	0	No
6-5	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.024390	34.434157	0.034434	0.1467	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.024390	34.434157	0.034434	0.1561	Si
5-4	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.009146	21.086528	0.021087	0.1515	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.009146	21.086528	0.021087	0.1549	Si
6-9	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.003876	13.726870	0.013727	0.1561	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.003876	13.726870	0.013727	0	No
5-8	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.003876	13.726870	0.013727	0.1549	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.003876	13.726870	0.013727	0.1561	Si
4-7	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.003472	12.992273	0.012992	0	No
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.003472	12.992273	0.012992	0.1549	Si
9-8	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.027778	36.747697	0.036748	0.1561	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.027778	36.747697	0.036748	0.1384	Si
8-7	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.010417	22.503277	0.022503	0.1549	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.010417	22.503277	0.022503	0.1596	Si
9-12	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.004032	14.000887	0.014001	0.1384	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.004032	14.000887	0.014001	0	No
8-11	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.003049	12.174313	0.012174	0.1596	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.003049	12.174313	0.012174	0.1384	Si
7-10	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.000575	5.285752	0.005286	0	No
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.000575	5.285752	0.005286	0.1596	Si
12-11	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.029851	38.094210	0.038094	0.1384	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.04	4	0.029851	38.094210	0.038094	0.1651	Si
11-10	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.008209	9.275885	0.009276	0.1596	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.008209	9.275885	0.009276	0.1668	Si
12-15	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.003049	5.652942	0.005653	0.1651	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.003049	5.652942	0.005653	0	No
11-14	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.000610	2.528072	0.002528	0.1668	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.000610	2.528072	0.002528	0.16508	Si
10-13	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.002439	5.056145	0.005056	0	No
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.002439	5.056145	0.005056	0.16684	Si
15-14	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.027907	17.102823	0.017103	0.16508	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.027907	17.102823	0.017103	0	No
14-13	Derecho	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.010853	10.665484	0.010665	0.16684	Si
	Izquierdo	2.50	0.02	50	0.016	0.03	3	0.010853	10.665484	0.010665	0	No

5.4.2 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales

Tabla 5.10 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales principales y secundarios (López y Medori, 2019).

