

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



**PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS
PLUVIALES BASADO EN CANALES ABIERTOS PARA EL
DESARROLLO URBANÍSTICO “NEGRO PRIMERO” (M-III),
EN LA POBLACIÓN DE MAPIRE, ESTADO ANZOÁTEGUI,
VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LA BACHILLER
GÁMEZ F., MARÍA X.
PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL.**

CIUDAD BOLÍVAR, MARZO 2022



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

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, intitulado **“PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES BASADO EN CANALES ABIERTOS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO “NEGRO PRIMERO” (M-III), EN LA POBLACIÓN DE MAPIRE, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”**, presentado por la bachiller **GÁMEZ F., MARÍA X.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

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

Ciudad Bolívar, Marzo de 2022

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, mi esposo y mis hijos por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Ha sido el orgullo y el privilegio de tenerlos a mi lado lo que me ha dado la fuerza y la fortaleza para seguir adelante.

A todas las personas que de una manera u otra me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida y la salud, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Andrés y María; a mi esposo Manuel y mis hijos Samuel y Samir, por ser los principales promotores de este logro, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me brindaron.

De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A la Universidad de Oriente por haberme brindado esta oportunidad y por permitirme enriquecer mis conocimientos.

RESUMEN

En la presente investigación se elabora una propuesta de sistema drenaje superficial para la conducción de aguas pluviales para el desarrollo urbanístico “Negro Primero” (M-III) ubicada en la población de Mapire, al sur del estado Anzoátegui en la ribera norte del río Orinoco. La investigación es de tipo proyectiva o proyecto factible para la cual se aplicará un diseño o estrategia de investigación de campo y documental. Para el desarrollo de la investigación se requirió un levantamiento topográfico y un plano de la propuesta urbanística la cual fue suministrada por la empresa Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA). Seguidamente se delimitó la cuenca aportadora de aguas de escorrentía de lluvia. Para dicha zona de estudio se determinó el coeficiente de escorrentía ponderado en función de la cobertura del suelo y las pendientes predominantes. Posteriormente, se determinó el tiempo de concentración y la intensidad de lluvia para cada vialidad del urbanismo a través de la cual escurrirán las aguas de lluvia. Se determinarán los caudales drenados por cada parcela en cada vialidad de la zona de estudio utilizando para ello el método racional. Considerando los caudales de aguas de escorrentía que recibirá cada vialidad se propondrán canales de sección rectangular trazados a ambos lados de las vías internas del urbanismo proyectado. Finalmente, plantea el trazado en planta y los perfiles longitudinales de los canales propuestos; así como también los parámetros geométricos e hidráulicos simulados con la aplicación computarizada HCANALES. Entre los resultados relevantes del estudio se encontró que las características pluviométricas predominantes en el área de estudio se corresponden con un régimen pluviométrico unimodal. El sistema de drenaje planteado tiene la capacidad de captar las aguas de escorrentías de un área de xx ha y transportar un caudal de 4.859 m³/s. Se propusieron cuatro (4) canales principales y veintidós (22) canales secundarios, todos revestidos de concreto, de sección transversal rectangular, trazados a ambos lados de las vialidades. Todos los canales estarán dotados de rejillas superiores metálicas para la protección de la integridad física de los vehículos y de los peatones.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
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	6
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 Flora de la región	10
2.3 Geología del área de estudio	12
2.4 Geomorfología del área de estudio	12
2.5 Suelos del área de estudio	14
2.6 Características generales del río Orinoco	16
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	18
3.1 Antecedentes de la investigación	18
3.2 Fundamentos teóricos	19
3.2.1 Hidrología urbana	19
3.2.2 Sistemas de drenaje	19
3.2.3 Acciones del sistema de drenaje urbano	20
3.2.4 Objetivos de un sistema de drenaje	20
3.2.5 Tipos de Drenaje	21
3.2.6 Variables hidrometeorológicas	22
3.2.7 Canales abiertos	28
3.2.8 Tipos de canales abiertos	29
3.2.9 Tipos de flujo en canales	31
3.2.10 Estados del flujo	32

3.2.11 Distribución de velocidades en canales	33
3.2.12 Geometría de canal.....	34
3.2.13 Elementos geométricos de una sección de canal.....	35
3.2.14 Ecuaciones fundamentales que rigen el flujo de un canal	38
3.2.15 Energía específica en un canal	40
3.2.16 Estimación de gastos máximos. Método racional	44
3.2.17 Tiempo de concentración.....	46
3.2.17 Coeficiente de escurrimiento	48
3.2.18 Curvas Intensidad, duración y frecuencia.....	52
3.2.19 Área de captación y cuenca de drenaje.	54
3.2.20 Determinación de la capacidad hidráulica de una vía.....	55
3.2.21 Trazado de canales abiertos.....	56
3.3 Bases legales	58
3.3.1 Ley Orgánica del Ambiente (2006).....	58
3.3.2 Ley de Aguas (2007).....	60
3.4 Definición de términos básicos	61
3.4.1 Abrupto	61
3.4.2 Áreas inundables	61
3.4.3 Canales de drenajes	61
3.4.4 Cartografía	61
3.4.5 Cavitación	61
3.4.6 Climatología	62
3.4.7 Coeficiente de escorrentía (C)	62
3.4.8 Coeficiente de Manning (n).....	62
3.4.9 Colectores	62
3.4.10 Cota62	
3.4.11 Cuenca.....	63
3.4.12 Cuenca hidrográfica	63
3.4.13 Datum.....	63
3.4.14 Desnivel	63
3.4.15 Embaulamiento.....	64
3.4.16 Escorrentía	64
3.4.17 Fluctuar	64
3.4.18 Hidrología:.....	64
3.4.19 Inundación	64
3.4.20 Meteorología.....	65
3.4.21 Pendiente.....	65
3.4.22 Perfil longitudinal.....	65
3.4.23 Perfil transversal.....	65
3.4.24 Pluviómetro	65
3.4.25 Zanjás	66

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO	67
4.1 Tipo de investigación.....	67
4.1.1 Investigación a proyecto factible.....	67
4.2 Diseño de la investigación	67
4.2.1 Investigación de campo.....	67
4.2.2 Investigación documental	68
4.3 Población de la investigación.....	69
4.4 Muestra de la investigación.....	69
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	69
4.5.1 Técnicas de recolección de datos	69
4.5.2 Instrumentos de recolección de datos	71
4.6 Flujograma de la metodología del trabajo	72
4.6.1 Recopilación bibliográfica y material técnico	72
4.6.2 Caracterización climatológica	72
4.6.3 Definición de parámetros geométricos e hidráulicos	72
4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas.....	73
4.6.5 Cálculo de parámetros hidráulicos de canales	75
4.6.6 Definición de trazado en planta y perfil longitudinal de canales	79
4.7 Flujograma de la investigación	80
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	81
5.1 Caracterización de la pluviosidad del área de estudio	81
5.1.1 Precipitación	82
5.2 Delimitación de la cuenca de drenaje	84
5.2.1 Límites y área de captación	84
5.3 Estimación del coeficiente de escorrentía ponderado.....	90
5.4 Estimación del caudal de drenaje	95
5.4.1 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia	95
5.7 Trazado en planta y perfil longitudinal de los drenajes previstos en la zona de estudio.	103
5.7.1 Trazado en planta	103
5.7.2 Perfiles longitudinales.....	104
CAPÍTULO VI. LA PROPUESTA	107
6.1 Objetivo de la propuesta	107
6.2 Alcance	107
6.3 Justificación	107
6.4 Metodología de trabajo	108
6.5 Propuesta de canales	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
Conclusiones	110

Recomendaciones..... 112
REFERENCIAS..... 113

LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación nacional del área de estudio.....	9
2.2	Ubicación regional del área de estudio (Gámez, 2022).....	10
2.3	Vegetación predominante en el área de estudio (Echeverría, 2019)...	11
2.4	Paisaje del área de estudio (Gámez, 2022).....	13
2.5	Suelos del área de estudio (Echeverría, 2018).....	15
3.1	Abaco para estimación del tiempo de concentración en cuencas rurales (Arocha, 2012).....	48
4.1	Flujograma de la investigación (Gámez, 2022).....	80
5.1	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Mapire. (INAMEH, 2015).....	83
5.2	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2017).....	83
5.3	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Uverito (INAMEH, 2017).....	84
5.4	Límites del desarrollo urbanístico “Negro Primero” (M-III).....	85
5.5	Codificación de parcelas (Gámez, M.2022).....	86
5.6	Codificación de nodos (Gámez, M.2022).....	86
5.7	Definición de direcciones de flujos (Gámez, M.2022).....	87
5.8	Trazado en planta del sistema de drenaje.....	103
5.9	Perfil longitudinal de canal principal 5-1 izquierdo (Gámez, M. 2022).....	105
5.10	Perfil longitudinal de canal principal 11-1 derecho (Gámez, M. 2022).....	105
5.11	Perfil longitudinal de canal principal 11-26 izquierdo (Gámez, M. 2022).....	106
5.12	Perfil longitudinal de canal principal 30-26 derecho (Gámez, M. 2022).....	106
6.1	Sección transversal rectangular típica de los canales proyectados (Gámez, 2022).....	109
6.2	Sección transversal de los canales laterales a la vialidad (Gámez, 2022).....	109

LISTA DE TABLAS

		Página
2.1	Coordenadas UTM de los vértices del área de estudio. (Datum REGVEN, Huso 20, elipsoide GRS-80). (Gámez, 2022).....	10
3.1	Velocidades de escurrimiento en laderas. Cobertura Vegetal (V= m/minutos). (Arocha Ravelo, 2012).....	47
3.2	Coefficiente de escurrimiento (Bolinaga, 1979).....	50
3.3	Coefficientes de escurrimiento de acuerdo a la zonificación del uso de tierra (Bolinaga, 1979).....	51
3.4	Factores de incremento de “C” (Bolinaga, 1979).....	52
4.1	Valores de Intensidad (INAMEH, 2014).....	74
4.2	Valores de velocidades máximas (Beltran González, 2004).....	76
5.1	Características de las estaciones climatológicas utilizadas (INAMEH, 2017).....	81
5.2	Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1971 – 2011 (INAMEH, 2015).....	83
5.3	Áreas de la cuenca (Gámez, 2022).....	84
5.4	Distribución de áreas por parcelas codificadas de la A a la J según su uso (Gámez, M. 2022).....	88
5.5	Distribución de áreas por parcelas codificadas de la K a la T según su uso (Gámez, M. 2022).....	89
5.6	Coefficientes de escurrimiento (Aparicio 2001).....	90
5.7	Coefficientes de escurrimiento ponderado de las parcelas A, B, C, D y E (Gámez, M. 2022).....	91
5.8	Coefficientes de escurrimiento ponderado de las parcelas F, G, H, I y J (Gámez, M. 2022).....	92
5.9	Coefficientes de escurrimiento ponderado de las parcelas K, L, M, N y O (Gámez, M. 2022).....	93
5.10	Coefficientes de escurrimiento ponderado de las parcelas P, Q, R, S y T (Gámez, M. 2022).....	94
5.11	Datos de Intensidad (mm/h) para diferentes duraciones y diferentes períodos de retorno de la estación Mapire (CVG-Tecmin, 2014).....	96
5.12	Intensidad de lluvia para cada tramo vial (Gámez, 2022).....	96
5.13	Caudal aportado por las parcelas de la A a la J (Gámez, M. 2022).....	97
5.14	Caudal aportado por las parcelas de la K a la T (Gámez, M. 2022)....	98
5.15	Caudales conducidos por los canales secundarios con flujo sur-norte (Gámez, M. 2022).....	99
5.16	Caudales conducidos por los canales secundarios con flujo norte-sur (Gámez, M. 2022).....	99
5.17	Caudales conducidos por los canales secundarios con flujo este - oeste (Gámez, M. 2022).....	100

5.18	Caudales conducidos por los canales principales (Gámez, M. 2022)	100
5.19	Capacidad hidráulica de las vías (Gámez, M. 2022).....	1001
5.20	Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales proyectados (Gámez, M. 2022).....	102

INTRODUCCIÓN

Cada día más, el creciente número de desarrollos urbanísticos, proyectados y en construcción, incluyen una gran diversidad de tipo de viviendas y tendido de carreteras, las cuales modifican el equilibrio natural en el ciclo hidrológico (precipitación, escorrentía, evaporación e infiltración) haciendo necesaria la implementación de obras civiles tales como canales de drenajes para la conducción y encauzamiento de las aguas pluviales.

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, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie.

Un canal de drenaje es aquel por donde se transportan los fluidos, generalmente aguas de escorrentía pluvial, y a diferencia de las tuberías, se encuentra abierto a la presión atmosférica.

El principal objetivo es proponer un sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en el desarrollo urbanístico “Negro Primero” (M-III) en la población de Mapire (estado Anzoátegui),

De acuerdo a esto, el alcance de la investigación es elaborar un sistema de drenaje superficial basado en canales abiertos, que sea capaz de recibir el gasto que se genere dentro del futuro urbanismo “Negro Primero” (codificado como M-III), destacando que no existe limitación alguna para el logro de dicho alcance. La

metodología aplicada a la investigación está enmarcada en un proyecto factible, con un diseño o estrategia a seguir de campo y documental.

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

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

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

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

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

El capítulo V apela a la propuesta del Sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en la José Félix Ribas (M-2), y se muestra los cálculos realizados y obtenidos referentes a caudales y elementos hidráulicos, además de esquemas de secciones transversales y perfiles longitudinales.

