

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



DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES QUE SON APORTADOS POR EL CONJUNTO URBANÍSTICO LB-III, EN LA POBLACIÓN DE LOS BARRANCOS DE FAJARDO, MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR LAS BACHILLERES MARTÍNEZ R., MARICARMEN O. Y FERNANDEZ O., ESTEFANÍA C. PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

CIUDAD BOLÍVAR, MAYO DEL 2018



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado: "DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES QUE SON APORTADOS POR EL CONJUNTO URBANÍSTICO LB-III, EN LA POBLACIÓN DE LOS BARRANCOS DE FAJARDO, MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA." presentado por las bachilleres: MARTÍNEZ R., MARICARMEN O. y FERNÁNDEZ O., ESTEFANÍA C., ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y apellido

Profesor Dafnis J. Echeverría

(Asesor)

Stepany Devera

(Jurado)

BEATRIZ Echeverría

(Jurado)

Prof. Pedro Gamboa

Jefe de Depto. de Ing. Civil

Firmas
Dafnis J. Echeverría

Stepany Devera

BEATRIZ Echeverría



Prof. Francisco Monteverde
Director de la Escuela de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, Mayo de 2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Carmen Rojas por haber sido el pilar fundamental a lo largo de mi carrera y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional todo se lo debo a ella, gracias mama por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi aunque hemos pasado momentos difíciles siempre has estado apoyándome.

A mi padre y hermana que siempre me dieron palabras de aliento para seguir adelante.

También a toda mi familia, mis abuelos en especial que con lo poco que tenían me ayudaron a seguir adelante.

Maricarmen Martínez

DEDICATORIA

Este logro tan esperado lo dedico a una gran mujer, que con esfuerzo y dedicación supo sacar a sus hijos adelante Haidee Fernández este logro es más tuyo que mio, eres mi Heroína toda una Guerrera después de Dios a ti debo lo que soy ahora, lo que he logrado y los éxitos que alcanzare en el futuro, TE AMO MADRE.

También a toda mi familia por apoyarme en especial ami querida abuela María Ovalles un pilar importante en mi vida, hasta donde pudo me animo a seguir adelante y se que estariasúper contenta, desearía tenerla a mi lado otra vez para compartir con ella esta alegría.

A mis tías y tíos en especial Xiomara Fernández, Minerva Fernández, Fabio Fernández, Pedro Bermúdez y mi Hermano Xavier Rodríguez otros ejemplos en mi vida, son manos que fueron tendidas para no dejarme caer en los momentos difíciles, sus consejos y palabras de aliento me han ayudado a no rendirme. A mis primas hermanas Laura Bermúdez y Ana Patricia Bermúdez por apoyarme en todo, sigan adelante que con la ayuda de Dios todo se puede.

Estefanía Fernández

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Yuvert Martínez y Carmen Rojas por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por darme la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida .

A mi hermana Mariangela quien a pesar de la distancia fue un gran apoyo fundamental. Quiero también agradecer a mi sobrino que con su amor y cariño me hizo seguir adelante para darle un mejor futuro y llenar mi vida de felicidad. También quiero agradecerle a la familia Urbaneja Jimenez , y a Felida Carpio quienes me acogieron en su familia como una integrante más, me ayudaron y apoyaron en todo momento.

A mi amiga, hermana y compañera de tesis Estefania Fernandez y a su madre Haidee Fernandez por tratarme como a una hija más y por su gran apoyo incondicional.

Quiero agradecerle también a quien fue un gran amigo y mentor durante gran parte de mi carrera al Sr Antonio Afanador quien me apoyo, guio y creyo en mi.

A mis amigos-hermanos de la Residencia FN pablo, eucandi, carlos, Johana , maivi, Rafael , claudimar, y jose luis quienes me trataron como una hermana más en la que fue nuestra casa y por haber hecho el papel de una familia

A mi querida amiga Sandra que a pesar de los miles de kilómetros de distancia que nos separan siempre ha estado allí para mi, para escucharme y ayudarme en todo lo que esta a su alcance.

Tambien me gustaría agradecer a los Profesores de la Universidad de Oriente en especial al Profesor Dafnis J. Echeverría por brindarme su apoyo y ayuda en la elaboración de mi Trabajo de Grado por su visión critica de muchos aspectos cotidianos de la vida por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos que ayudan a formarte como persona e investigador.

A la Universidad de Oriente por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A mis amigos y compañeros de clase que me apoyaron y ayudaron durante todo mi periodo académico, Andrea, Roxana, Jalfenis, Eleazar, Rafael, William, Roxenys, Mariana. Rosmelis, Jennifer, Maria, Dulcemar, Estefania, Angel, Andreina, Fabiola , Marcos G, Marcos H, jhoana, luis R, luis L, Antonio L. con todos estoy eternamente agradecida por las vivencias en nuestra casa de estudio.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerle su amistad, apoyo , consejos, animo y compañía en los momentos mas dificiles de mi vida, algunas están conmigo y otras en mi corazón por la distancia que nos separan, sin importar en donde estén quiero darle las gracias por formar parte de mi , por todo lo que me han brindado y por sus bendiciones.