Tramo	Canal	Sección Transversal	Pendiente Longitudinal So (m/m)	Factor inclin talud z	Coefficiente rugosidad n	Base b (m)	Profundidad Y (m)	Borde libre Bl (m)	Distancia entre márgenes T (m)	Perímetro Mojado Pm (m)	Área de la Sección A (m ²)	Radio hidráulico Rh (m)	Caudal Q (m ³ /s)	Velocidad V (m/s)	Número de Froude Fr
1-4	Derecho	Rectangular	0.006569	0	0.0160	0.3000	0.00	0.0000	0.3000	0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
	Izquierdo	Rectangular	0.006569	0	0.0160	0.3000	0.43	0.0860	0.3000	1.1600	0.1290	0.1112	0.1515	1.17	0.6668
2-5	Derecho	Rectangular	0.004098	0	0.0160	0.3000	0.53	0.1060	0.3000	1.3600	0.1590	0.1169	0.1515	0.96	0.4044
	Izquierdo	Rectangular	0.004098	0	0.0160	0.3000	0.51	0.1020	0.3000	1.3200	0.1530	0.1159	0.1467	0.95	0.4037
3-6	Derecho	Rectangular	0.004098	0	0.0160	0.3000	0.51	0.1020	0.3000	1.3200	0.1530	0.1159	0.1467	0.95	0.4037
	Izquierdo	Rectangular	0.004098	0	0.0160	0.3000	0.00	0.0000	0.3000	0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
6-9	Derecho	Rectangular	0.003876	0	0.0160	0.3000	0.56	0.1120	0.3000	1.4200	0.1680	0.1183	0.1561	0.94	0.3772
	Izquierdo	Rectangular	0.003876	0	0.0160	0.3000	0.00	0.0000	0.3000	0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
5-8	Derecho	Rectangular	0.003876	0	0.0160	0.3000	0.55	0.1100	0.3000	1.4000	0.1650	0.1179	0.1549	0.94	0.3806
	Izquierdo	Rectangular	0.003876	0	0.0160	0.3000	0.56	0.1120	0.3000	1.4200	0.1680	0.1183	0.1561	0.94	0.3772
4-7	Derecho	Rectangular	0.003472	0	0.0160	0.3000	0.00	0.0000	0.3000	0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
	Izquierdo	Rectangular	0.003472	0	0.0160	0.3000	0.58	0.1160	0.3000	1.4600	0.1740	0.1192	0.1549	0.89	0.3322
9-12	Derecho	Rectangular	0.004032	0	0.0160	0.3000	0.49	0.0980	0.3000	1.2800	0.1470	0.1148	0.1384	0.94	0.4032
	Izquierdo	Rectangular	0.004032	0	0.0160	0.3000	0.00	0.0000	0.3000	0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
8-11	Derecho	Rectangular	0.003049	0	0.0160	0.3000	0.63	0.1260	0.3000	1.5600	0.1890	0.1212	0.1596	0.85	0.2908
	Izquierdo	Rectangular	0.003049	0	0.0160	0.3000	0.56	0.1120	0.3000	1.4200	0.1680	0.1183	0.1384	0.83	0.2941
7-10	Derecho	Rectangular	0.000575	0	0.0160	0.3000	0.00	0.0000	0.3000	0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
	Izquierdo	Rectangular	0.000575	0	0.0160	0.5000	0.66	0.1320	0.5000	1.8200	0.3300	0.1813	0.1596	0.48	0.0906
12-15	Derecho	Rectangular	0.003049	0	0.0160	0.3000	0.35	0.0700	1.1124	1.4489	0.2869	0.1980	0.1651	0.95	0.4873
	Izquierdo	Rectangular	0.003049	0	0.0160	0.3000	0.00	0.0000	1.1228	1.4636	0.2927	0.2000	0.0000	0.00	
11-14	Derecho	Rectangular	0.000610	0	0.0160	0.3000	0.67	0.1340	0.8267	1.0448	0.1483	0.1420	0.1668	0.50	0.0976
	Izquierdo	Rectangular	0.000610	0	0.0160	0.3000	0.67	0.1340	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.1651	0.50	0.0976
10-13	Derecho	Rectangular	0.002439	0	0.0160	0.3000	0.00	0.0000	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.0000	0.00	
	Izquierdo	Rectangular	0.002439	0	0.0160	0.3000	0.72	0.1440	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.1668	0.77	0.2232
6-5-4	Derecho	Rectangular	0.016768	0	0.0160	0.5000	0.69	0.1380	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.8946	2.61	2.6197
	Izquierdo	Rectangular	0.016768	0	0.0160	0.3000	0.54	0.1080	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.3110	1.94	1.6360
9-8-7	Derecho	Rectangular	0.017361	0	0.0160	0.5000	0.70	0.1400	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.9330	2.67	2.7218
	Izquierdo	Rectangular	0.017361	0	0.0160	0.5000	0.28	0.0560	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.2980	2.13	2.7388
12-11-10	Derecho	Rectangular	0.019029	0	0.0160	0.5000	0.79	0.1580	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.8940	2.25	1.8194
	Izquierdo	Rectangular	0.019029	0	0.0160	0.5000	0.35	0.0700	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.3319	1.89	1.9288
15-14-13	Derecho	Rectangular	0.019379	0	0.0160	0.5000	0.70	0.1400	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.9958	2.82	3.0362
	Izquierdo	Rectangular	0.019379	0	0.0160	0.5000	0.00	0.0000	1.142	1.3044	0.1854	0.1422	0.0000	0.00	

Como se observó en la tabla 5.10 el sistema de drenaje propuesto cuenta con canales principales y secundarios diseñados con la finalidad de transportar eficientemente el gasto que le corresponda, el diseño estuvo en función de criterios que fueron descritos en la metodología de trabajo pero fundamentalmente el caudal es el criterio más sustancial ya que determina si el canal cumple con su función.

5.5 Trazado en planta y perfil longitudinal de los drenajes previstos en la zona de estudio.

5.5.1 Trazado en planta de los canales principales

El trazado en planta de los canales superficiales fue previsto de manera tal que se aprovechará las condiciones ya impuestas en el área de estudio, facilitando en la medida de lo posible las condiciones y criterios necesarios para la disposición final de las aguas pluviales en un lugar adecuado ubicado al oeste del urbanismo (figura 5.7).

El sistema de drenajes estará compuesto con canales principales (Derecho e Izquierdo) ubicados a los lados de la calzada y serán los encargados de drenar el agua hasta el punto final o descarga, incluyendo todo el fluido drenado por la cuenca.

En función a lo anterior, se procedió a seleccionar la ubicación y dirección de los canales principales dentro del área de estudio, todo esto tomando en cuenta el caudal a transportar y específicamente la topografía.