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

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del Problema

A nivel mundial se observan los efectos producidos por las lluvias torrenciales que afectan distintos lugares del planeta provocando inundaciones, ya que estas se deben a las fuertes lluvias y al estado de los terrenos, pero en otros casos también son causadas por un desarrollo urbano desorganizado y falta de infraestructura.

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

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

Captar y aprovechar el agua de lluvia también es una solución para mitigar inundaciones, ya que se puede controlar y almacenar el escurrimiento pluvial, evitando que se saturen drenajes y que aumenten el flujo de agua en zonas urbanas

causando los efectos que se repiten cada temporada de lluvia y que puede ser catastróficos para la población.

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

Atendiendo a todas las consideraciones expuestas por la comunidad, es que se propone realizar una ingeniería básica de un sistema de drenaje para aguas de lluvia basado en canales abiertos en el futuro desarrollo urbanístico “Negro Primero” (codificado M III), en la población de Mapire, municipio José Gregorio Monagas del estado Anzoátegui, Venezuela.

Ante las situaciones antes mencionadas surgen las siguientes interrogantes:

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

¿Cuáles son los parámetros dimensionales y el coeficiente de escurrimiento que corresponde a la zona de captación del área en estudio?

¿Cuál será la magnitud del caudal de escorrentía de aguas pluviales que aportaría la cuenca y sub cuencas presentes en la zona?

¿Cómo definir el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales en el área de estudio?

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

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Proponer la ingeniería básica para un sistema de drenaje de aguas pluviales basado en canales abiertos en el desarrollo urbanístico “Negro Primero” (M-III) en la población de Mapire, estado Anzoátegui, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las características pluviométricas que incidirán en el dimensionamiento del sistema de drenaje del área en estudio.
2. Delimitar las cuencas y sub cuencas que aportarán aguas de escorrentía al sistema 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 como parámetro básico para su dimensionamiento.
5. Definir el trazado en planta y el trazado longitudinal de los canales del sistema de drenaje.
6. Determinar los elementos geométricos e hidráulicos del sistema de drenaje superficial de aguas pluviales.

1.3 Justificación de la investigación

Al objeto de solucionar los problemas de inundación existentes en una determinada zona urbana, y las tendientes a disminuir la escorrentía (aumentar la retención superficial y la infiltración).

Además de estas actuaciones, es evidente que una correcta gestión de las infraestructuras y servicios relacionados con el servicio urbano puede ayudar a mejorar su eficacia, como por ejemplo, evitar las construcciones en zonas adyacentes a los mismos; debido que esto aumentaría la población y se vería afectado los canales ya que no tendrían el espacio ni el tamaño adecuado para cumplir su objetivo.

Puede decirse que los beneficios que arrojaría el sistema de drenaje óptimo y funcional para el desarrollo urbanístico “Negro Primero” será de gran impacto, por cuanto se verá optimizado su estilo y calidad de vida.

Así pues, ante la presencia de ciclos lluviosos no estarán supeditados a las eventualidades relacionadas con el libre tránsito por ese sector, tanto para sus habitantes como para cualquier otra persona que transite por las vías internas de la urbanización.

1.4 Alcance de la investigación

Esta propuesta tiene por objeto definir las condiciones que deben ser tenidas en cuenta para el diseño de la red de canales superficiales colectores que componen el sistema de drenaje del urbanismo “Negro Primero” para la recolección y evacuación de aguas pluviales fuera del desarrollo urbanístico con la finalidad de evitar daños y molestias a la comunidad involucrada.

El estudio abarcará desde un análisis de la precipitación en la zona, como causante primario de las aguas de escorrentía, hasta la ubicación en planta y vertical, además del dimensionamiento geométrico y determinación de los parámetros hidráulicos de los canales propuestos.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación y acceso al área de estudio

El área para la realización del estudio hidrológico, abarcó una superficie de 18.39 ha aproximadamente, perteneciente a la población de Mapire, municipio José Gregorio Monagas del estado Anzoátegui.

El acceso a las áreas se realiza desde Pariaguán, hacia el oeste; desde esta población, el mismo se inicia por la carretera Local 9 (L009) con un recorrido de 52 km hasta el centro poblado de San Diego de Cabrutica y se recorre unos 99 km hasta la capital del municipio José Gregorio Monagas (Mapire). (figura 2.1 y tabla 2.1



Figura 2.1. Ubicación nacional del área de estudio.



Figura 2.2 Ubicación regional del área de estudio (Gámez, 2022).

Tabla 2.1. Coordenadas UTM de los vértices del área de estudio. (Datum REGVEN, Huso 20, elipsoide GRS-80). (Gamez, 2022).

Punto	Este	Norte
V-1	312000	858000
V-2	312500	858000
V-3	312000	857250
V-4	312500	857250

2.2 Flora de la región

La vegetación en los sectores a desarrollar están dominados por sabanas y chaparrales, imperando el paisaje de gramíneas y sin la presencia notable de árboles de gran envergadura. Los chaparrales reciben su denominación por estar compuestos

principalmente por árboles achaparrados (de poca altura) resistentes al fuego y a suelos pobres. Eventualmente en los cursos de ríos y caños se presentan bosques de galería con Moriches fragmentados, que aprovechan la disponibilidad de agua para desarrollarse. (Figura 2.3).



Figura 2.3 Vegetación predominante en el área de estudio (Echeverría, 2019)

Entre las especies dominan: *Curatella americana* (Chaparro), *Byrsonima crassifolia* (Chaparro manteco), *Byrsonima coccolobifolia* (Manteco merey) y *Bowdichia virgilioides* (Alcornoque), mientras que el estrato herbáceo de estructura continua, interrumpido por el estrato leños, está representado por las especies como: *Solanum hirtum* (Huevo de gato), *Borreria verticillata* (Francisco) y *Trachypogon montufari* (Paja velluda).

Los Bosque de Galería, son siempre verdes que presentan alturas que varían de bajas a medias, conformado por árboles de 12 y 15 m de alto con cobertura media a rala y predominio de *Mauritia flexuosa* (Moriche) y esporádicos individuos de la especies *Licania apetala* (Mamoncillo), *Pera glabrata* (Pilon rosado), *Andira surinmensis* (Pilón) y *Coccoloba latifolia* (Uvero).

Los árboles entre 6 y 11 m de alto, entre los que se encuentran *Tapirira guianensis* (Patillo), *Mabea nitida* (Pata de paují), *Coccoloba acuminata* (Uverito), *Albizia pistaciifolium* (Hueso de pescado), *Cassia moschata* (Cañafistola), *Alibertia latifolia* (Carutilla), *Lonchocarpus fendleri* (Majomo) y *Amaioua corymbosa* (Canilla de venado).

2.3 Geología del área de estudio

Las áreas de estudio, están representadas por la formación Mesa, constituidas por arenas no consolidadas, arcillas, calizas y limonitas, además de concreciones de hierro, grava y cuarcita provenientes del Cuaternario, y aún más jóvenes son los depósitos sedimentarios originados por las inundaciones periódicas generadas por las crecientes de los ríos; también predominan las llanuras.

2.4 Geomorfología del área de estudio

Fisiográficamente, los sectores se ubican en la Región Natural de los Llanos Orientales. Dentro de la misma se diferencian el paisaje de Altiplanicie de mesa, cuyo tipo de relieve es una mesa y la forma del terreno varía entre plano ha suavemente inclinado. La pendiente de esta unidad geomorfológica está entre 2% y 4%. (Figura 2.4)



Figura 2.4 Paisaje del área de estudio (Gámez, 2022).

Geológicamente este paisaje está constituido por sedimentos formado por depósitos aluviales de edad Plio-pleistoceno, correspondiente a la Formación Mesa. Además, presentan un perfil topográfico rectilíneo a suavemente inclinado, sin 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 deposito un manto superficial de sedimentos aluviales.

En términos generales, puede afirmarse que los procesos erosivos es de tipo laminar, de intensidad baja a ligera y de modalidad generalizada, presenta un balance morfodinámico casi estable, ya que constituye un medio con pocos o sin problemas de erosión. No obstante durante los períodos de lluvia en zonas desprovistas de vegetación los procesos erosivos son ligeros a moderados.

El área de estudio presenta un potencial morfodinámico que varía entre baja, a moderado, esta clase de potencial corresponde a la superficie plano- suavemente inclinado, debido a que los factores de precipitación, cobertura vegetal y pendiente no favorecen los procesos erosivos severos.

Puede decirse que la cantidad de lluvia es relativamente baja, la vegetación es sabana arbustiva 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.

Estas áreas planas y suavemente inclinadas, han sido intervenidas para la construcción de fundos y uso pecuario, sobre una formación vegetal de sabana gramínea.

2.5 Suelos del área de estudio

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

Estos suelos exhiben un avanzado desarrollo pedogenético, 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). Presentan un avanzado desarrollo evolutivo, son muy profundos (más de 150 cm. de espesor), con

colores marrón grisáceo oscuro, marrón amarillento y marrón, en superficie; y en profundidad, rojo amarillento, amarillo rojizo y rojo.

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

Por último, en menor proporción, hacia los drenajes superficiales que cruzan el área de estudio, se presentan suelos de moderado desarrollo evolutivo, moderadamente profundo a profundo, de origen coluvio-aluvial, moderadamente drenado a pobremente drenado, con colores que van de marrón oscuro a grises, de textura arenosa a franco arcillo arenosa a medida que aumenta la profundidad. Son suelos que 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. (figura 2.5)



Figura 2.5 Suelos del área de estudio (Echeverría, 2018).

2.6 Características generales del río Orinoco

El río Orinoco drena una cuenca de $1,1 \times 10^6$ Km² 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 m.s.n.m.) 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 Manamo 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 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 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 e 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 resuspensión o hundimiento de las masas de agua y los sedimentos.

Se caracteriza por poseer una planicie de inundación muy amplia a ambos 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 casi 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.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

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

Echeverría, B. (2015), elaboró su trabajo de grado titulado “INGENIERÍA BÁSICA DE UN SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES PARA EL CONJUNTO RESIDENCIAL JOSÉ GREGORIO MONAGAS, EN SAN DIEGO DE CABRUTICA, MUNICIPIO JOSÉ GREGORIO MONAGAS, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”, presentando como objetivo específico presentar una propuesta de un sistema para la recolección de aguas de escorrentía de lluvia en el conjunto residencial mencionado.

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

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

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

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Hidrología urbana

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

3.2.2 Sistemas de drenaje

Se entenderá por sistema de drenaje un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar en la medida de lo posible que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana, es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos.

Dentro del término "aguas pluviales" quedan comprendidas no solamente las aguas originadas por las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas

urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que provienen de otros sectores y discurren a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie.

3.2.3 Acciones del sistema de drenaje urbano

Las acciones a que se refiere la definición de sistema de drenaje urbano pueden ser de dos tipos: Preventivas, que disminuyen los daños mediante la administración adecuada de los usos de las áreas potencialmente sujetas a ellos; y Correctivas, que alivian esos daños en las áreas donde las medidas de tipo preventivo son insuficientes.

Como un ejemplo práctico podemos decir que las acciones que impliquen la construcción de una obra hidráulica, u otras cuyas dimensiones y características se modifiquen por razones hidráulicas, son correctivas, y las restantes se consideran preventivas.

3.2.4 Objetivos de un sistema de drenaje

Un sistema de drenaje urbano debe de estar dirigido al logro de unos objetivos, es decir los fines o intenciones hacia los cuales se dirigen las acciones a llevar a cabo.

Estos objetivos son dos uno básico, que evita al máximo posible los daños que las aguas de lluvia puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano; y un objetivo complementario, que propone garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones.

3.2.5 Tipos de Drenaje

3.2.5.1 Drenaje superficial

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

3.2.5.2 Drenaje secundario

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

3.2.5.3 Drenaje primario

Es el conjunto de acciones correctivas constituido por los cauces naturales, los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas a salvaguardar la vida de las personas y evitar el daño a las propiedades existentes en las áreas de escurrimiento.

Sin embargo, en la práctica lo anterior se traduce en que el drenaje primario debe ser concebido principalmente en forma tal, que conjuntamente con las acciones preventivas cumpla con el objetivo básico, comprobándose su funcionamiento para el complementario; y en el caso del drenaje superficial y secundario debe verificarse en primer lugar el objetivo complementario y luego comprobar para el básico.

Una manera sencilla de distinguir el drenaje primario del secundario, es asociándolo al caso de un conducto artificial.

Si las dimensiones del conducto establecidas de acuerdo a la función complementaria permanecen sin modificaciones y garantizan el grado de protección requerido en la función básica, entonces el conducto es un drenaje secundario, pero si por el contrario existe la necesidad de aumentar esas dimensiones para garantizar el buen funcionamiento del sistema, entonces estamos en presencia de un drenaje primario.

Asimismo, la secuencia del escurrimiento no es necesariamente del drenaje superficial, al secundario y luego al primario, pues el drenaje secundario puede ser parcial o totalmente descartado.

3.2.6 Variables hidrometeorológicas

3.2.6.1 Caudal

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,...) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Generalmente se mide en 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 sea menor que la superficie de evaporación (a 100% de humedad relativa no hay evaporación).

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

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

3.2.6.3 Evapotranspiración

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

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

- d. La radiación solar.
- e. La temperatura.

3.2.6.4 Precipitación

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

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

3.2.6.5 Humedad.

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

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

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

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

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

3.2.6.6 Temperatura

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

La temperatura está íntimamente relacionada con la energía interna y con la entalpía de un sistema: a mayor temperatura mayor será la energía interna y la entalpía del sistema. La temperatura es una propiedad intensiva, es decir, que no depende del tamaño del sistema, sino que es una propiedad que le es inherente y no depende ni de la cantidad de sustancia ni del material del que este compuesto.