MUCHAS GRACIAS Y QUE DIOS LOS BENDIGA...

Maricarmen Martínez

AGRADECIMIENTOS

Estoy agradecida con Dios, mi Padre Celestial El que nunca me deja sola y siempre me alienta y consuela con su Palabra, es mi Paz en momento de angustia y felicidad. Todo se lo debo a Él porque en todo me ayudo pues mientras su mano me sostenía su Espíritu me alentaba. Gracias Señor por tu Fidelidad por ayudarme a alcanzar esta meta y obtener mi título como Ingeniera Civil.

A mi Madre Haidee Fernández porque es lo más grande que Dios me ha dado, mami gracias por tu paciencia, por no juzgarme, por esforzarte y hacer de mi una mujer de bien con principios, emprendedora y capaz de darle el frente a la vida, eres mi ejemplo de dedicación y constancia, gracias por todo tu amor y confianza te amo mami. A toda mi familia, hermano, tíos, primos, mi vecina amiga Hidalid Guzmán y su esposo Moisés Márquez gracias por apoyarme en todo.

Al Ministerio Misionero Trigo Nuevo en especial a mi Pastora Zuraya Duerto porque en sus oraciones siempre estoy presente, a mis hermanos de la congregación por sus palabras de aliento los bendigo en gran manera.

A todos los Profesores de la Universidad de Oriente en especial al Profesor Dafnis J. Echeverría por brindarme su apoyo y ayuda en la elaboración de mi Trabajo de Grado, al profesor Ricardo Sabino por brindarnos su apoyo y estar siempre de la mano con sus estudiantes, con una conducta intachable digno de admiración gracias por su entrega y su esfuerzo al impartir sus conocimientos. Al profesor JesúsMartínezporque como profesional es otro ejemplo a seguir , le agradezco su dedicación dando lo mejor de usted en cada clase, lo admiro como ingeniero y como profesor por esas ganas de querer formar ingenieros tan buenos como usted.

A mi amiga y hermana mi compañera de tesis Maricarmen Martínez por su apoyo incondicional, su paciencia y ayuda al momento de realizar el Trabajo de Grado.

Gracias a todos mis amigos, Rosmelis Acosta, Jennifer Veiga, Andreina Marín, Jesdeilys Fernández, Maricarmen Martínez, Marcos González, José Alfonzo, Fanny Huarcaya, María D' Arcangelo, Dulcemar Martínez, William Bier, Angel Hernandez, Orlando Albornoz, Jhoana González, Adainer Orta, Margelis Corro, Eleazar Romero, Orlymar Guaimarata se que aun faltan nombres no quería dejar a ninguno por fuera porque con todos estoy agradecida por todos los momentos que vivimos durante toda la carrera y todos esos conocimientos compartidos, son como una familia para mí y a Dios doy gracias por ponerlos en mi camino.

A todos de corazón GRACIAS..!

Estefanía Fernández

RESUMEN

Esta investigación tiene como propósito fundamental el estudio previo indispensable para determinar los caudales aportados por el conjunto urbanístico LB-III ubicado en la población de Los Barrancos de Fajardo, en el municipio Sotillo, estado Monagas. En ese sentido, es necesario acotar que en este estudio se encuentra enmarcado en un tipo de investigación descriptiva en la cual se aplicará una estrategia de campo y documental.

En primer lugar, se efectuó un reconocimiento de la zona para validar la revisión previa de las cuencas y subcuencas existentes en el área de estudio efectuadas en las cartas y mapas de la zona. Asimismo, se tomó nota de las condiciones del relieve, de la hidrografía, de los suelos, de la geología aflorante y de la flora y fauna predominante. Posteriormente, se recabó, a partir de las bases de datos hidrometeorológicas administradas por el INAMEH, los registros de todos los parámetros climáticos de las estaciones cercanas al área de estudio, con especial énfasis en la información pluviométrica. Se utilizaron las curvas IDF construidas para la zona por la CVG-Tecmin C.A. con los registros de la estación Puerto Ordaz.