El trazado se basó en definir canales donde fuese necesario, previa evaluación de la capacidad hidráulica de la calle. La ubicación de los canales principales se fundamentó de acuerdo al criterio de ancho de la vialidad y por ende la decisión de ubicarlos a los lados de la calzada, ya que sería engorroso y poco práctico

implementar un canal central de grandes dimensiones que obstaculice el tránsito vehicular.

Los canales principales (izquierdo y derecho) tendrán la misma longitud, pendiente y dimensiones en la mayoría de los casos.

Las rejillas no son más que el mismo canal proyectado de manera transversal a la vía en función de la necesidad de redirigir las aguas al canal principal más cercanos, permitiendo que exista la comunicación de un canal lateral con otro y posteriormente la descarga en el principal correspondiente.

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



Figura 5.7 Trazado en planta de los siete (7) canales principales (líneas continuas azul oscuro del sistema de drenaje (López y Medori, 2019).

5.5.2 Perfiles longitudinales

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

La ejecución de los perfiles se hizo de manera minuciosa para reflejar con exactitud las variaciones presentes a lo largo de los alineamientos en estudio, lo que nos permitió describir las cotas de los elementos vitales: calle y lecho del canal.

Se mantuvo el planteamiento ideal dentro del diseño de los canales principales y secundarios de conservar la pendiente longitudinal de la vialidad ya que representaría la alternativa ideal fundamentada por bajo volumen de excavación y viabilidad constructiva. En los perfiles longitudinales se observa las cotas de terreno, cotas de fondo de canal y cotas de excavación para cada inicio y fin de canal (figuras 5.8 A 5.14).

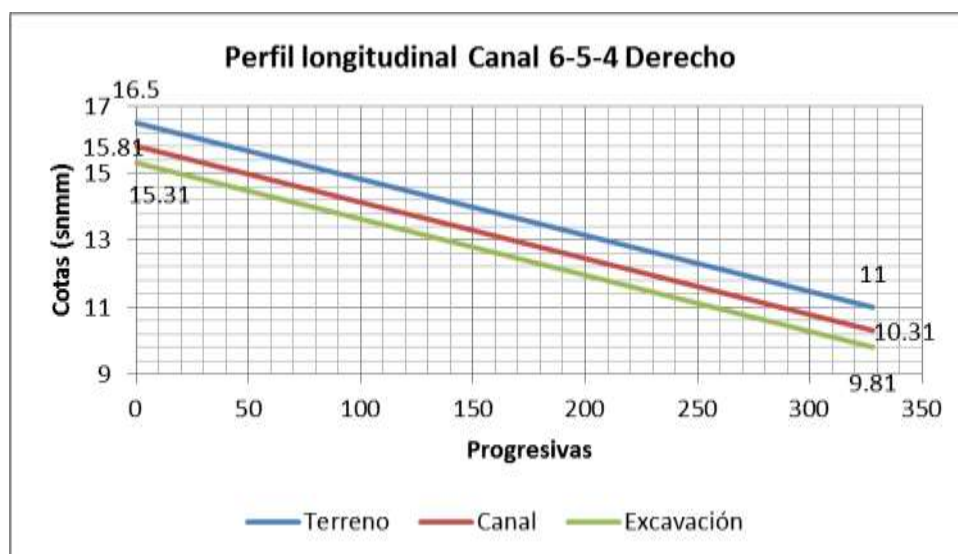


Figura 5.8 Perfil longitudinal del canal 6-5-4 derecho de la subcuenca azul (López y Medori, 2019).