3.2.6.7 Radiación solar

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

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

3.2.6.8 Viento

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

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

3.2.6.9 Presión Atmosférica

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

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

Como la densidad del aire disminuye conforme aumenta la altura, no se puede calcular ese peso a menos que seamos capaces de expresar la variación de la densidad del aire 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.

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. (tabla 2).

3.2.14 Ecuaciones fundamentales que rigen el flujo de un canal

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

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

Nota: Las velocidades promedio utilizadas arriba pueden ser determinadas promediando sobre el tiempo en un punto en el espacio o sobre un área horizontal a un punto en el tiempo. Desde este punto y en adelante, las estadísticas pertinentes se definirán únicamente en la dirección x con el entendimiento tácito de que estas definiciones se aplican también a las dos direcciones remanentes de las coordenadas cartesianas. La velocidad de tiempo promedio es definida como:

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

Dónde:

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

La velocidad promedio espacialmente es dada por:

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

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

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

Los parámetros estadísticos de interés son:

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

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

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

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

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

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

3.2.15 Energía específica en un canal

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

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

Dónde:

H: Energía específica.

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

p: Presión.

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 fuerzas cortantes, y únicamente la fuerza gravitacional del cuerpo y las fuerzas en la superficie sobre los límites de la partícula, deben de ser considerados. La fuerza gravitacional es $\rho g \delta A \delta s$, la fuerza de presión sobre la cara

que esta aguas arriba es $p \delta A$, y la fuerza de presión sobre la cara aguas abajo es $[p + (\delta p / \delta s) \delta d] \delta A$. Aplicando la segunda ley de movimiento de Newton en la dirección del flujo, se obtiene:

$$F_s = a_s \delta m$$

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

Dónde:

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

Simplificando esta ecuación tenemos:

Produce

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

La ecuación (3.12) es conocida como la ecuación de Euler de movimiento a lo largo de una línea de corriente. Si $a_s = 0$, la ecuación (3.12) puede ser integrada para obtener la ley hidrostática; i.e., la presión varía en forma lineal con respecto a la profundidad.

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

del flujo y , si el plano de referencia es tomado como el fondo del canal. Entonces, por definición, la energía específica de un flujo en el canal abierto relativo al fondo del canal es:

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

Dónde:

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

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

La suposición inherente en la ecuación (3.13) es que la pendiente del canal es pequeña, o $\cos \theta \simeq 1$, 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 (3.13) 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.

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

Dónde:

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

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

Dónde:

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

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

Dónde:

Q: Gasto total.

dA : Un incremento de área.

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

3.2.16 Estimación de gastos máximos. Método racional

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

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

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

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

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

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:

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

Dónde:

Q : Gasto máximo en litros/seg.

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

A : Área tributaria en hectáreas.

C : Coeficiente de escorrentía.

El método tiene una serie de limitaciones a saber:

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

2. La lluvia es uniforme en el espacio; es decir, tiene la intensidad al mismo tiempo sobre toda el área tributaria. Esto es prácticamente válido para áreas muy pequeñas.
3. Ignora el efecto de almacenamiento o retención temporal en las superficies, conductos, cauces, etc., el cual es mayor mientras menos impermeable sea el área.
4. El coeficiente de escorrentía es constante, lo cual es solo cierto para áreas impermeables.
5. Supone que el gasto calculado tiene la misma frecuencia de la precipitación, lo cual es más cierto en áreas impermeables, donde las condiciones previas de humedad del subsuelo no influyen significativamente en la escorrentía.

Las limitaciones anteriores llevan a la conclusión de que la fórmula 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 fórmula se reduce básicamente a encontrar los valores adecuados de t_c y C .

3.2.17 Tiempo de concentración

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dónde:

L: Longitud del cauce más largo, en metros.

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

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

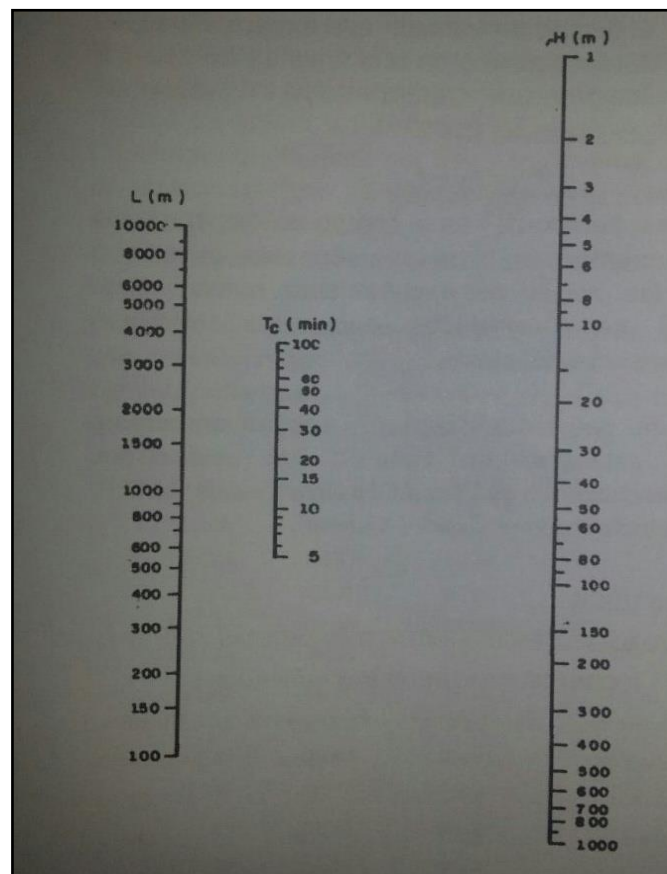


Figura 3.1 Abaco para estimación del tiempo de concentración en cuencas rurales (Arocha, 2012).

3.2.17 Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento C representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa y toma valores entre cero y uno, varía apreciablemente entre una

cuenca y otra, y de una tormenta a otra, debido a las condiciones de humedad iniciales. Sin embargo, es común tomar valores de C representativos de acuerdo con ciertas características de las cuencas como la vegetación, pendientes del terreno y uso de suelos.

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

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

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

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

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

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

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

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

TIPO DE ÁREA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "C"
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	-----			
PARQUES		0,25	0,30	0,35
ZONAS VERDES		0,15	0,20	0,35

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

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

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

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

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

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

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.

3.2.18 Curvas Intensidad, duración y frecuencia.

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

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

3.2.18.1 Intensidad:

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

Donde P es la altura de agua de precipitación en mm o pulgadas, y T_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.

3.2.18.2 Probabilidad de excedencia

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

3.2.18.3 Frecuencia

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

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

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

3.2.19 Área de captación y cuenca de drenaje.

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

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

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

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

Dónde:

A: Área de captación, 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.

3.2.20 Determinación de la capacidad hidráulica de una vía

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

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

Dónde:

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

A = Área de la sección del flujo en 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.

3.2.21 Trazado de canales abiertos

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

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

2. Planos topográficos y catastrales.

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

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

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

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

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

—

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

3.3 Bases legales

3.3.1 Ley Orgánica del Ambiente (2006)

Conservación del suelo y del subsuelo

Artículo 62

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

- 1.** La clasificación de los suelos en función de sus capacidades agroecológicas.
- 2.** El uso y aprovechamiento del suelo y del subsuelo debe realizarse en función a su vocación natural, la disponibilidad y acceso a las tecnologías ambientalmente seguras, a fin de evitar su degradación.
- 3.** La adopción de medidas tendientes a evitar y corregir las acciones que generen erosión, salinización, desertificación o modificación de las características topográficas y otras formas de degradación del suelo y del paisaje.
- 4.** La restauración y recuperación del suelo y del subsuelo que haya sido afectado por la ejecución de actividades.

Registro de información ambiental

Artículo 66

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

Alcance del Registro de Información Ambiental

Artículo 67

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

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

3.3.2 Ley de Aguas (2007)

Formas de control y manejo

Artículo 12

El control y manejo de las aguas se realizara mediante:

1. La clasificación de los cuerpos de agua o sectores de estos, atendiendo a su calidad, usos actuales, y potenciales.
2. El establecimiento de rangos y límites máximos de elementos contaminantes en los afluentes líquidos generados por fuentes puntuales.
3. Establecimiento de condiciones y medidas para controlar el uso de agroquímicos y otras fuentes de contaminación no puntuales.
4. La elaboración y ejecución de programas maestros de control y manejo de los cuerpos de agua, donde se determinen las relaciones causas - efectos entre fuentes contaminantes y problemas de la calidad de aguas...

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

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Abrupto

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

3.4.2 Áreas inundables

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

3.4.3 Canales de drenajes

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

3.4.4 Cartografía

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

3.4.5 Cavitación

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

34.6 Climatología

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

3.4.7 Coeficiente de escorrentía (C)

Se denomina coeficiente de escorrentía al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso (lluvia neta), y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total). Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial. (Gustavo A, 2003).

3.4.8 Coeficiente de Manning (n)

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

3.4.9 Colectores

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

3.4.10 Cota

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

3.4.11 Cuenca

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

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

3.4.12 Cuenca hidrográfica

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

3.4.13 Datum

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

3.4.14 Desnivel

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

3.4.15 Embaulamiento

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

3.4.16 Escorrentía

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

3.4.17 Fluctuar

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

3.4.18 Hidrología:

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

3.4.19 Inundación

Son producto de las fuertes lluvias que a causa de la acción indiscriminada del hombre en cuencas, cauces de los ríos y quebradas y el depósito de basura que taponan

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

3.4.20 Meteorología

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

3.4.21 Pendiente

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

3.4.22 Perfil longitudinal

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

3.4.23 Perfil transversal

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

3.4.24 Pluviómetro

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

3.4.25 Zanjas

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

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

4.1.1 Investigación a proyecto factible

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

“consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades (p. 16).

Esta investigación se considera proyecto factible porque se trata de una propuesta de acción para la captación y conducción de aguas pluviales del futuro desarrollo urbanístico “Negro Primero” (M-III) en la población de Mapire.

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 Investigación de campo

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

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

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

4.2.2 Investigación documental

De acuerdo con el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales (2003): Se entiende por Investigación Documental:

“el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos”. (p. 20).

Debido a la necesidad de consultar material obtenido mediante la observación directa y la ejecución de estudios in situ, como planos topográficos y detalles estructurales del área de estudio.

La investigación se considera documental, ya que los datos climatológicos fueron extraídos de bases de datos tabulados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) y fue necesaria la recopilación de estudios y términos de fuentes bibliográficas.

4.3 Población de la investigación

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

En el presente caso se considerará como población de la investigación toda la superficie de la zona que se desea urbanizar susceptible de captar y drenar aguas pluviales en la urbanización “Negro Primero” (M-III).

4.4 Muestra de la investigación

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

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

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.5.1 Técnicas de recolección de datos

Según Arias. F. (1999) “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información.

Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido, etc.” (p. 25)

4.5.1.1 Observación directa

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

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

4.5.1.2 Revisión documental

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

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

4.5.1.3 Consultas académicas

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

4.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Según Arias, F. (2006) “Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guías de entrevista, lista de cotejo, grabadores, escalas de actitudes u opinión, etc.” (p.25)

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

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

Por otra parte, según Finol y Camacho (2006): “un cuaderno de notas es una documento similar al diario. En él se registran las informaciones de los hechos, eventos o acontecimientos en el propio terreno; ayudará a analizar la situación al momento de recoger el material”. (p 77).

4.6 Flujograma de la metodología del trabajo

La propuesta de un sistema de drenaje superficial para conducción de aguas pluviales en el futuro desarrollo urbanístico “Negro Primero (codificado M-III), ubicado en la población de Mapire, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela, se llevó a cabo, siguiendo la metodología que mejor se ajusta al logro de los objetivos propuestos; cumpliendo a su vez, con la secuencia de trabajo definida por la figura 4.1, donde se reflejan las diversas etapas involucradas en el desarrollo de la investigación.

4.6.1 Recopilación bibliográfica y material técnico

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

4.6.2 Caracterización climatológica

Este punto de la investigación estuvo basado en describir las condiciones del área de estudio en función de principal variable hidrometeorológica que afectará el área de estudio para efectos del objeto de esta investigación, tal como es la precipitación.

4.6.3 Definición de parámetros geométricos e hidráulicos

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

4.6.3.1 Área de captación y perímetro

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

4.6.4 Determinación del caudal de cuenca y subcuencas

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

4.6.4.1 Categorización y determinación de áreas

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

4.6.4.2 Estimación del tiempo de concentración e intensidad

La estimación del tiempo de concentración requirió de información extraída del plano topográfico y fue determinado a través de la ecuación (3.18), acto seguido se procedió a determinar la intensidad correspondiente a cada tiempo de concentración basándose en los valores de intensidad, duración y frecuencia de lluvias de la estación Mapire.

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

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

4.6.4.3 Determinación de coeficientes de escorrentía

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

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

Los valores parámetros de coeficiente de escorrentía se extrajeron de las tablas (3.1) y (3.2) y estableciéndolos de la siguiente manera:

Jardines y zonas verdes 0,30

Residencias multifamiliar separadas (Urbanismo) 0,60

Pavimento asfalto 0,825

4.6.4.4 Determinación de caudales

En esta etapa se determinaron los caudales producidos dentro del urbanismo, mediante la ecuación del método racional (3.19), en función del área aportada en la zona respectiva y los valores correspondientes de coeficiente de escorrentía ponderado e intensidad.