Por otra parte, se efectuará la delimitación de las cuencas urbanas la determinación de algunos de sus parámetros morfométricos tal como el área y el tiempo de concentración. Seguidamente se determinará el coeficiente de escorrentía ponderado y la determinación del caudal de escorrentía superficial que aportarán dichas subcuencas y en que medida dichas aguas pudieran afectar las obras civiles de drenaje urbano. De la aplicación antes descrita se produjeron como resultados relevantes que en primer lugar el clima de la zona según Holdridge es Bosque seco tropical (Bst) y según Koppen se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmica (Awgi). El

área de estudio drena las aguas pluviales a través de tres (3) ramales. La pluviosidad de la zona alcanza aproximadamente unos 1000 mm anuales. El coeficiente de escorrentía ponderado para el área de estudio se estimó entre 0,63 y 0.66. La magnitud del caudal de las escorrentías, calculado por el método racional, aportadas por la cuenca para un período de retorno de 25 años es de $7,639\text{m}^3/\text{s}$, distribuidos a través de dos (2) subcuencas alcanzando valores de $3,426\text{ m}^3/\text{s}$, y $4,213\text{ m}^3/\text{s}$.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	¡Error! Marcador
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	viii
CONTENIDO	xi
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Alcance de la investigación.....	6
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	7
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	7
2.2 Vegetación típica de la región.....	8
2.3 Geología del área de estudio	9
2.5 Suelos del área de estudio	11
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	13
3.1 Antecedentes o estudios previos	13
3.2.2 Drenaje Urbano.....	19
3.2.3.1 Estimación del coeficiente de escurrimiento.....	20
3.2.4 Estimación del coeficiente de infiltración.....	21
3.2.5 Método Racional.....	23

3.2.7 Canales.....	26
3.2.8 Elementos hidráulicos de un canal.....	28
3.2.9 Tipos de flujo en un canal.....	32
3.2.10 Canales de drenaje.....	36
3.3 Términos Básico.....	40
3.3.1 Boca de visita.....	40
3.3.2 Caudal.....	41
3.3.3 Alcantarilla.....	41
3.3.4 Alcantarillados.....	41
3.3.5 Canales.....	41
3.3.6 Cuenca (hoya).....	41
3.3.7 Histograma.....	42
3.3.8 Hidrograma.....	42
3.3.9 Régimen.....	42
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
4.1 Tipo de investigación.....	44
4.2 Diseño de investigación.....	44
4.2.1 Investigación de campo.....	44
4.2.2 Investigación documental.....	45
4.3 Población y muestra de la investigación.....	45
4.3.1 Población de la investigación.....	45
4.3.2 Muestra de la investigación.....	46
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
4.4.1 Técnicas para la recolección de datos.....	46
4.4.1.1 Observación directa.....	46
4.4.2 Instrumentos para la recolección de datos.....	47
4.5 Flujograma de la investigación.....	47
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos.....	48
4.6.1 Recopilación de la información bibliográfica.....	48

4.6.2	Identificar las subcuencas hidrológicas urbanas del área de estudio	49
4.6.3	Caracterización pluviométrica del área de estudio	49
4.6.4	Determinación del coeficiente de escorrentía ponderado para las subcuencas	49
4.6.5	Estimación de los caudales aportados por las subcuencas urbanas	49
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		50
5.1	Características climáticas generales de la zona de estudio	50
5.1.1	Precipitación	51
5.1.2	Evaporación	52
5.1.3	Temperatura	54
5.1.4	Insolación	56
5.1.5	Humedad Relativa	57
5.1.6	Vientos	58
5.2	Cuencas del urbanismo que drenarán sus aguas de escorrentía	59
5.3	Determinación del coeficiente de escurrimiento ponderado	62
5.4	Estimación de caudales aportados por las subcuencas	64
5.4.1	Determinación de la intensidad de lluvia	66
5.4.2	Cálculo de caudales	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		70
	Conclusiones	70
	Recomendaciones	71
REFERENCIAS		72

LISTA DE FIGURAS

Página	
2.1	Ubicación nacional del área de estudio..... 7
2.2	Ubicación regional del área de estudio..... 8
2.3	Vegetación predominante del área de estudio..... 9
2.4	Paisaje del área de estudio..... 11
3.1	curvas IDF región hidrológica III..... 20
3.2	Elementos geométricos de la sección de un canal..... 27
3.3	Sección transversal de un canal trapecial (Rocha, 2002.)..... 29
3.4	Altura del agua y ancho del canal..... 31
4.1	Flujograma de la investigación..... 47
5.1	Distribución anual de la precipitación. Estación Macagua..... 51
5.2	Distribución anual de la precipitación. Estación Puerto Ordaz..... 51
5.3	Variación anual de la evaporación. Estación Macagua..... 52
5.4	Variación anual de la evaporación. Estación Puerto Ordaz..... 53
5.5	Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima..... 54
5.6	Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima..... 54
5.7	Variación anual de la insolación Estación Macagua 55
5.8	Variación anual de la insolación..... 56
5.9	Variación anual de la humedad relativa Estación Macagua 57
5.10	Variación anual de la humedad relativa Estación Puerto Ordaz 57
5.11.	Variación anual de la velocidad del viento..... 58
5.12	Superficie del urbanismo modelo..... 59
5.13	Superficie de la subcuenca 1 60
5.14	Superficie de la subcuenca 2..... 60
5.15	Superficie de los ramales secundarios..... 62
5.16	Codificación cuenca 1 64
5.17	Codificación cuenca 2..... 64