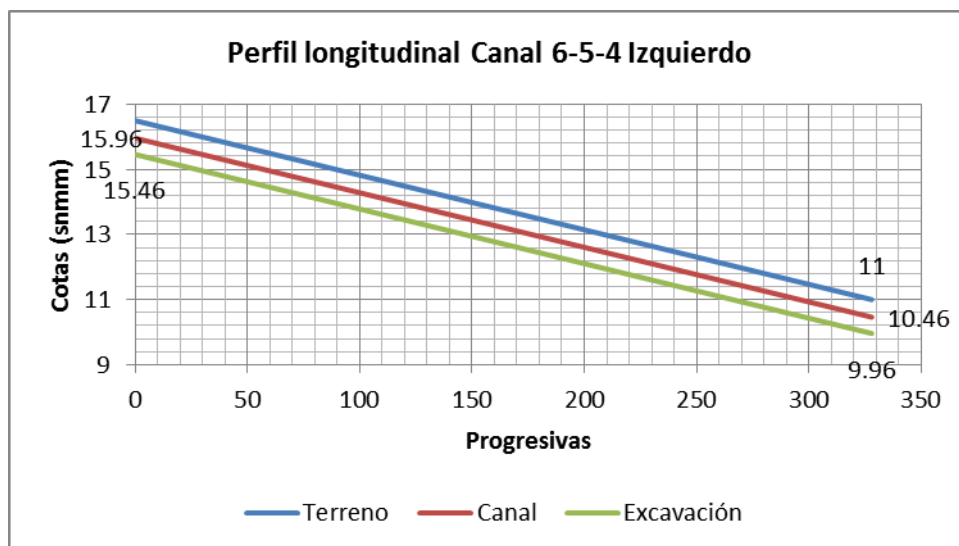


Figura 5.9 Perfil longitudinal del canal 6-5-4 izquierdo de la subcuenca Azul (López y Medori, 2019).

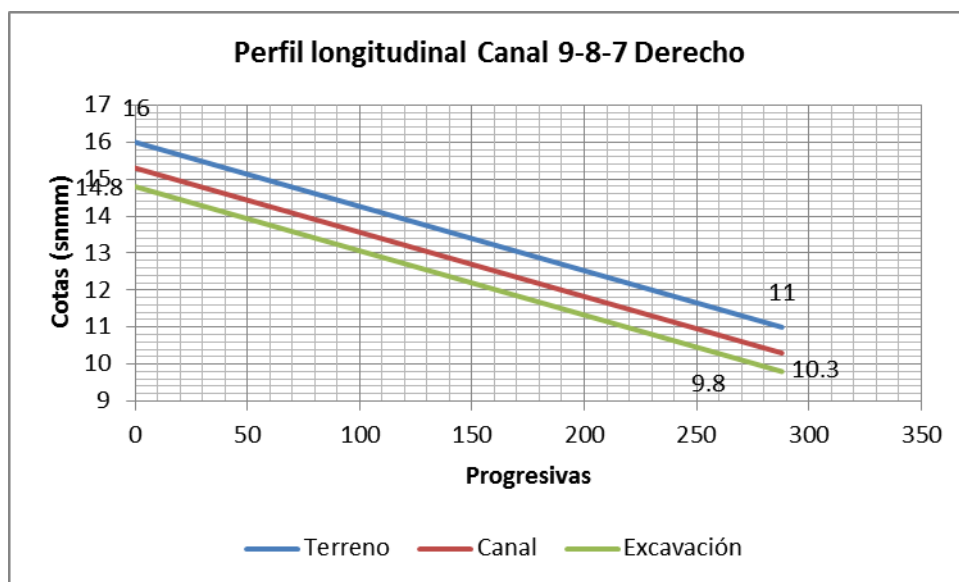


Figura 5.10 Perfil longitudinal del canal 9-8-7 derecho de la subcuenca amarilla (López y Medori, 2019).

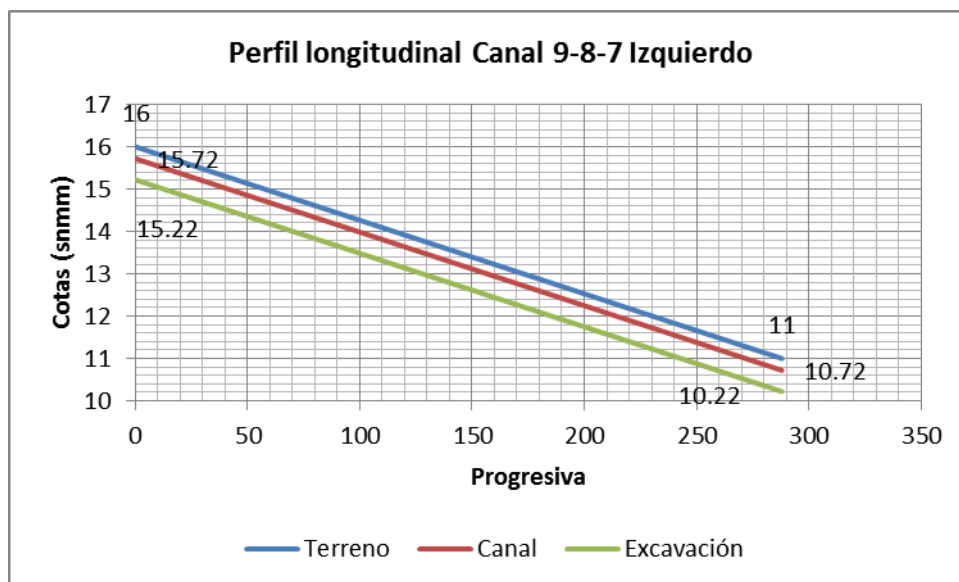


Figura 5.11 Perfil longitudinal del canal 9-8-7 izquierdo de la subcuenca Amarilla (López y Medori, 2019).