4.6.5 Cálculo de parámetros hidráulicos de canales

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

- a. Pendiente longitudinal: esencial debido a que una buena pendiente aumentará la velocidad y contribuirá a la disminución de la sección del canal.
- b. Coeficiente de rugosidad: criterio importante que está definido por el tipo de material que conformará la estructura de los canales.
- c. Ancho de la calzada: fundamental al momento de establecer una base para el canal, ya que establece el espacio disponible para introducir los canales sin estorbar o disminuir la capacidad vial.
- d. Velocidad mínima y máxima: definir la velocidad mínima es importante ya que asegura que el flujo contará con la velocidad suficiente como para evitar la sedimentación de partículas y distintos elementos que puedan correr a través del canal, y el caso de la velocidad máxima es significativo ya que define el límite superior de la velocidad, resguardando la estructura de posible erosión por efecto de

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

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

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

4.6.5.2 Definición de pendiente de diseño del canal

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

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

4.6.5.3 Determinación de dimensiones de la sección

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

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

4.6.5.4 Determinación de parámetros hidráulicos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.6.6 Definición de trazado en planta y perfil longitudinal de canales

4.6.6.1 Definición de trazado en planta

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

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

4.6.6.2 Elaboración de perfiles longitudinales

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

4.7 Flujo de la investigación

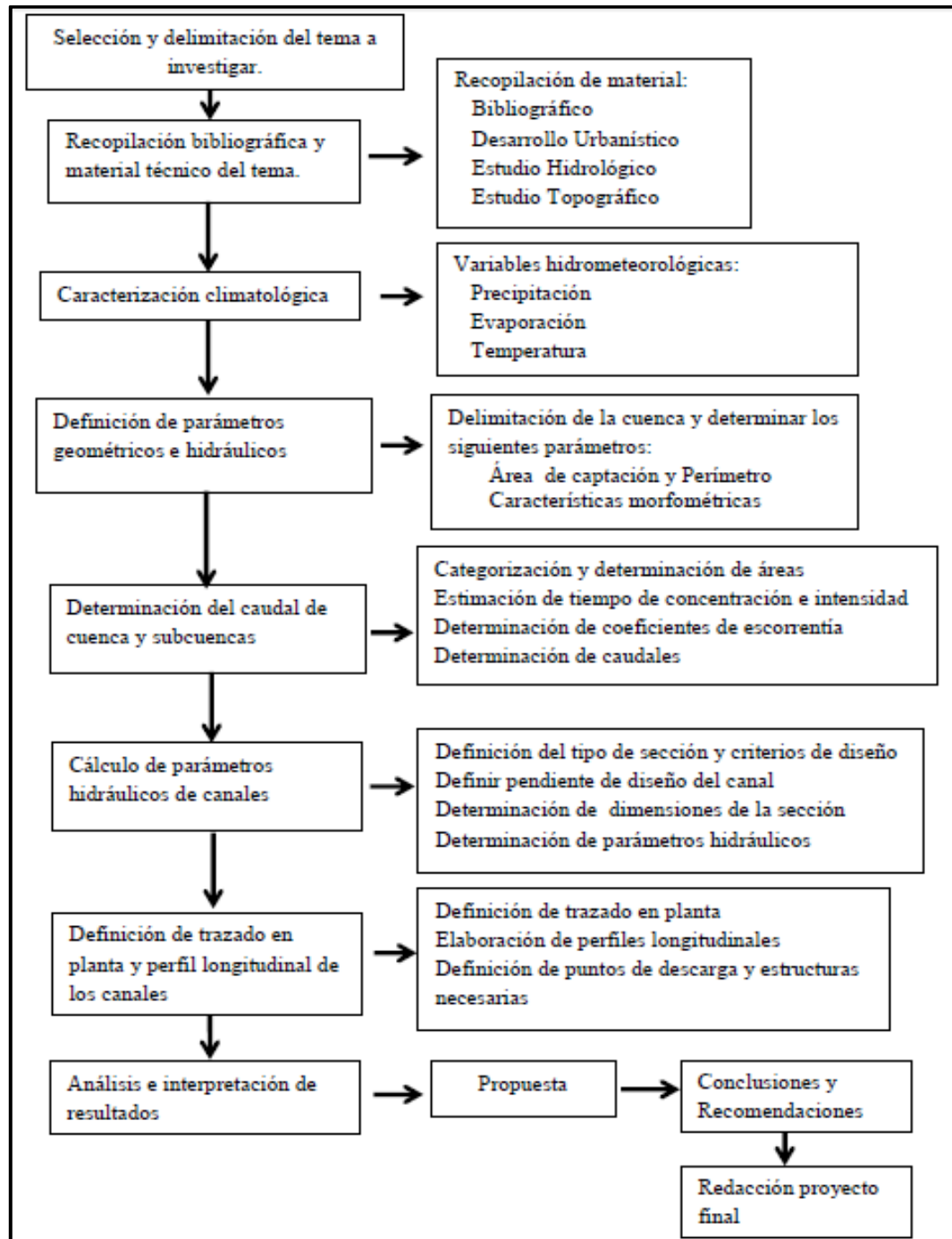


Figura 4.1 Flujo de la investigación (Gómez, 2022).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización de la pluviosidad del área de estudio

El área de estudio está conformada por una superficie actual de 18.39 ha, en la cual se han actualizado las características de la pluviosidad. Para el análisis temporal de la precipitación, se utilizaron los datos registrados en las estaciones dentro del perímetro o en su área de influencia inmediata.

Para establecer las características pluviométricas se efectuó un análisis cuantitativo, con base en los datos de los promedios mensuales y anuales de los parámetros registrados en las estaciones hidrometeorológicas Mapire, Musinacio, y Uverito cuyos datos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones mencionadas.

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

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Organismo
Mapire	Pr	2620	07°45'24''	64°43'40''	57	INAMEH
Musinacio	C1	4712	07°42'10''	64°46'30''	52	INAMEH
Uverito	PR	3752	08°07'48''	64° 43'36''	120	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 1300 mm anuales, la temperatura media anual oscila alrededor de los 28.3°C y su evaporación promedio supera los 2.500 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.

5.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 1.300 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 1971-2011; con base en ellos se elaboraron las figuras 5.1, 5.2 y 5.3.

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 anua, donde 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 1971 – 2011 (INAMEH, 2015).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Mapire	11,5	6,8	11,6	61,1	148,6	247,0	250,0	218,0	172,4	100,4	76,0	28,1	1331
Musinacio	9,3	7,2	14,1	71,7	171,3	278,1	295,3	250,2	207,0	110,3	75,2	31,1	1521
Uverito	9,4	10,1	10,4	45,9	94,2	168,3	171,8	196,1	136,5	96,0	62,6	29,1	1030

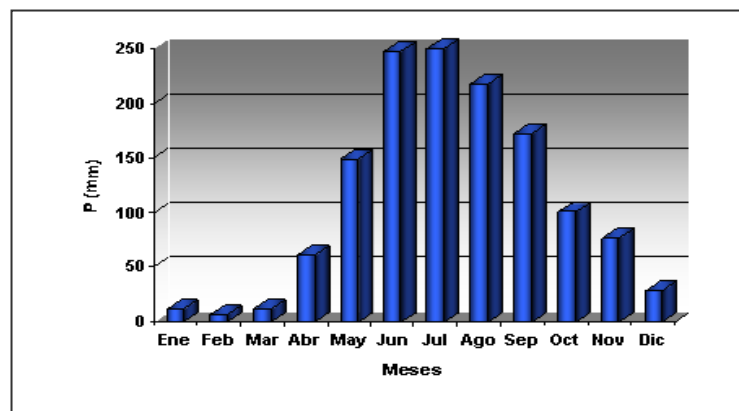


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Mapire. (INAMEH, 2015).

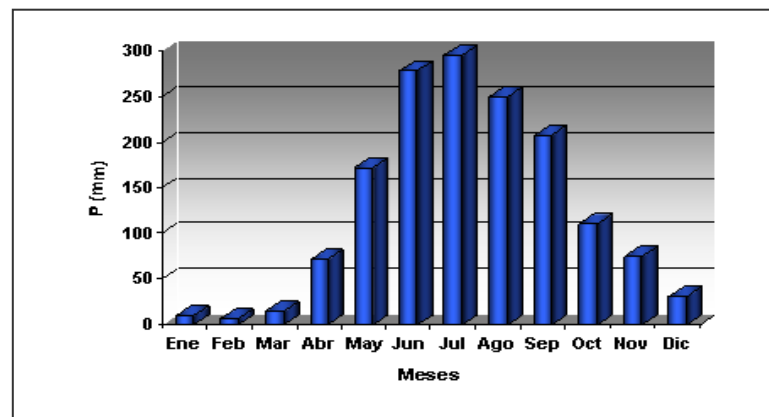


Figura 5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2017).

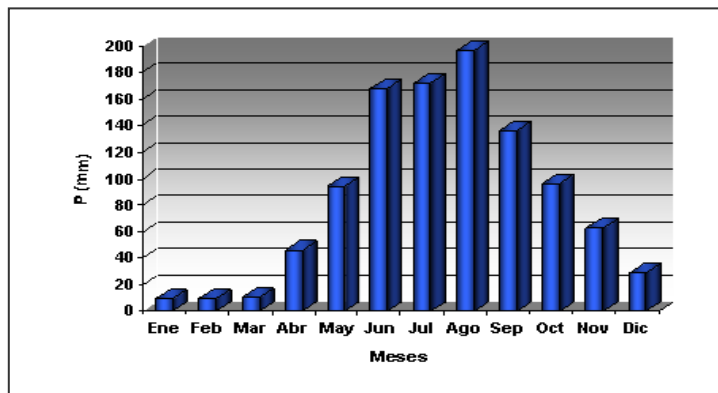


Figura 5.3 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Uverito (INAMEH, 2017).

5.2 Delimitación de la cuenca de drenaje

5.2.1 Límites y área de captación

El área de captación de la cuenca fue delimitada aproximadamente en 18.39 hectáreas, las cuales están conformadas por 2.06 ha de área urbanizada, 6.90 ha de área pavimentada y 9.44 ha de áreas verdes. Los límites del área de captación se pueden apreciar en la figura (5.4). En las tablas 5.3, 5.4 y 5.5 se presentan las áreas ocupadas por la cuenca, subcuencas y parcelas de acuerdo a su área de captación respectiva discriminada por el tipo de cobertura o uso del suelo.

Tabla 5.3 Áreas de la cuenca (Gámez, 2022).

Cobertura	Area		(%)
	(m ²)	(ha)	
Residencial	20580.00	2.058	11.19
Pavimento	69022.00	6.902	37.52
Area verde	94373.00	9.437	51.30
Total	183975.00	18.398	100.00

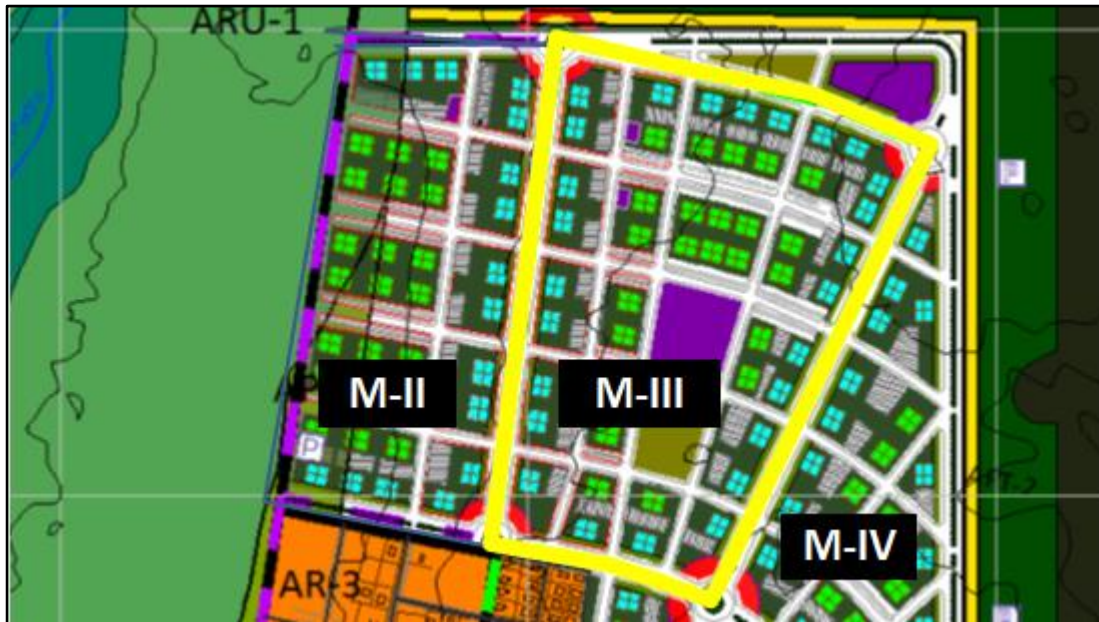


Figura 5.4 Límites del desarrollo urbanístico “Negro Primero” (M-III).

En la figura 5.5 y 5.6 se presenta la nomenclatura que será utilizada para identificar las parcelas y nodos viales o esquinas respectivamente. En ese sentido, se han identificado 20 parcelas (codificadas con las letras desde la A a la T), cada una de ellas se han subdividido en cuatro sectores que se han denominado con el código de la parcela y el punto cardinal correspondiente al sector. Entonces, por ejemplo, la parcela A se ha subdividido en cuatro sectores, denominados como se indica a continuación, en orden o sentido horario: AN (sector norte), AE (sector este), AS (sector sur) y AO (sector oeste).