LISTA DE TABLAS

Página		
2.1	Coordenadas UTM de ubicación del área de estudio.....	8
5.1	Características de las estaciones climatológicas usadas.....	49
5.2	Precipitación media mensual y anual.....	50
5.3	Evaporación media anual.....	52
5.4	Temperatura máxima, media y mínima.....	53
5.5	Insolación media mensual y anual.....	55
5.6	Humedad relativa media mensual.....	56
5.7	Velocidad del viento media mensual y anual.....	58
5.8	Área total de la cuenca.....	59
5.9	Superficie de las subcuencas según el uso del suelo.....	61
5.10	Coefficiente de escurrimiento.....	61
5.11	Area de los Ramales secundarios.....	62
5.12	Tiempo de concentración de la cuenca.....	65
5.13	Tiempos de concentración (Tc) de las subcuencas y ramales.....	65
5.14	Intensidades de lluvia dependiendo de la duracion y el tiempo de retorno (CVG Tecmin, C.A., 2010).....	66
5.15	Intensidad de lluvia de la cuenca estudiada.....	66
5.16	Intensidad de las subcuencas del área estudiada.....	66
5.17	Intensidades de los ramales.....	67
5.18	Caudal de los ramales.....	67
5.19	Caudales de las subcuencas.....	68
5.20	Caudal de la cuenca.....	68

INTRODUCCIÓN

En este estudio se ha planteado como objetivo principal describir el comportamiento pluviométrico y las características de la escorrentía de las cuencas urbanas que inciden en las condiciones del drenaje del área ocupada por la población de Los Barrancos de Fajardo en el estado Monagas. Entre los propósitos del análisis estará la delimitación de las subcuencas de drenaje urbano, su coeficiente de escorrentía ponderado y los caudales que drenarán estas subcuencas lo cual es de vital importancia para el desarrollo del sistema de drenaje de aguas pluviales idóneo para las realidades climáticas y las cantidades volumétricas de los escurrimientos de aguas pluviales que se producirán en las cuencas urbanas del área de estudio que incidirán en las condiciones de diseño del sistema de drenaje de la citada urbanización.

Por otra parte, la caracterización morfométrica de las subcuencas permitirá cuantificar los caudales de escorrentía que drenarán en el conjunto urbanístico en cuestión.

El desarrollo de esta investigación presentado en este documento se estructura en cinco (5) capítulos, de la siguiente manera:

El Capítulo I. Situación a investigar: está conformado por el planteamiento del problema, objetivos, justificación, y alcance que se plantea a desarrollar.

El Capítulo II. Generalidades: trata sobre la ubicación y aspectos tales como la geología, geomorfología, suelos, fauna y flora del área de estudio.

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

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

En el Capítulo V se presentan los resultados de la investigación.

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

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Mundialmente los efectos producidos por las lluvias torrenciales que afectan distintos lugares del planeta provocando inundaciones. 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. Los Sistemas de Drenaje Urbano comprenden una serie de elementos que van desde el sistema de Captación de Aguas Pluviales hasta las Canalizaciones y Conductos que permiten la conducción y descarga de las Aguas de Lluvia precipitadas en el medio Urbano hasta los cauces naturales y artificiales, para su libre escurrimiento.

El desarrollo de sistemas de drenajes pluviales es de gran importancia, constituyéndose en una prioridad para el urbanismo, ya que estas obras son de construcción de canales de un trabajo de Ingeniería donde se busca la eficiencia y economía, e incluye en primer lugar la estimación de los caudales de esorrentía de estas aguas.

Se puede observar que en Venezuela se presentan graves casos de inundaciones y crecidas de los cursos naturales del agua cuando se suscitan ciclos de pluviosidad de relativa intensidad y duración. Lo cual generalmente provoca colapso de los sistemas de drenajes, los cuales o no están establecidos o simplemente no tienen capacidad requerida para la disposición de las aguas de producto de las precipitaciones.

Los procesos anteriormente citados suelen dar lugar a un incremento de caudal que no es posible transportar por la red de drenaje existente en la zona urbana antigua, presentándose problemas por inundación.

En la población de Los Barrancos de Fajardo, municipio Sotillo del estado Monagas, Venezuela, se planea llevar a cabo la construcción de un conjunto urbanístico (LB-III) para esto es necesario un sistema de drenajes para las aguas pluviales.