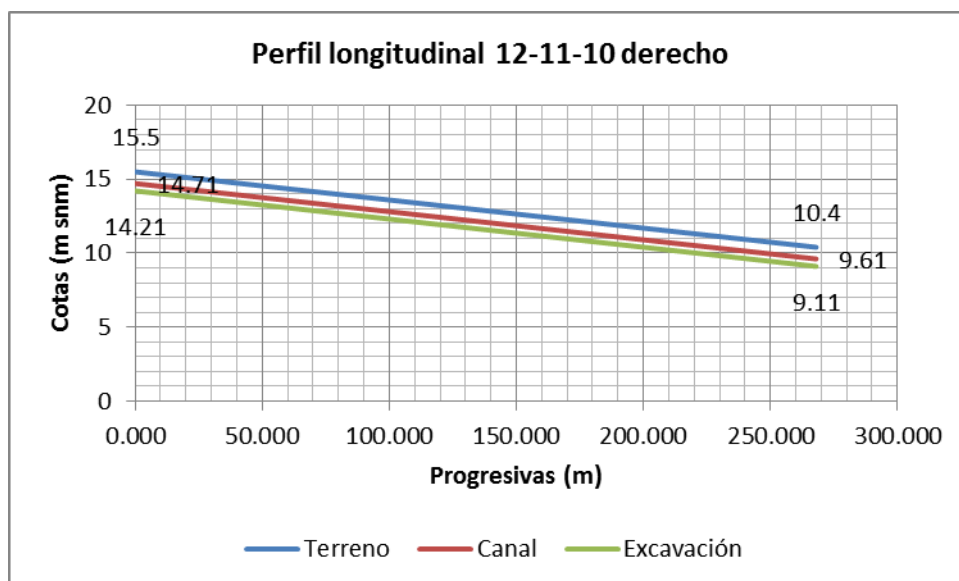


Figura 5.12 Perfil longitudinal del canal 12-11-10 derecho de la subcuenca roja (López y Medori, 2019).

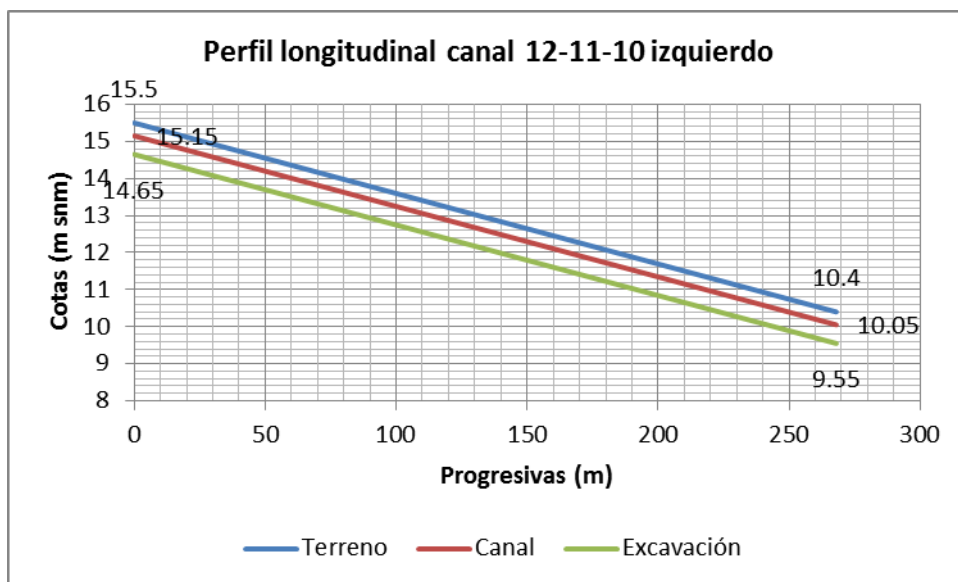


Figura 5.13 Perfil longitudinal del canal 12-11-10 izquierdo de la subcuenca roja (López y Medori, 2019).