Posteriormente, en la figura 5.7 se observa el sentido o dirección que tendrán los flujos que drenarán dentro del urbanismo. Se observan, tres direcciones principales: en sentido sur – norte, en sentido norte – sur y en sentido este – oeste; a través de los cuales se trazarán los canales principales y secundarios, a ambos lados de la vialidad y que se identificarán utilizando la codificación de los nodos o esquinas

que limitan a cada canal. Por ejemplo, canal 14-4 derecho y 14-4 izquierdo, canales 13-3 derecho y 13-3 izquierdo y canales 15-11 derecho y 15-11 izquierdo.

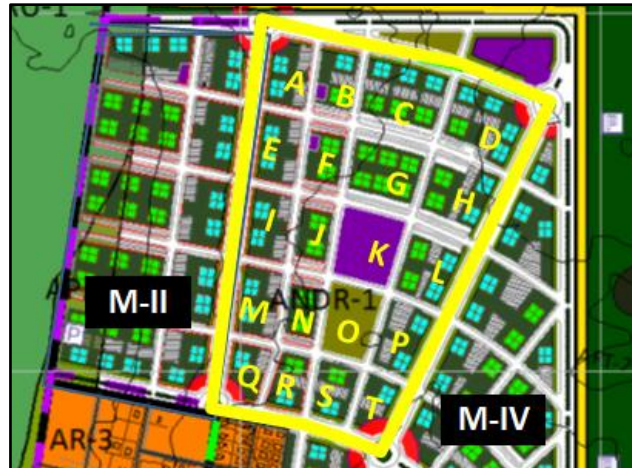


Figura 5.5 Codificación de parcelas (Gómez, M.2022).



Figura 5.6 Codificación de nodos (Gómez, M.2022).



Figura 5.7 Definición de direcciones de flujos (Gámez, M.2022).

A continuación en las tablas 5.4 y 5.5 se presenta la distribución de parcelas de acuerdo al uso o cobertura del suelo, indicando las áreas dedicadas a infraestructuras de viviendas, las áreas dedicadas a estacionamientos y vialidad y las áreas dedicadas a áreas verdes y parques.

Cabe destacar que de la totalidad del área del urbanismo, sólo un 11.19% esta dedicada a las viviendas, mientras que a estacionamientos y vialidad se ha ocupado un 37.52% y finalmente, la mayor cobertura está dedicada a áreas verdes y parques con una cobertura de 51.30% del área total del urbanismo.

Tabla 5.4 Distribución de áreas por parcelas codificadas de la A a la J según su uso (Gámez, M. 2022).

Parcela	Tipo de cobertura del suelo	Area parcial		Area total de parcela	
		(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)
A	Residencial	840.00	0.084	9161.00	0.916
	Pavimento	4360.00	0.436		
	Area verde	3961.00	0.396		
B	Residencial	840.00	0.084	8618.00	0.862
	Pavimento	3623.00	0.362		
	Area verde	4155.00	0.416		
C	Residencial	2520.00	0.252	14421.00	1.442
	Pavimento	5097.00	0.510		
	Area verde	6804.00	0.680		
D	Residencial	2100.00	0.210	13940.00	1.394
	Pavimento	5097.00	0.510		
	Area verde	6743.00	0.674		
E	Residencial	840.00	0.084	9018.00	0.902
	Pavimento	4129.00	0.413		
	Area verde	4049.00	0.405		
F	Residencial	840.00	0.084	8056.00	0.806
	Pavimento	4129.00	0.413		
	Area verde	3087.00	0.309		
G	Residencial	2520.00	0.252	12681.00	1.268
	Pavimento	2655.00	0.266		
	Area verde	7506.00	0.751		
H	Residencial	1680.00	0.168	12382.00	1.238
	Pavimento	4129.00	0.413		
	Area verde	6573.00	0.657		
I	Residencial	840.00	0.084	8656.00	0.866
	Pavimento	3782.00	0.378		
	Area verde	4034.00	0.403		
J	Residencial	840.00	0.084	7393.00	0.739
	Pavimento	3782.00	0.378		
	Area verde	2771.00	0.277		

Tabla 5.5 Distribución de áreas por parcelas codificadas de la K a la T según su uso (Gómez, M. 2022).

Parcela	Tipo de cobertura del suelo	Area parcial		Area total de parcela	
		(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)
K	Residencial	0.00	0.000	10888.00	1.089
	Pavimento	2308.00	0.231		
	Area verde	8580.00	0.858		
L	Residencial	1680.00	0.168	10474.00	1.047
	Pavimento	3782.00	0.378		
	Area verde	5012.00	0.501		
M	Residencial	840.00	0.084	8439.00	0.844
	Pavimento	3552.00	0.355		
	Area verde	4047.00	0.405		
N	Residencial	840.00	0.084	6844.00	0.684
	Pavimento	3552.00	0.355		
	Area verde	2452.00	0.245		
O	Residencial	0.00	0.000	9197.00	0.920
	Pavimento	2078.00	0.208		
	Area verde	7119.00	0.712		
P	Residencial	840.00	0.084	8727.00	0.873
	Pavimento	3552.00	0.355		
	Area verde	4335.00	0.434		
Q	Residencial	420.00	0.042	6407.00	0.641
	Pavimento	2353.00	0.235		
	Area verde	3634.00	0.363		
R	Residencial	840.00	0.084	6034.00	0.603
	Pavimento	2354.00	0.235		
	Area verde	2840.00	0.284		
S	Residencial	840.00	0.084	6589.00	0.659
	Pavimento	2354.00	0.235		
	Area verde	3395.00	0.340		
T	Residencial	420.00	0.042	6050.00	0.605
	Pavimento	2354.00	0.235		
	Area verde	3276.00	0.328		

5.3 Estimación del coeficiente de escorrentía ponderado

Para el cálculo o determinación del coeficiente de escorrentía se considerarán los criterios dados por Aparicio (2001) de acuerdo a la zonificación del uso de la tierra. se asignaron los siguientes coeficientes de escorrentía encontrados en la zona de estudio: Zona verde o parques: 0.20, Área residencial: 0.60 y Área pavimentada: 0.83.

Tabla 5.6 Coeficientes de escurrimiento (Aparicio 2001).

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

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

Donde:

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

A_T = Área de la cuenca o subcuencas.

De acuerdo a lo establecido anteriormente se calcularán los coeficientes ponderados de la cuenca como se muestran en las tablas 5.7 a 5.10.

Tabla 5.7 Coeficientes de escorrentía ponderado de las parcelas A, B, C, D y E (Gámez, M. 2022).

Lote	Parcela	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total de parcela		Ce	Ce pond
			(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)		
A	AN	Residencial	0.00	0.000	1712.00	0.171	0.60	0.466
		Pavimento	722.00	0.072			0.83	
		Área verde	990.00	0.099			0.20	
	AE	Residencial	0.00	0.000	3184.00	0.318	0.60	0.634
		Pavimento	2194.00	0.219			0.83	
		Área verde	990.00	0.099			0.20	
	AS	Residencial	420.00	0.042	2132.00	0.213	0.60	0.492
		Pavimento	722.00	0.072			0.83	
		Área verde	990.00	0.099			0.20	
	AO	Residencial	420.00	0.042	2133.00	0.213	0.60	0.492
		Pavimento	722.00	0.072			0.83	
		Área verde	991.00	0.099			0.20	
B	BN	Residencial	420.00	0.042	2180.00	0.218	0.60	0.485
		Pavimento	721.00	0.072			0.83	
		Área verde	1039.00	0.104			0.20	
	BE	Residencial	0.00	0.000	2498.00	0.250	0.60	0.568
		Pavimento	1459.00	0.146			0.83	
		Área verde	1039.00	0.104			0.20	
	BS	Residencial	420.00	0.042	2180.00	0.218	0.60	0.485
		Pavimento	721.00	0.072			0.83	
		Área verde	1039.00	0.104			0.20	
	BO	Residencial	0.00	0.000	1760.00	0.176	0.60	0.458
		Pavimento	721.00	0.072			0.83	
		Área verde	1039.00	0.104			0.20	
C	CN	Residencial	1260.00	0.126	3682.00	0.368	0.60	0.460
		Pavimento	722.00	0.072			0.83	
		Área verde	1700.00	0.170			0.20	
	CE	Residencial	0.00	0.000	3528.00	0.353	0.60	0.526
		Pavimento	1828.00	0.183			0.83	
		Área verde	1700.00	0.170			0.20	
	CS	Residencial	1260.00	0.126	3682.00	0.368	0.60	0.460
		Pavimento	722.00	0.072			0.83	
		Área verde	1700.00	0.170			0.20	
	CO	Residencial	0.00	0.000	3529.00	0.353	0.60	0.526
		Pavimento	1828.00	0.183			0.83	
		Área verde	1701.00	0.170			0.20	
D	DN	Residencial	840.00	0.084	3248.00	0.325	0.60	0.443
		Pavimento	722.00	0.072			0.83	
		Área verde	1686.00	0.169			0.20	
	DE	Residencial	840.00	0.084	3248.00	0.325	0.60	0.443
		Pavimento	722.00	0.072			0.83	
		Área verde	1686.00	0.169			0.20	
	DS	Residencial	0.00	0.000	3512.00	0.351	0.60	0.528
		Pavimento	1826.00	0.183			0.83	
		Área verde	1686.00	0.169			0.20	
	DO	Residencial	420.00	0.042	3932.00	0.393	0.60	0.535
		Pavimento	1826.00	0.183			0.83	
		Área verde	1686.00	0.169			0.20	
E	EN	Residencial	0.00	0.000	1676.00	0.168	0.60	0.450
		Pavimento	664.00	0.066			0.83	
		Área verde	1012.00	0.101			0.20	
	EE	Residencial	0.00	0.000	3150.00	0.315	0.60	0.628
		Pavimento	2138.00	0.214			0.83	
		Área verde	1012.00	0.101			0.20	
	ES	Residencial	0.00	0.000	1676.00	0.168	0.60	0.450
		Pavimento	664.00	0.066			0.83	
		Área verde	1012.00	0.101			0.20	
	EO	Residencial	840.00	0.084	2516.00	0.252	0.60	0.500
		Pavimento	664.00	0.066			0.83	
		Área verde	1012.00	0.101			0.20	

Tabla 5.8 Coeficientes de escorrentía ponderado de las parcelas F, G, H, I y J (Gámez, M. 2022).

Lote	Parcela	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total de parcela		Ce	Ce pond
			(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)		
F	FN	Residencial	0.00	0.000	1804.00	0.180	0.60	0.560
		Pavimento	1032.00	0.103			0.83	
		Área verde	772.00	0.077			0.20	
	FE	Residencial	840.00	0.084	2644.00	0.264	0.60	0.573
		Pavimento	1032.00	0.103			0.83	
		Área verde	772.00	0.077			0.20	
	FS	Residencial	0.00	0.000	1804.00	0.180	0.60	0.560
		Pavimento	1032.00	0.103			0.83	
		Área verde	772.00	0.077			0.20	
	FO	Residencial	0.00	0.000	1804.00	0.180	0.60	0.560
		Pavimento	1032.00	0.103			0.83	
		Área verde	772.00	0.077			0.20	
G	GN	Residencial	630.00	0.063	3171.00	0.317	0.60	0.411
		Pavimento	664.00	0.066			0.83	
		Área verde	1877.00	0.188			0.20	
	GE	Residencial	630.00	0.063	3170.00	0.317	0.60	0.411
		Pavimento	663.00	0.066			0.83	
		Área verde	1877.00	0.188			0.20	
	GS	Residencial	630.00	0.063	3170.00	0.317	0.60	0.411
		Pavimento	663.00	0.066			0.83	
		Área verde	1877.00	0.188			0.20	
	GO	Residencial	630.00	0.063	3170.00	0.317	0.60	0.411
		Pavimento	663.00	0.066			0.83	
		Área verde	1877.00	0.188			0.20	
H	HN	Residencial	0.00	0.000	3043.00	0.304	0.60	0.490
		Pavimento	1400.00	0.140			0.83	
		Área verde	1643.00	0.164			0.20	
	HE	Residencial	840.00	0.084	3147.00	0.315	0.60	0.440
		Pavimento	664.00	0.066			0.83	
		Área verde	1643.00	0.164			0.20	
	HS	Residencial	0.00	0.000	3044.00	0.304	0.60	0.490
		Pavimento	1400.00	0.140			0.83	
		Área verde	1644.00	0.164			0.20	
	HO	Residencial	840.00	0.084	3148.00	0.315	0.60	0.440
		Pavimento	664.00	0.066			0.83	
		Área verde	1644.00	0.164			0.20	
I	IN	Residencial	0.00	0.000	1586.00	0.159	0.60	0.429
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	1009.00	0.101			0.20	
	IE	Residencial	0.00	0.000	3060.00	0.306	0.60	0.622
		Pavimento	2051.00	0.205			0.83	
		Área verde	1009.00	0.101			0.20	
	IS	Residencial	0.00	0.000	1585.00	0.159	0.60	0.429
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	1008.00	0.101			0.20	
	IO	Residencial	840.00	0.084	2425.00	0.243	0.60	0.488
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	1008.00	0.101			0.20	
J	JN	Residencial	0.00	0.000	2006.00	0.201	0.60	0.612
		Pavimento	1313.00	0.131			0.83	
		Área verde	693.00	0.069			0.20	
	JE	Residencial	420.00	0.042	1690.00	0.169	0.60	0.515
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	693.00	0.069			0.20	
	JS	Residencial	0.00	0.000	2007.00	0.201	0.60	0.612
		Pavimento	1314.00	0.131			0.83	
		Área verde	693.00	0.069			0.20	
	JO	Residencial	420.00	0.042	1690.00	0.169	0.60	0.515
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	693.00	0.069			0.20	

Tabla 5.9 Coeficientes de escorrentía ponderado de las parcelas K, L, M, N y O (Gámez, M. 2022).