Visto el planteamiento anterior cabe plantearse las siguientes interrogantes:

¿Cómo es el clima presente en el área de estudio?

¿Cuáles son las cuencas y subcuencas que aportarán aguas de drenaje superficial al área de estudio?

¿Cómo es el coeficiente de escorrentía ponderado de las cuencas y subcuencas que aportarán aguas al sistema de drenaje?

¿Cuál es el caudal de la cuenca y subcuencas de la zona de estudio?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar los caudales de escurrimiento de aguas pluviales aportados por la urbanización LB-III, en la población de Los Barrancos de Fajardo, municipio Sotillo, estado Monagas, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el régimen de precipitaciones máximas diarias registradas en las estaciones pluviográficas ubicadas en el área de influencia de la zona de estudio.
2. Delimitar las cuencas y subcuencas que drenarán sus aguas de escorrentía en la zona urbanística de la zona de estudio.
3. Estimar el coeficiente de escorrentía ponderado de las cuencas y subcuencas urbanas presentes en el área de estudio con base a la cobertura y uso de los suelos
4. Determinar los caudales de escorrentía pluvial con base a las características de la pluviosidad, de los tiempos de concentración.

1.3 Justificación de la investigación

En la presente propuesta se justifica debido a que se intenta determinar las posibles causas que ocasionan la problemática que se presenta en la población de Los Barrancos de Fajardo, en relación con la manera que funciona actualmente el sistema de drenaje óptimo y funcional, el cual facilitará la conducción de las aguas pluviales de manera segura, para evitar los daños que estas aguas puedan ocasionar al urbanismo y a las vías de la población en estudio.

Puede decirse que los beneficios que arrojaría el sistema de drenaje óptimo y funcional para la población de Los Barrancos de Fajardo será de gran impacto para esta población, por cuanto se verán optimizados su estilo y calidad de vida, de manera que ante la presencia de ciclos lluviosos no estarán supeditados a las eventualidades relacionadas con el libre tránsito, tanto para sus habitantes como para cualquier otra persona que transite por la vías internas del urbanismo.

1.4 Alcance de la investigación

Con esta investigación se planea llevar a cabo la estimación de los caudales que aportarían las cuencas existentes en el urbanismo LB-III para lograr una ingeniería básica de un sistema de drenaje de aguas superficiales eficiente con base al coeficiente de escorrentía, en la población de Los Barrancos de Fajardo, municipio Sotillo, estado Monagas, Venezuela.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El área de interés para la realización del cálculo de caudales de las subcuencas urbanas ocurre en la población de Los Barrancos de Fajardo, municipio Sotillo, ubicado en la zona surdel estado Monagas, en la margen izquierda del río Orinoco frente a la población de San Félix. Comprende una superficie de 28,961 ha.

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



Figura 2.1. Ubicación nacional del área de estudio.

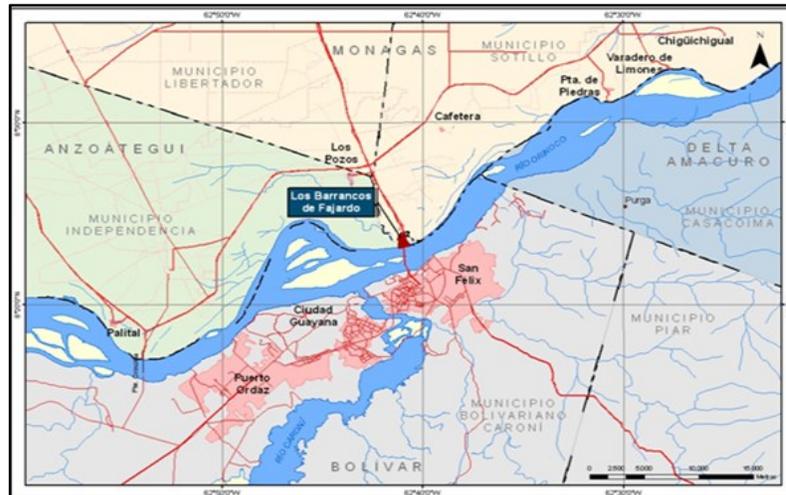


Figura 2.2 Ubicación regional del área de estudio.

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

CENTRO POBLADO incluido	ÁREA (ha)	VERTICE	COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE
Los Barrancos de Fajardo		V-1	929882	534407
		V-2	927078	534407
		V-3	927078	535062
		V-4	929882	535062

2.2 Vegetación típica de la región

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

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

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



Figura 2.3 Vegetación predominante en el área de estudio.