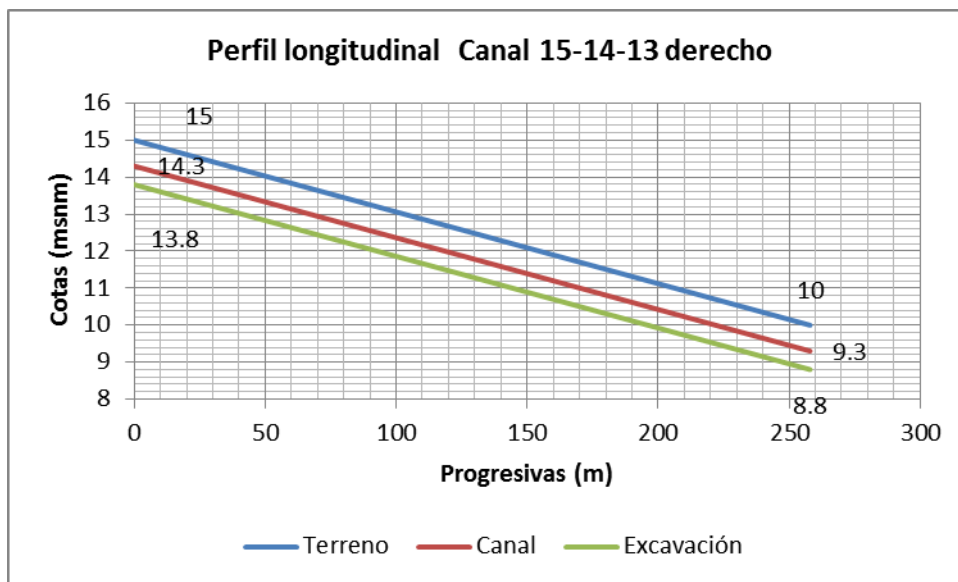


Figura 5.14 Perfil longitudinal del canal 15-14-13 derecho de la subcuenca verde (López y Medori, 2019).

CAPÍTULO VI

LA PROPUESTA

6.1 Objetivo de la propuesta

Propuesta de un sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en la urbanización “Jacinto Convit” LBF-II, en la población de los Barrancos de Fajardo, municipio Sotillo, estado Monagas, Venezuela.

6.2 Alcance de la propuesta

Proyectar, calcular y diseñar un sistema de drenajes superficiales que tenga la capacidad de transportar de manera eficiente la esorrentía producida por la pluviosidad que provenga de la urbanización LBF-II, en la población de los Barrancos de Fajardo, municipio Sotillo, estado Monagas, Venezuela.

6.3 Justificación de la propuesta

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

6.4 Metodología de trabajo

Principalmente fue necesaria la delimitación el área y perímetro de la cuenca, recopilación del material técnico correspondiente a los estudios hidrológicos y

topográficos, posteriormente la delimitación y cálculo del área de parcelas, vialidad y vegetación, en función de estos determinamos el coeficiente de escorrentía ponderado, fue imprescindible obtener los valores de pendiente, tiempo de concentración e intensidad, acto seguido se procedió a la estimación del caudal mediante el método racional.

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

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

6.5 Propuesta de canales

La propuesta se basa en un sistema de drenajes conformado por dos (2) parejas de canales principales (situada cada canal en los lados de la vialidad), es decir, una pareja de canales en cada vía principal y en cada vía secundaria. En conjunto, tendrán la capacidad de drenar eficientemente 16.75 hectáreas y un caudal de 4.957 m³/s y manteniendo velocidades superiores a la mínima 0,75 m/s y menores a la máxima 5 m/s.

Las dimensiones de los canales principales oscilaron en profundidad de 0.20 m y 0.40 m y de base se estimó entre 0.30 y 0.75 m.