Lote	Parcela	Tipo de cobertura del suelo	Área parcial		Área total de parcela		Ce	Ce pond
			(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)		
K	KN	Residencial	0.00	0.000	2722.00	0.272	0.60	0.334
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	2145.00	0.215			0.20	
	KE	Residencial	0.00	0.000	2722.00	0.272	0.60	0.334
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	2145.00	0.215			0.20	
	KS	Residencial	0.00	0.000	2722.00	0.272	0.60	0.334
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	2145.00	0.215			0.20	
	KO	Residencial	0.00	0.000	2722.00	0.272	0.60	0.334
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	2145.00	0.215			0.20	
L	LN	Residencial	0.00	0.000	2567.00	0.257	0.60	0.522
		Pavimento	1314.00	0.131			0.83	
		Área verde	1253.00	0.125			0.20	
	LE	Residencial	630.00	0.063	2460.00	0.246	0.60	0.450
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	1253.00	0.125			0.20	
	LS	Residencial	420.00	0.042	2987.00	0.299	0.60	0.533
		Pavimento	1314.00	0.131			0.83	
		Área verde	1253.00	0.125			0.20	
	LO	Residencial	630.00	0.063	2460.00	0.246	0.60	0.450
		Pavimento	577.00	0.058			0.83	
		Área verde	1253.00	0.125			0.20	
M	MN	Residencial	0.00	0.000	1532.00	0.153	0.60	0.414
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	1012.00	0.101			0.20	
	ME	Residencial	0.00	0.000	3005.00	0.301	0.60	0.618
		Pavimento	1994.00	0.199			0.83	
		Área verde	1011.00	0.101			0.20	
	MS	Residencial	0.00	0.000	1531.00	0.153	0.60	0.414
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	1011.00	0.101			0.20	
	MO	Residencial	840.00	0.084	2371.00	0.237	0.60	0.480
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	1011.00	0.101			0.20	
N	NN	Residencial	0.00	0.000	1869.00	0.187	0.60	0.623
		Pavimento	1256.00	0.126			0.83	
		Área verde	613.00	0.061			0.20	
	NE	Residencial	420.00	0.042	1553.00	0.155	0.60	0.519
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	613.00	0.061			0.20	
	NS	Residencial	0.00	0.000	1869.00	0.187	0.60	0.623
		Pavimento	1256.00	0.126			0.83	
		Área verde	613.00	0.061			0.20	
	NO	Residencial	420.00	0.042	1553.00	0.155	0.60	0.519
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	613.00	0.061			0.20	
O	ON	Residencial	0.00	0.000	2300.00	0.230	0.60	0.342
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	1780.00	0.178			0.20	
	OE	Residencial	0.00	0.000	2299.00	0.230	0.60	0.342
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	1779.00	0.178			0.20	
	OS	Residencial	0.00	0.000	2299.00	0.230	0.60	0.342
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	1779.00	0.178			0.20	
	OO	Residencial	0.00	0.000	2299.00	0.230	0.60	0.342
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Área verde	1779.00	0.178			0.20	

Tabla 5.10 Coeficientes de escorrentía ponderado de las parcelas P, Q, R, S y T (Gámez, M. 2022).

Lote	Parcela	Tipo de cobertura del suelo	Area parcial		Area total de parcela		Ce	Ce pond
			(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)		
P	PN	Residencial	210.00	0.021	1814.00	0.181	0.60	0.427
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Area verde	1084.00	0.108			0.20	
	PE	Residencial	420.00	0.042	2023.00	0.202	0.60	0.445
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Area verde	1083.00	0.108			0.20	
	PS	Residencial	210.00	0.021	1813.00	0.181	0.60	0.427
		Pavimento	520.00	0.052			0.83	
		Area verde	1083.00	0.108			0.20	
	PO	Residencial	0.00	0.000	3077.00	0.308	0.60	0.608
		Pavimento	1994.00	0.199			0.83	
		Area verde	1083.00	0.108			0.20	
Q	QN	Residencial	0.00	0.000	1313.00	0.131	0.60	0.394
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	909.00	0.091			0.20	
	QE	Residencial	0.00	0.000	2050.00	0.205	0.60	0.551
		Pavimento	1141.00	0.114			0.83	
		Area verde	909.00	0.091			0.20	
	QS	Residencial	0.00	0.000	1312.00	0.131	0.60	0.394
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	908.00	0.091			0.20	
	QO	Residencial	420.00	0.042	1732.00	0.173	0.60	0.444
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	908.00	0.091			0.20	
R	RN	Residencial	420.00	0.042	1534.00	0.153	0.60	0.475
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	710.00	0.071			0.20	
	RE	Residencial	0.00	0.000	1483.00	0.148	0.60	0.528
		Pavimento	773.00	0.077			0.83	
		Area verde	710.00	0.071			0.20	
	RS	Residencial	420.00	0.042	1534.00	0.153	0.60	0.475
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	710.00	0.071			0.20	
	RO	Residencial	0.00	0.000	1483.00	0.148	0.60	0.528
		Pavimento	773.00	0.077			0.83	
		Area verde	710.00	0.071			0.20	
S	SN	Residencial	420.00	0.042	1673.00	0.167	0.60	0.453
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	849.00	0.085			0.20	
	SE	Residencial	0.00	0.000	1622.00	0.162	0.60	0.500
		Pavimento	773.00	0.077			0.83	
		Area verde	849.00	0.085			0.20	
	SS	Residencial	420.00	0.042	1673.00	0.167	0.60	0.453
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	849.00	0.085			0.20	
	SO	Residencial	0.00	0.000	1621.00	0.162	0.60	0.500
		Pavimento	773.00	0.077			0.83	
		Area verde	848.00	0.085			0.20	
T	TN	Residencial	420.00	0.042	1643.00	0.164	0.60	0.457
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	819.00	0.082			0.20	
	TE	Residencial	0.00	0.000	1223.00	0.122	0.60	0.408
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	819.00	0.082			0.20	
	TS	Residencial	0.00	0.000	1223.00	0.122	0.60	0.408
		Pavimento	404.00	0.040			0.83	
		Area verde	819.00	0.082			0.20	
	TO	Residencial	0.00	0.000	1961.00	0.196	0.60	0.567
		Pavimento	1141.00	0.114			0.83	
		Area verde	820.00	0.082			0.20	

5.4 Estimación del caudal de drenaje

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

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

5.4.1 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia

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

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

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

Con lo expuesto anteriormente se calcularon los tiempos de concentración de la cuenca y subcuenca que constituyen al desarrollo urbanístico “Negro Primero” (M-III), con base a la longitud de los canales principales que se han definido en el urbanismo; y el desnivel que había entre sus puntos más alejados y sus sitios de entrada al terreno, como se indican en la tabla siguiente:

Tabla 5.11 Datos de Intensidad (mm/h) para diferentes duraciones y diferentes períodos de retorno de la estación Mapire (CVG-Tecmin, 2014).

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

De acuerdo a la tabla 5.11 de datos de intensidad de lluvia (Estación Mapire), en función del periodo de retorno (Tr) de 25 años y tiempos de concentración de la cuenca y subcuencas del urbanismo “Negro Primero” (M-III), se obtuvieron los valores de intensidades correspondientes a las mismas; los cuales se encuentran representados en la tabla 5.12.

Tabla 5.12 Intensidad de lluvia para cada tramo vial (Gámez, 2022).

Tramo	Loongitud (m)	Cota inicial (m)	Cota final (m)	Dif Cota (m)	Tiempo concent (min)	Período retorno (años)	Intensidad de lluvia I		Pendiente longitudinal So (m/m)
							(mm/hr)	(lps/ha)	
5-1	405.00	38.00	34.00	4.00	11.74	25	200	556	0.009877
11-1	200.00	36.00	34.00	2.00	6.79	25	200	556	0.010000
11-26	300.00	36.00	33.50	2.50	9.95	25	200	556	0.008333
30-26	245.00	37.00	33.50	3.50	6.92	25	200	556	0.014286
15-5	200.00	40.00	38.00	2.00	6.79	25	200	556	0.010000
14-4	200.00	39.00	37.00	2.00	6.79	25	200	556	0.010000
13-3	200.00	38.00	36.00	2.00	6.79	25	200	556	0.010000
12-2	200.00	37.00	35.00	2.00	6.79	25	200	556	0.010000
15-30	300.00	40.00	37.00	3.00	9.28	25	200	556	0.010000
14-29	300.00	37.00	36.00	1.00	14.16	25	200	556	0.003333
13-28	300.00	38.00	35.00	3.00	9.28	25	200	556	0.010000
12-27	300.00	37.00	34.00	3.00	9.28	25	200	556	0.010000
10-6	356.00	39.00	35.00	4.00	10.12	25	200	556	0.011236
15-11	322.00	40.00	36.00	4.00	9.01	25	200	556	0.012422
20-16	290.00	39.00	35.00	4.00	7.99	25	200	556	0.013793
25-21	268.00	38.00	34.00	4.00	7.29	25	200	556	0.014925

5.5 Estimación de caudales

La estimación del caudal de la cuenca y subcuencas se realizó mediante el método racional ya que las condiciones de la superficie del urbanismo así lo permiten y se presentan los resultados, para cada parcela, en las tablas 5.13 y 5.14.

Tabla 5.13 Caudal aportado por las parcelas de la A a la J (Gámez, M. 2022).

Lote	Parcela	Area (ha)	Ce pond	Intensidad Lluvia (lps/ha)	Caudal	
					(lps)	(m ³ /s)
A	AN	0.171	0.466	556	44.328	0.044
	AE	0.318	0.634	556	112.258	0.112
	AS	0.213	0.492	556	58.339	0.058
	AO	0.213	0.492	556	58.350	0.058
B	BN	0.218	0.485	556	58.838	0.059
	BE	0.250	0.568	556	78.884	0.079
	BS	0.218	0.485	556	58.838	0.059
	BO	0.176	0.458	556	44.826	0.045
C	CN	0.368	0.460	556	94.256	0.094
	CE	0.353	0.526	556	103.263	0.103
	CS	0.368	0.460	556	94.256	0.094
	CO	0.353	0.526	556	103.274	0.103
D	DN	0.325	0.443	556	80.090	0.080
	DE	0.325	0.443	556	80.090	0.080
	DS	0.351	0.528	556	103.015	0.103
	DO	0.393	0.535	556	117.026	0.117
E	EN	0.168	0.450	556	41.896	0.042
	EE	0.315	0.628	556	109.918	0.110
	ES	0.168	0.450	556	41.896	0.042
	EO	0.252	0.500	556	69.918	0.070
F	FN	0.180	0.560	556	56.209	0.056
	FE	0.264	0.573	556	84.232	0.084
	FS	0.180	0.560	556	56.209	0.056
	FO	0.180	0.560	556	56.209	0.056
G	GN	0.317	0.411	556	72.531	0.073
	GE	0.317	0.411	556	72.485	0.072
	GS	0.317	0.411	556	72.485	0.072
	GO	0.317	0.411	556	72.485	0.072
H	HN	0.304	0.490	556	82.877	0.083
	HE	0.315	0.440	556	76.935	0.077
	HS	0.304	0.490	556	82.888	0.083
	HO	0.315	0.440	556	76.946	0.077
I	IN	0.159	0.429	556	37.847	0.038
	IE	0.306	0.622	556	105.870	0.106
	IS	0.159	0.429	556	37.836	0.038
	IO	0.243	0.488	556	65.859	0.066
J	JN	0.201	0.612	556	68.298	0.068
	JE	0.169	0.515	556	48.345	0.048
	JS	0.201	0.612	556	68.345	0.068
	JO	0.169	0.515	556	48.345	0.048

Tabla 5.14 Caudal aportado por las parcelas de la K a la T (Gómez, M. 2022).

Lote	Parcela	Area (ha)	Ce pond	Intensidad Lluvia (lps/ha)	Caudal	
					(lps)	(m ³ /s)
K	KN	0.272	0.334	556	50.480	0.050
	KE	0.272	0.334	556	50.480	0.050
	KS	0.272	0.334	556	50.480	0.050
	KO	0.272	0.334	556	50.480	0.050
L	LN	0.257	0.522	556	74.572	0.075
	LE	0.246	0.450	556	61.578	0.062
	LS	0.299	0.533	556	88.583	0.089
	LO	0.246	0.450	556	61.578	0.062
M	MN	0.153	0.414	556	35.250	0.035
	ME	0.301	0.618	556	103.261	0.103
	MS	0.153	0.414	556	35.239	0.035
	MO	0.237	0.480	556	63.262	0.063
N	NN	0.187	0.623	556	64.778	0.065
	NE	0.155	0.519	556	44.825	0.045
	NS	0.187	0.623	556	64.778	0.065
	NO	0.155	0.519	556	44.825	0.045
O	ON	0.230	0.342	556	43.791	0.044
	OE	0.230	0.342	556	43.779	0.044
	OS	0.230	0.342	556	43.779	0.044
	OO	0.230	0.342	556	43.779	0.044
P	PN	0.181	0.427	556	43.057	0.043
	PE	0.202	0.445	556	50.051	0.050
	PS	0.181	0.427	556	43.046	0.043
	PO	0.308	0.608	556	104.062	0.104
Q	QN	0.131	0.394	556	28.752	0.029
	QE	0.205	0.551	556	62.763	0.063
	QS	0.131	0.394	556	28.741	0.029
	QO	0.173	0.444	556	42.752	0.043
R	RN	0.153	0.475	556	40.550	0.041
	RE	0.148	0.528	556	43.568	0.044
	RS	0.153	0.475	556	40.550	0.041
	RO	0.148	0.528	556	43.568	0.044
S	SN	0.167	0.453	556	42.096	0.042
	SE	0.162	0.500	556	45.113	0.045
	SS	0.167	0.453	556	42.096	0.042
	SO	0.162	0.500	556	45.102	0.045
T	TN	0.164	0.457	556	41.762	0.042
	TE	0.122	0.408	556	27.751	0.028
	TS	0.122	0.408	556	27.751	0.028
	TO	0.196	0.567	0	0.000	0.000

En las tablas 5.15 a la 5.18 se presentan los caudales que transportarán los canales secundarios y los canales principales propuestos en el urbanismo de acuerdo a los caudales aportados por los sectores de las parcelas identificadas.