2.3 Geología del área de estudio

Geológicamente el área de estudio está constituida por sedimentos formados por depósitos aluviales de edad Plio-pleistoceno, correspondientes a la Formación Mesa. Además, presentan un perfil topográfico rectilíneo a ligeramente inclinado, con algunos desniveles significativos y un micro-relieve relativamente liso. La mayoría de la Altiplanicie de Mesa posee un carácter depositacional, la cual se

manifiestan con la presencia de características que dependen de los procesos sobre el que se depositó un manto superficial de sedimentos aluviales.

2.4 Geomorfología del área de estudio

El área de estudio, está limitado por el valle del río Orinoco, bordeado en su límite Sur (margen izquierda) mayormente por un tipo de paisaje bien diferenciado como es la Altiplanicie de Mesa, cuyo tipo de relieve es una mesa y la forma del terreno es ligeramente inclinado, la pendiente de esta unidad geomorfológica está entre 2% y 4%.

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

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

Por lo que se concluye que la erosión es de tipo escurrimiento difuso, de intensidad ligera y de modalidad generalizada. Sin embargo, el área conformada por el valle del río Orinoco, se considera una superficie morfodinámicamente activa de

significativa inestabilidad por estar afectada anualmente por frecuentes e intensos eventos de inundación, que aportan nuevos sedimentos a la superficie de estas geoformas y construyen gradualmente por socavación geoformas menores como canales o meandros y lagunas, de configuración variable en el tiempo.

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



Figura 2.4 Paisaje del área de estudio.

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 Ombrofilo 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 períodos, actuando sobre una 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).

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

Con respecto a la textura, esta es arenosa y franco arenosa en los primeros estratos; tornándose franco arcilloso arenoso, franco arcilloso arenoso en profundidad. Son suelos bien drenados, químicamente exhiben pH fuerte a extremadamente ácido, baja saturación con bases y baja capacidad de intercambio de cationes, condiciones que les confiere una baja a muy baja fertilidad natural. Por último, los suelos de origen aluvial, los cuales poseen un incipiente desarrollo pedogenético, son pocos profundos (< 25 cm), inundable y un nivel freático menos a los 30 cm, de textura franco arcilloso a arcilloso, con colores grises o verdoso.

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

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos

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

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”**, el cual tenía como objetivo general proponer la ingeniería básica de un sistema de canales de drenaje de aguas superficiales para el conjunto residencial José Gregorio Monagas, en San Diego de Cabrutica, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela. La metodología se desarrolló bajo el esquema de una investigación documental y de campo de tipo proyectiva se dice que la investigación es proyectiva porque intenta proponer soluciones a una determinada situación. Se utilizó información facilitada por entes como INAMEH, la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) que fueron necesarios para la determinación de datos hidrológicos e hidráulicos para el estudio.

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

Villasana (2009), en su trabajo de grado titulado **“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE TRANSVERSAL DE AGUAS PLUVIALES ENTRE LAS PROGRESIVAS 75+000 A 126+000 DE LA VÍA FÉRREA PUERTO ORDAZ, CIUDAD PIAR, PERTENECIENTE A CVG FERROMINERA ORINOCO, C.A”**, describió las condiciones físicas y operacionales actuales de las alcantarillas críticas en estudio y las características de las cuencas hidrográficas existentes en la zona. Consideró un diseño de investigación de campo e investigación descriptiva, realizando un diagnóstico de la situación actual del sistema de drenaje mediante observación directa y mediciones estructurales, obtuvo estándares a través de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Los resultados arrojaron que parte del sistema presenta déficit en cuanto a la capacidad hidráulica, pues varias alcantarillas están trabajando bajo régimen permanente de drenaje. Llegó a la conclusión de que a través de chequeos que las 7 alcantarillas existentes, 5 resultaron trabajar de forma correcta en lo que respecta a la altura del agua, aguas arriba, y las otras 2 requieren rediseño. Ambas investigaciones tienen relación en el tipo de diseño de investigación y las técnicas de recolección de datos.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Variables hidrometeorológicas

3.2.1.1 Evaporación

Es el proceso por el cual el agua pasa de estado líquido a estado gaseoso, transfiriéndose a la atmósfera.

3.2.1.2 Humedad Relativa

Es la relación entre la presión de vapor real y la de saturación, expresada en porcentaje. Esta humedad se mide por medio del hidrógrafo

$$H_r = 100 \frac{e^a}{e_d} \quad (3.1)$$

3.2.1.3 Humedad absoluta

Es la masa de vapor de agua contenida en una unidad de volumen de aire:

$$\rho_v = \frac{\text{masa de vapor}}{\text{volumen de aire}} = \frac{M_v}{V_a} \quad (3.2)$$

3.2.1.4 Infiltración

Es un proceso por el cual el agua se transfiere desde la superficie del terreno hacia las profundidades. (Bateman, 2007, p. 6)

3.2.1.5 Precipitación

Cualquier forma de humedad que llega a la superficie terrestre, ya sea lluvia, nieve, granizo, niebla, rocío, etc.