Las características esenciales de los canales principales y secundarios fueron descritas en la tabla 5.11y en las siguientes figuras:

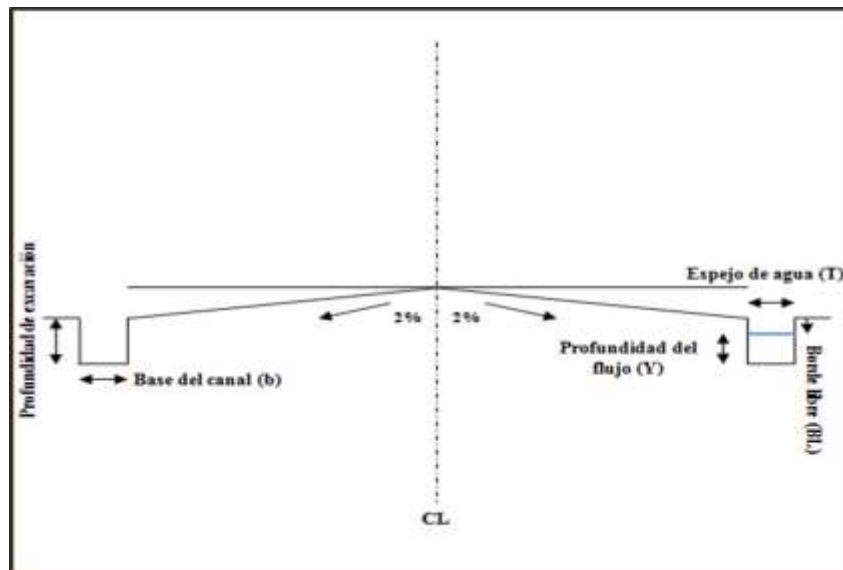


Figura 6.1 Disposición de los canales respecto a la vialidad.

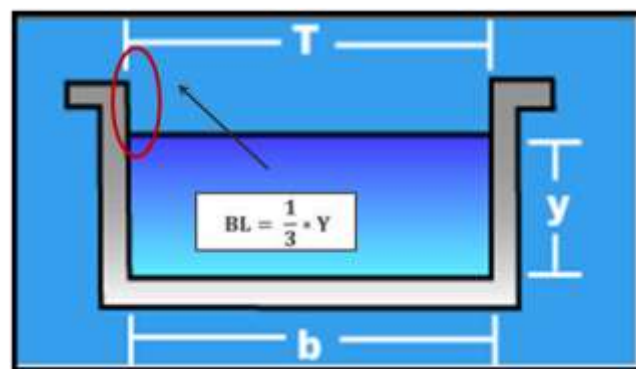


Figura 6.2 Sección transversal rectangular tipo de canales principales y secundarios derecho e izquierdo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

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

1. La zona de estudio presenta un régimen pluviométrico unimodal, definido por un tope de lluvia durante el año, ocurriendo en los meses del verano astronómico (junio, julio, agosto), en estos tres meses se recoge casi el 50 % del volumen total de precipitación anual; asimismo la evaporación promedio anual es elevada, registrando un valor aproximado de 1600 mm por año, destacando dos épocas donde se presentan los valores más altos; aunado a eso la temperatura cumple con la condición de isoterminia, lo que significa que la variación de temperatura entre el mes más cálido y frío no supera los 5°C, característica ratificada por los datos de temperatura suministrados.

2. El área de la cuenca cuenta con 16.75 hectáreas equivalentes a 0.0.167 km² subdivididas en cuatro (4) subcuencas: que fueron codificadas en este estudio por los colores azul, amarillo, rojo y verde. El relieve de la zona presenta sus mayores altitudes en el extremo este del urbanismo y las aguas de escorrentía seguirán patrones preferenciales de flujo en dirección hacia el oeste

3. El caudal de la cuenca producto de las aguas pluviales es de $4.95 \text{ m}^3/\text{s}$ distribuido entre los siete (7) canales principales que se trazaron en la cuenca, cada uno con su respectivo gasto. Las descargas de las subcuencas según su código de color drenarán: la cuenca azul con $1.2056 \text{ m}^3/\text{s}$, cuenca amarilla con $1.2310 \text{ m}^3/\text{s}$, la cuenca roja con $1.2259 \text{ m}^3/\text{s}$ y la cuenca verde con $0.9958 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. El restante aportado por la cuenca ($0.2982 \text{ m}^3/\text{s}$) drenará hacia la parte norte del urbanismo

4. Los parámetros hidráulicos están en función de las dimensiones y forma de las secciones transversales de los canales, los cuales se han diseñado de sección rectangular a efectos de ahorro de espacio transversal de la vía. Variando entre 0.35 m a 0.80 m de profundidad y manteniendo un ancho de base entre 0.3 m (para los secundarios) y 0.5 m (para los principales debido al gasto que deben transportar).