Tabla 5.15 Caudales conducidos por los canales secundarios con flujo sur-norte (Gámez, M. 2022).

Tramo	Canal secundario	Parcela aportadora (ha)	Caudal	
			(m ³ /s)	(lps)
15-5	derecho			0.0
	izquierdo	HE,DE	0.157	157.0
14-4	derecho	HO,DO	0.194	194.0
	izquierdo	GE,CE	0.176	175.7
13-3	derecho	GO,CO	0.176	175.8
	izquierdo	FE,BE	0.163	163.1
12-2	derecho	FO,BO	0.101	101.0
	izquierdo	EE,AE	0.222	222.2
Subtotal			1.189	1188.8

Tabla 5.16 Caudales conducidos por los canales secundarios con flujo norte-sur (Gámez, M. 2022).

Tramo	Canal secundario	Parcela aportadora (ha)	Caudal	
			(m ³ /s)	(lps)
15-30	derecho	LE,PE,TE	0.139	139.4
	izquierdo			0.0
14-29	derecho	KE,OE,SE	0.139	139.4
	izquierdo	LO,PO,TO	0.166	165.6
13-28	derecho	JE,RE,NE	0.137	136.7
	izquierdo	KO,OO,SO	0.139	139.4
12-27	derecho	IE,ME,QE	0.272	271.9
	izquierdo	JO,NO,RO	0.137	136.7
Subtotal			1.129	1129.1

Tabla 5.17 Caudales conducidos por los canales secundarios con flujo este - oeste (Gámez, M. 2022).

Tramo	Canal secundario	Parcela aportadora (ha)	Caudal	
			(m ³ /s)	(lps)
10-6	derecho	DS,CS,BS,AS	0.314	314.4
	izquierdo	HN,GN,FN,EN	0.254	253.5
15-11	derecho	HS,GS,FS,ES	0.253	253.5
	izquierdo	LN,KN,JN,IN	0.231	231.2
20-16	derecho	LS,KS,JS,IS	0.245	245.2
	izquierdo	PN,ON,NN,MN	0.187	186.9
25-21	derecho	PS,OS,NS,MS	0.187	186.8
	izquierdo	TN,SN,RN,QN	0.153	153.2
Subtotal			1.825	1824.8

Tabla 5.18 Caudales conducidos por los canales principales (Gámez, M. 2022).

Tramo	Canal principal	Parcelas y canales secundarios aportadores (ha)	Caudal	
			(m ³ /s)	(lps)
5-1	derecho			0.0
	izquierdo	DN, CN, BN, AN + 15-5i ,14-4, 13-3, 12-2	1.466	1466.0
11-1	derecho	EO, AO + 15-11d, 10-6	0.950	949.7
	izquierdo			0.0
11-26	derecho			0.0
	izquierdo	IO, MO, QO + 15-11i, 20-16, 25-21	1.175	1175.0
30-26	derecho	TS, SS, RS, QS + 15-30d, 14-29, 13-28, 12-27	1.268	1268.3
	izquierdo			0.0
TOTAL			4.859	4859.0

Una vez calculado el caudal que se verterá en cada vialidad se evalúa la capacidad hidráulica de la calle para decidir si requiere o no la construcción de un canal. En la tabla 5.18 se muestra dicha evaluación:

Tabla 5.19 Capacidad hidráulica de las vías (Gómez, M. 2022).

Tramo	Canales	Caudal	Pendiente	Bombeo	Inver pend	Ancho	Coef	Altura del agua	Capacidad hidráulica	¿Requiere canal?
		drenado	longitudinal	%/100	transversal		rugosidad	al pie brocal	de la via	
		Qd (lps)	So (m/m)	Sx	Z = 1/Sx (m/m)	Wt (m)	n	Y (cm)	Qv (lps)	
5-1	derecho	0.0	0.009877	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	NO
	izquierdo	1466.0	0.009877	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
11-1	derecho	949.7	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
	izquierdo	0.0	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	NO
11-26	derecho	0.0	0.008333	0.02	50	1.5	0.016	3	9.3	NO
	izquierdo	1175.0	0.008333	0.02	50	1.5	0.016	3	9.3	SI
30-26	derecho	1268.3	0.014286	0.02	50	1.5	0.016	3	12.2	SI
	izquierdo	0.0	0.014286	0.02	50	1.5	0.016	3	12.2	NO
15-5	derecho	0.0	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	NO
	izquierdo	157.0	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
14-4	derecho	194.0	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
	izquierdo	175.7	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
13-3	derecho	175.8	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
	izquierdo	163.1	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
12-2	derecho	101.0	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
	izquierdo	222.2	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
15-30	derecho	139.4	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
	izquierdo	0.0	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	NO
14-29	derecho	139.4	0.003333	0.02	50	1.5	0.016	3	5.9	SI
	izquierdo	165.6	0.003333	0.02	50	1.5	0.016	3	5.9	SI
13-28	derecho	136.7	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
	izquierdo	139.4	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
12-27	derecho	271.9	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
	izquierdo	136.7	0.010000	0.02	50	1.5	0.016	3	10.2	SI
10-6	derecho	314.4	0.011236	0.02	50	2.5	0.016	3	10.9	SI
	izquierdo	253.5	0.011236	0.02	50	2.5	0.016	3	10.9	SI
15-11	derecho	253.5	0.012422	0.02	50	2.5	0.016	3	11.4	SI
	izquierdo	231.2	0.012422	0.02	50	2.5	0.016	3	11.4	SI
20-16	derecho	245.2	0.013793	0.02	50	2.5	0.016	3	12.0	SI
	izquierdo	186.9	0.013793	0.02	50	2.5	0.016	3	12.0	SI
25-21	derecho	186.8	0.014925	1.02	51	2.5	0.016	3	12.8	SI
	izquierdo	153.2	0.014925	2.02	52	2.5	0.016	3	13.0	SI

5.6 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales proyectados

A tal efecto, se utilizará la ecuación general de Manning para establecer los parámetros hidráulicos de los canales; dicha ecuación se aplica utilizando el programa

HCANALES. Cabe destacar que los canales que se han proyectado han partido de las siguiente premisas dimensionales: sección transversal rectangular, revestimiento de concreto ($n = 0.016$) y base no superior a un metro.

Tabla 5.19 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales proyectados (Gámez, M. 2022).

Tramo	Canales	Caudal	Pendiente	Pendiente	Coef	Ancho	Ancho	Profund	Borde	Profund	Perimetro	Area	Radio	Velocidad	Número
		drenado	longitudinal	taludes	rugosidad	solera	superficie	libre	total	mojado		hidráulico		Froude	
		Qd	So	z	n	b	T	y	Bl	yt	Pm	A	Rh	V	Fr
		(m ³ /s)	(m/m)			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m/s)	
5-1	P. derecho														
	P. izquierdo	1.466	0.009877	0.00	0.016	0.75	0.75	0.79	0.24	1.02	2.32	0.59	0.25	2.49	0.89
11-1	P. derecho	0.950	0.010000	0.00	0.016	0.75	0.75	0.55	0.17	0.72	1.85	0.41	0.22	2.30	0.99
	P. izquierdo														
11-26	P. derecho														
	P. izquierdo	1.175	0.008333	0.00	0.016	0.75	0.75	0.70	0.21	0.91	2.15	0.53	0.24	2.23	0.85
30-26	P. derecho	1.268	0.014286	0.00	0.016	0.75	0.75	0.60	0.18	0.78	1.95	0.45	0.23	2.81	1.15
	P. izquierdo														
15-5	derecho														
	izquierdo	0.157	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.21	0.06	0.28	0.93	0.11	0.12	1.48	1.02
14-4	derecho	0.194	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.25	0.08	0.33	1.00	0.12	0.13	1.56	1.00
	izquierdo	0.176	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.23	0.07	0.30	0.96	0.12	0.12	1.52	1.01
13-3	derecho	0.176	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.23	0.07	0.30	0.96	0.12	0.12	1.52	1.01
	izquierdo	0.163	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.22	0.07	0.28	0.94	0.11	0.12	1.49	1.02
12-2	derecho	0.101	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.15	0.05	0.20	0.81	0.08	0.10	1.31	1.06
	izquierdo	0.222	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.28	0.08	0.36	1.05	0.14	0.13	1.61	0.98
15-30	derecho	0.139	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.19	0.06	0.25	0.89	0.10	0.11	1.43	1.03
	izquierdo														
14-29	derecho	0.139	0.003333	0.00	0.016	0.50	0.50	0.29	0.09	0.38	1.09	0.15	0.13	0.95	0.56
	izquierdo	0.166	0.003333	0.00	0.016	0.50	0.50	0.34	0.10	0.44	1.17	0.17	0.14	0.99	0.54
13-28	derecho	0.137	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.19	0.06	0.25	0.88	0.10	0.11	1.42	1.04
	izquierdo	0.139	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.19	0.06	0.25	0.89	0.10	0.11	1.43	1.03
12-27	derecho	0.272	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.32	0.10	0.42	1.14	0.16	0.14	1.69	0.95
	izquierdo	0.137	0.010000	0.00	0.016	0.50	0.50	0.19	0.06	0.25	0.88	0.10	0.11	1.42	1.04
10-6	derecho	0.314	0.011236	0.00	0.016	0.50	0.50	0.34	0.10	0.45	1.19	0.17	0.14	1.83	0.99
	izquierdo	0.254	0.011236	0.00	0.016	0.50	0.50	0.29	0.09	0.38	1.08	0.15	0.13	1.74	1.03
15-11	derecho	0.253	0.012422	0.00	0.016	0.50	0.50	0.28	0.08	0.36	1.06	0.14	0.13	1.81	1.09
	izquierdo	0.231	0.012422	0.00	0.016	0.50	0.50	0.26	0.08	0.34	1.02	0.13	0.13	1.77	1.10
20-16	derecho	0.245	0.013793	0.00	0.016	0.50	0.50	0.26	0.08	0.34	1.03	0.13	0.13	1.87	1.16
	izquierdo	0.187	0.013793	0.00	0.016	0.50	0.50	0.21	0.06	0.28	0.93	0.11	0.12	1.74	1.20
25-21	derecho	0.187	0.014925	0.00	0.016	0.50	0.50	0.21	0.06	0.27	0.92	0.1	0.11	1.79	1.25
	izquierdo	0.153	0.014925	0.00	0.016	0.50	0.50	0.18	0.05	0.23	0.86	0.09	0.1	1.7	1.28

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

5.7.1 Trazado en planta

El trazado en planta de los canales superficiales fue previsto de manera tal que se aprovechara las condiciones ya impuestas en el área de estudio.. El sistema de drenajes estará compuesto con cuatro (4) canales principales ubicados en el perímetro norte, oeste y sur del urbanismo (líneas color rojo) y 22 canales secundarios (líneas de color azul) que serán los encargados de drenar el agua hasta los canales principales trazados en las vialidades internas del urbanismo. Cabe destacar que los canales secundarios estarán trazados a ambos lados de cada vialidad, mientras que los canales principales estarán trazados en el lado adyacente al urbanismo por las vías perimetrales antes indicadas (figura 5.8)



Figura 5.8 Trazado en planta del sistema de drenaje.

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

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

5.7.2 Perfiles longitudinales

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

El planteamiento ideal dentro de los canales era conservar la pendiente longitudinal de la vialidad ya que representaría la alternativa ideal fundamentada por bajo volumen de excavación y viabilidad constructiva, aunque en el caso de los canales principales fue necesario aumentar la pendiente para asegurar la velocidad mínima o capacidad del canal (figuras 5.9 a 5.12).

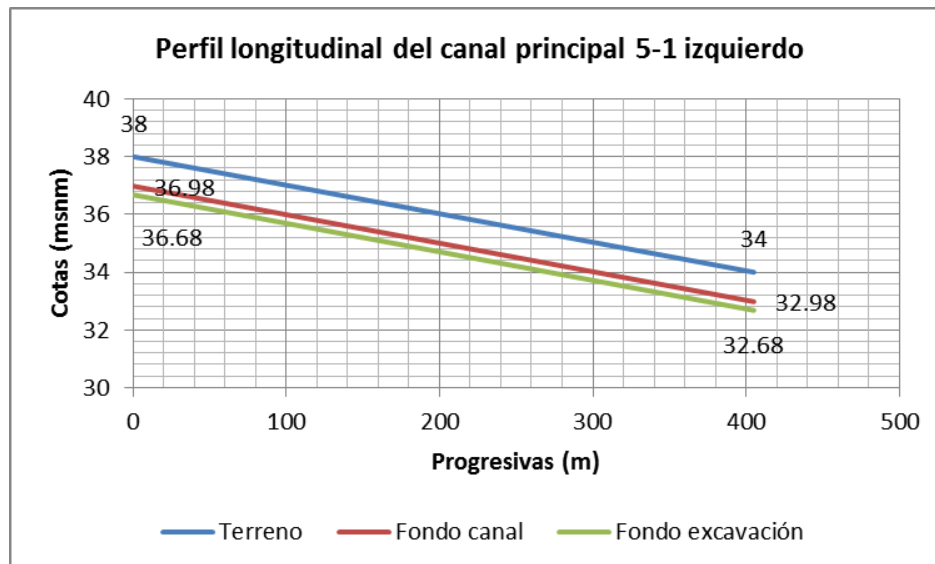


Figura 5.9 Perfil longitudinal de canal principal 5-1 izquierdo (Gómez, M. 2022).