- **Formación de las precipitaciones**

Los elementos necesarios para la formación de las precipitaciones son: Humedad atmosférica, Radiación solar, Mecanismos de enfriamiento del aire, Presencia de núcleos higroscópicos para que haya condensación.

- **Tipos de precipitación**

Precipitaciones convectivas: Se da cuando las masas de aire bajas se calientan acompañadas de vientos fríos superiores. Esto ocasiona una descompensación muy grande de fuerzas de empuje y de flotación, generando corrientes ascendentes de aire húmedo que al ir ascendiendo llegan a la presión de saturación y el vapor se condensa rápidamente. Los movimientos generados en este fenómeno dan lugar a una rápida coalescencia de las gotas de agua. Las tormentas generadas de esta forma son las culpables del denominado flash flood.

Precipitaciones orográfica: Cuando corrientes de aire húmedo que circula por los valles y choca contra las montañas. Este aire húmedo se ve forzado a ascender hacia estratos más altos. Es en ese momento que pueden chocar con estratos más fríos y secos ocasionando la condensación súbita del vapor de agua.

Precipitación por convergencia: Cuando dos masas de aire en movimiento y a diferente temperatura se chocan entre sí. Si una masa de aire frío se encuentra una masa de aire caliente, este tiende a ser desplazado hacia arriba formando un frente frío. Si en cambio es la masa de aire caliente en movimiento que se encuentra con una masa de aire frío, este tiende a moverse en una superficie inclinada formando un frente cálido. (Bateman, 2007, p. 21)

3.2.1.6 Radiación solar

Es el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). Aproximadamente la mitad de las que recibimos, comprendidas entre 0.4 μm y 0.7 μm , pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como

luz visible. De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta.

La porción de esta radiación que no es absorbida por la atmósfera, es la que produce quemaduras en la piel a la gente que se expone muchas horas al sol sin protección. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro.

•Efectos de la radiación solar sobre los gases atmosféricos

La atmósfera es diatérmica es decir, que no es calentada directamente por la radiación solar, sino de manera indirecta a través de la reflexión de dicha radiación en el suelo y en la superficie de mares y océanos.

Los fotones según su energía o longitud de onda son capaces de:

- a. Foto ionizar la capa externa de electrones de un átomo (requiere una longitud de onda de 0,1 micra)
- b. Excitar electrones de un átomo a una capa superior (requiere longitudes de onda entre 0,1 de micra y 1 micra).
- c. Disociar una molécula (requiere longitudes de onda entre 0,1 de micra y 1 micra).
- d. Hacer vibrar una molécula (requiere longitudes de onda entre 1 de micra y 50 micra).
- e. Hacer rotar una molécula (requiere longitudes de onda mayores que 50 micras).

La energía solar tiene longitudes de onda entre 0,15 micras y 4 micras por lo que puede ionizar un átomo, excitar electrones, disociar una molécula o hacerla vibrar.

La energía térmica de la Tierra (radiación infrarroja) se extiende desde 3 micras a 80 micras por lo que sólo puede hacer vibrar o rotar moléculas, es decir, calentar la atmósfera. (Sanz, 2009, p. 2).

3.2.1.7 Vientos

Flujo de gases a gran escala. En la Tierra, el viento es el movimiento en masa del aire en la atmósfera en movimiento horizontal. Günter D. Roth lo define como “la compensación de las diferencias de presión atmosférica entre dos puntos”.

En meteorología se suelen denominar los vientos según su fuerza y la dirección desde la que soplan. Los aumentos repentinos de la velocidad del viento durante un tiempo corto reciben el nombre de ráfagas. Los vientos fuertes de duración intermedia (aproximadamente un minuto) se llaman turbonadas. Los vientos de larga duración tienen diversos nombres según su fuerza media como, por ejemplo, brisa, temporal, tormenta, huracán o tifón.

El viento se puede producir en diversas escalas: desde flujos tormentosos que duran decenas de minutos hasta brisas locales generadas por el distinto calentamiento de la superficie terrestre y que duran varias horas, e incluso globales, que son el fruto de la diferencia de absorción de energía solar entre las distintas zonas geoastronómicas de la Tierra. Las dos causas principales de la circulación atmosférica a gran escala son el calentamiento diferencial de la superficie terrestre según la latitud, y la inercia y fuerza centrífuga producidas por la rotación del planeta. En los

trópicos, la circulación de depresiones térmicas por encima del terreno y de las mesetas elevadas puede impulsar la circulación de monzones.

En las áreas costeras, el ciclo brisa marina/brisa terrestre puede definir los vientos locales, mientras que en las zonas con relieve variado las brisas de valle y montaña pueden dominar los vientos locales. (Olcina, 1993).