5. El trazado en planta del sistema de drenaje se realizó con el objeto de brindar el mejor desempeño para las condiciones existentes, destacando que su estructura está conformada, en cada subcuenca, por 2 canales principales laterales (derecho e izquierdo) adyacentes a la calzada en cada subcuenca (para un total de siete (7) canales principales y dieciséis (16) canales secundarios), con la capacidad de captar y transportar eficientemente un caudal total de $4.9566 \text{ m}^3/\text{s}$. Asimismo, se elaboraron los perfiles longitudinales que reflejan las condiciones del terreno versus los canales, permitiéndonos observar los desniveles presentes y determinar la cota inicial de los canales proyectados.

Recomendaciones

1. Se sugiere efectuar un estudio comparativo de costos entre la construcción del sistema de drenaje aquí planteado y la construcción de un sistema de drenaje subterráneo
2. Proponer un mantenimiento preventivo de la estructura vial que permita asegurar la capacidad hidráulica, en especial la pendiente transversal que influye directamente en la captación de las aguas de los canales superficiales.

REFERENCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Título	PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE AGUAS DE ESCORRENTIA PLUVIAL EN EL CONJUNTO URBANISTICO JACINTO CONVIT (CODIFICADO LBF-2) EN LA POBLACION DE LOS BARRANCOS DE FAJARDO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
LOPEZ VASQUEZ LUIS GUILLERMO	CVLAC	24.193.436
	e-mail	lopezluisg15@gmail.com
	e-mail	
MEDORI HECTOR JOSE	CVLAC	15.467.920
	e-mail	hector_aimar21@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Elementos hidráulicos de un canal
Ubicación de sumideros
Estimación de caudales de diseño
Caracterización climatológica

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub – área
Ingeniería Sanitaria	Drenaje de aguas pluviales
Hidráulica	Determinación de caudales

Resumen (abstract):

La presente investigación se desarrolla en el urbanismo proyectado “Jacinto Convit” codificado como LBF-II ubicado en la población de Los Barrancos de Fajardo en el municipio José Gregorio Monagas, estado Monagas, Venezuela. El objetivo general de la investigación es proponer un sistema de drenaje basado en canales para la recolección y conducción de aguas de escorrentía de origen pluvial dentro del mencionado urbanismo. Para ello se aplicará una estrategia o diseño de campo y documental enmarcada dentro de esta investigación de tipo proyecto factible. Entre los objetivos específicos planteados se delimitará la cuenca y subcuencas existentes en el urbanismo, codificando las parcelas y tramos viales. Asimismo, se determinará el sentido preferencial del flujo de las aguas de escorrentía dentro del urbanismo. Se determinará el coeficiente de escorrentía ponderado por parcela, el tiempo de concentración y la intensidad de lluvia por tramo vial, y los caudales de drenaje por parcela y por tramo vial. Una vez realizadas estas actividades, se delimitaron cuatro (4) subcuencas a través de las cuales se trazan los canales principales (un par de canales, a ambos lados de la vialidad en cada subcuenca). Estos canales principales tendrán sección rectangular, revestidos de concreto. El coeficiente de escurrimiento ponderado para las parcelas oscila entre 0.005 y 0.524. Mientras que los tiempos de concentración por tramo se mantuvieron alrededor de los 6 minutos a excepción de dos tramos de canales principales que alcanzaron hasta 18 min. La intensidad de lluvia para los tramos se estimó en 610 lps/ha lo cual permitió estimar un caudal drenado total de 4.957 m³/s aportado por toda la cuenca. Se diseñaron un total de 16 canales secundarios (4 en cada subcuenca) y siete (7) canales principales distribuidos a ambos lados de la vialidad por donde se trazaron dichos canales (a excepción del canal sur).

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría, Dafnis	ROL	C ☐ A ☐ T ☒ JU ☐
	CVLAC	V-4.506.408
	e-mail	Echeverriadafnis2807@gmail.com
	e-mail	
Monteverde, Francisco	ROL	C ☐ A ☐ T ☐ JU ☒
	CVLAC	V-12.192.676
	e-mail	Monteverdefr@gmail.com
	e-mail	
Echeverría, Beatriz	ROL	C ☐ A ☐ T ☐ JU ☒
	CVLAC	V-21.013.748
	e-mail	Echeverriabcc92@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2019	12	11

Lenguaje Español

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
TesisMedoriLopez2019.doc

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: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Ingeniería Civil

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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



Comunico a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,


JUAN A. BOLANOS CURRELO
Secretario



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

JABC/YGC/marija

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

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

Medori Héctor
Autor 1

López Luis
Autor 2

TUTOR
Echeverría Dafnis

JURADO 1
Echeverría Beatriz

JURADO 2
Monteverde Francisco