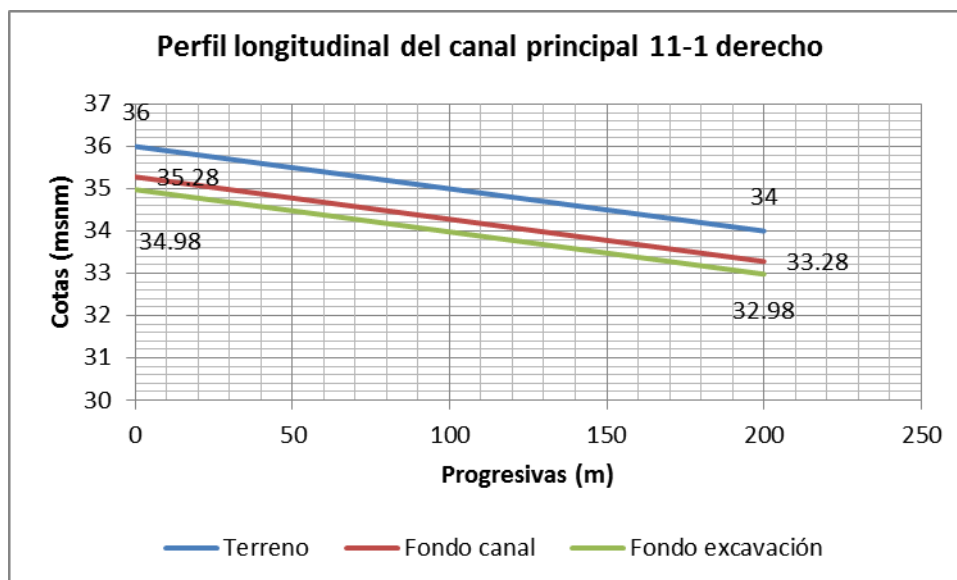


Figura 5.10 Perfil longitudinal de canal principal 11-1 derecho (Gómez, M. 2022).

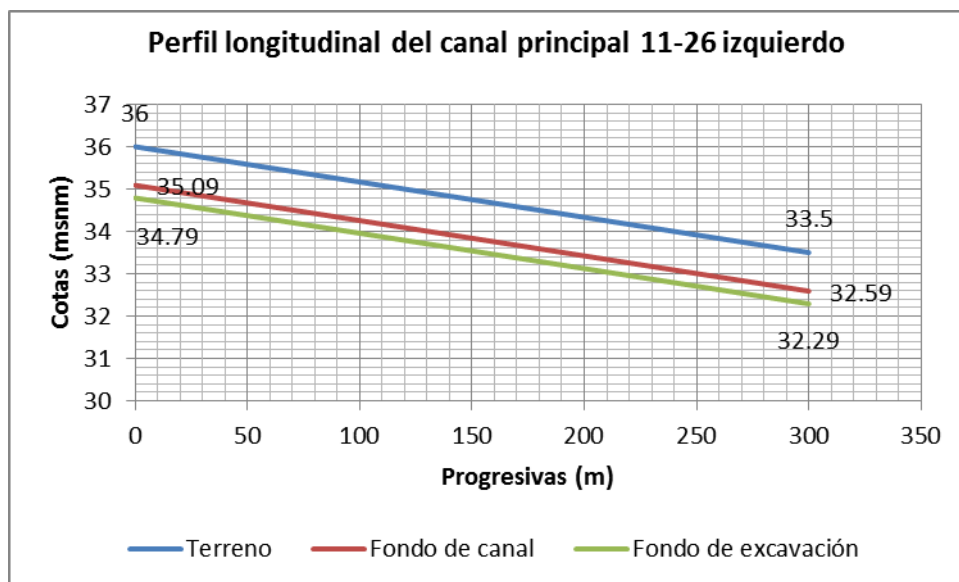


Figura 5.11 Perfil longitudinal de canal principal 11-26 izquierdo (Gámez, M. 2022).

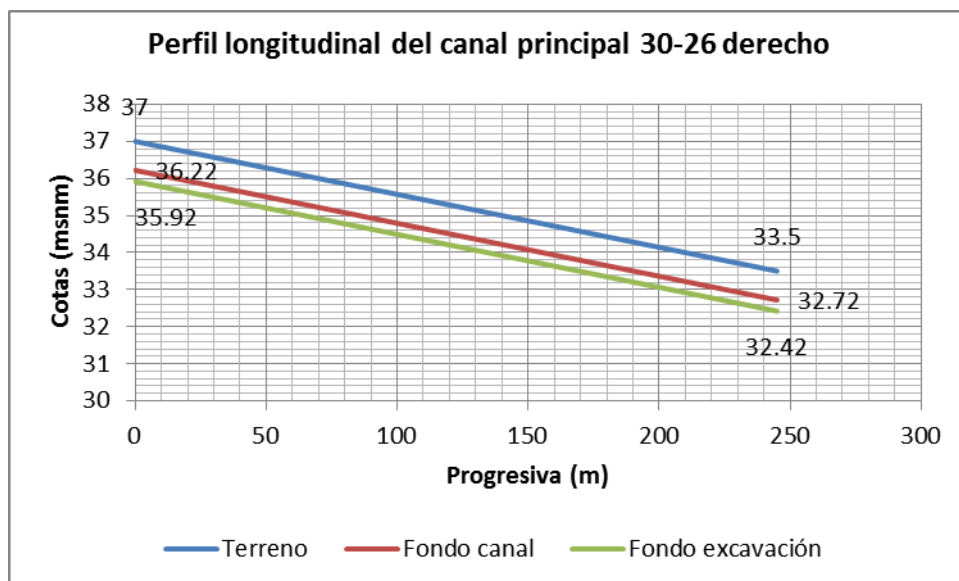


Figura 5.12 Perfil longitudinal de canal principal 30-26 derecho (Gámez, M. 2022).

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 “Negro Primero” (M-III), municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela.

6.2 Alcance

Proyectar, calcular y diseñar un sistema de drenajes superficiales que tenga la capacidad de transportar de manera eficiente la escorrentía producida por la pluviosidad que se provengan del interior o exterior del urbanismo “Negro Primero” (M-III) ubicado en la población de Mapire, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela.

6.3 Justificación

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

6.4 Metodología de trabajo

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

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

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

6.5 Propuesta de canales

La propuesta se basa en un sistema de drenajes conformado por cuatro (4) canales principales situados a los lados de la vialidad y 22 canales secundarios también ubicados a los laterales de las calles, los cuales actúan como colectores.

El sistema de drenaje constituido por los canales superficiales mencionados tendrá la capacidad de drenar eficientemente 18.39 hectáreas y un caudal de 4.859

m^3/s y manteniendo velocidades superiores a la mínima $0,75 \text{ m/s}$ y menores a la máxima 5 m/s .

Las dimensiones de los canales principales se mantuvieron con un ancho de solera de $0,75 \text{ m}$ y una profundidad total entre $0,72 \text{ m}$ y $1,02 \text{ m}$, mientras que en el caso de los canales secundarios fue de $0,50 \text{ m}$ –de base y una profundidad que osciló entre $0,20 \text{ m}$ y $0,45 \text{ m}$.

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

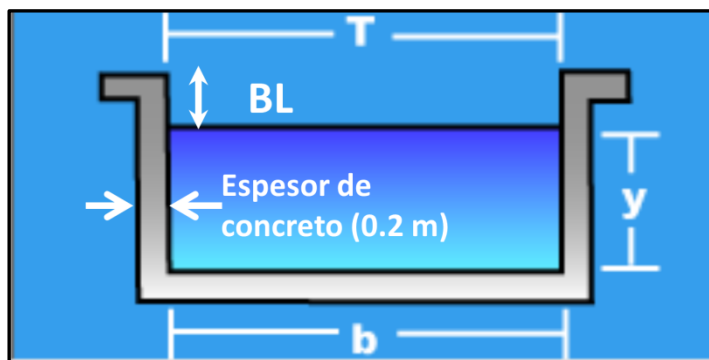


Figura 6.1 Sección transversal rectangular típica de los canales proyectados (Gámez, 2022).

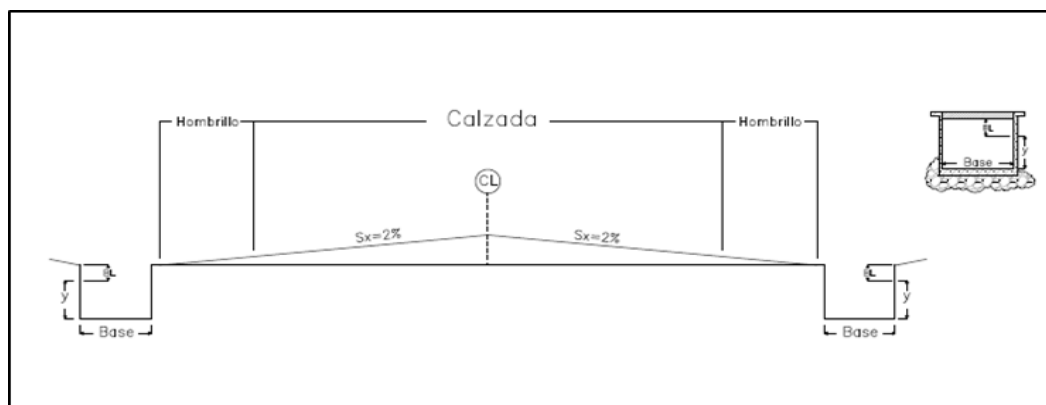


Figura 6.2 Sección transversal de los canales laterales a la vialidad (Gámez, 2022).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

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

1. La zona de estudio presenta un régimen pluviométrico unimodal con aproximadamente 1300 mm anuales, definido por un tope de lluvia durante el año, ocurriendo en los meses del verano astronómico (junio, julio, agosto), en estos tres meses se recoge casi el 50 % del volumen total de precipitación anual;
2. El área de la cuenca cuenta con 18.39 hectáreas equivalentes a 0,1839 km² y un perímetro de 1.77 km; se definieron tres (3) subcuencas. Asimismo, las direcciones preferenciales de los flujos se orientan a través de las vialidades en sentido sur a norte, de norte a sur y de este a oeste, es decir desde el centro del urbanismo hacia el occidente del mismo.
3. Se definieron tres tipos de cobertura de los suelos en cada sector y parcela: el 11.19% del área corresponde a zona residencial, 37.52% del área con pavimento y 51.30% con cobertura vegetal. En función de ello, se concluye que los coeficientes de escurrimiento ponderado oscilaron entre 0.334 y 0.628.
4. Los tiempos de concentración calculados estuvieron entre 7 y 12 minutos para los canales principales e igualmente para los canales secundarios. En función de ello, se concluye que la intensidad de lluvia para el urbanismo se considera moderado y se mantiene aproximadamente en 556 lps/ha.

5. El caudal de la cuenca producto de las aguas pluviales es de $4.859 \text{ m}^3/\text{s}$ que deberá ser recogido en las esquina noroeste y suroeste del urbanismo ya que son los vértices más próximos al morichal San Pedro ubicado al occidente del desarrollo urbanístico.
6. Se trazaron cuatro (4) canales principales con direcciones: uno (1) de sur a norte, otro con flujo de norte a sur (ubicados en la vía perimetral oeste) y dos (2) canales con dirección de flujo este a oeste, estos últimos ubicados en las vías perimetrales del norte y del sur del urbanismo respectivamente. y 22 canales secundarios trazados dentro de las vías internas del desarrollo habitacional. Todos los canales se han propuesto con cobertura de concreto ($R_{c28} = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $n=0.016$) y de sección transversal rectangular.
7. Las velocidades del flujo de los canales proyectados oscilan entre 0.95 m/s y 2.81 m/s lo cual permite concluir que se encuentran dentro de los parámetros permisibles (0.75 y 5 m/s). Asimismo, el número de Froude calculado para todos los canales estuvo en una media aritmética aproximada de 1.
8. Los perfiles longitudinales de los canales fueron adaptados a las condiciones topográficas del terreno manteniendo pendientes entre 0.003333 y 0.014925 m/m

Recomendaciones

1. Evaluar técnica y financieramente la aplicación de la alternativa de un sistema de drenaje de aguas pluviales basado en tuberías enterradas..
2. Sugerir a los entes gubernamentales realizar sistemáticas campañas de mantenimiento a los distintos elementos que conforman el sistema de drenajes, como prevención del posible deterioro y/o disminución de su capacidad.

REFERENCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

CONSTANCIA DE CONFORMIDAD DE TUTORIA

A través de la presente hago de su conocimiento que el trabajo de grado intitulado **“PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES BASADO EN CANALES ABIERTOS PARA EL DESARROLLO URBANÍSTICO “NEGRO PRIMERO” (M-III), EN LA POBLACIÓN DE MAPIRE, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.”**, el cual fue desarrollado por la bachiller **MARÍA X. GÁMEZ F.** de Cédula de identidad No. **11.729.031**, fue revisado y aprobado por quien suscribe y en vista de ello, se propone para que sea expuesto y defendido por sus autores.

Sin otro particular

Atentamente.

**Prof. Dafnis Echeverría
Asesor académico**