3.2.1.8 Temperatura

Es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos en sus movimientos, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño. Por ejemplo, la temperatura de un cazo de agua hirviendo es la misma que la temperatura de una olla de agua hirviendo, a pesar de que la olla sea mucho más grande y tenga millones y millones de moléculas de agua más que el cazo. (Hermans-Killam, 2001, P. 2)

3.2.2 Drenaje Urbano

En relación con la cita textual, Bolinaga (1979) señala: El 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. (p. 2)

3.2.3 Curvas IDF

Es importante además de cuantificar la lluvia que cae registrada en pluviómetros poder Predecir cuanto podrá caer en un futuro, cuál puede ser la máxima precipitación. Es Importante para poder averiguar los caudales de agua que

producen las cuencas en Eventos extremos de manera que se pueda diseñar las obras de contención, drenaje de Carreteras, alcantarillas y otras infraestructuras urbanas. El problema es que el evento Lluvia es un evento aleatorio y para estudiar su evolución y predicción ha de realizarse Mediante conceptos probabilísticos.

Las curvas IDF pretenden exactamente eso, asociar la intensidad con la duración de la Lluvia y la probabilidad de ocurrencia o frecuencia.

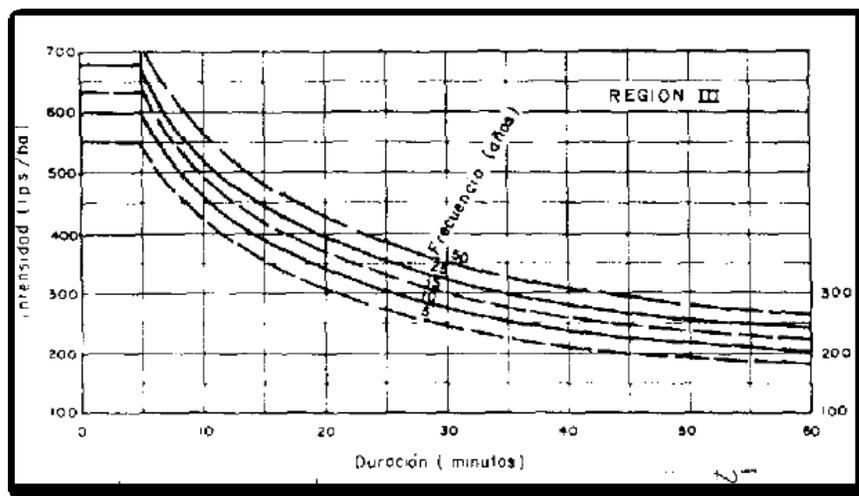


Figura. 3.1 Curvas IDF (región III) (Camacho, 2004, P. 24)

3.2.3.1 Estimación del coeficiente de escurrimiento

Se denomina coeficiente de escorrentía C , a la relación promedio entre el volumen de agua que escurre superficialmente V_e , en una cuenca a lo largo de periodo de tiempo, dividido por el volumen total precipitado V_p .

$$c = \frac{v_e}{v_p} \quad (3.3)$$

Esta definición es general y se usa para saber la producción media anual de una cuenca.

A nivel de episodio también se pueden definir estas cantidades. Si se limita al área de la cuenca A , el volumen precipitado por unidad de tiempo es exactamente el producto de la intensidad de lluvia i por el área de la cuenca. El volumen escurrido medido en la cuenca por unidad de tiempo es el caudal medio medido en la cuenca. (Bateman, 2007, p. 35, p. 41)

3.2.4 Estimación del coeficiente de infiltración

Proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

3.2.4.1 Capacidad de infiltración.

Se denomina capacidad de infiltración a la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

3.2.4.2 Factores que afectan la capacidad de infiltración

Influyen en el proceso de infiltración: entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable, y características del fluido.

3.2.4.3 Entrada superficial

La superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo.

3.2.4.3 Transmisión a través del suelo

El agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.

3.2.4.4 Acumulación en la capacidad de almacenamiento

El almacenamiento disponible depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente.

3.2.4.5 Características del medio permeable

La capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo –arenoso, arcilloso-, la vegetación, la estructura y capas de suelos.

3.2.4.6 Características del fluido

La contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva. (Custodio y Llamas. 1983)

3.2.5 Método Racional

Este método es el más utilizado en todo el mundo, sin dejar de lado a Venezuela, donde el INOS tradicionalmente ha venido empleándolo, el cálculo del gasto se hace de acuerdo a la fórmula:

$$Q = C * I * A \quad (3.4)$$

Donde Q es el gasto máximo en Litros/segundos; I vendría siendo la intensidad de la lluvia expresada en Litros/segundo por Hectáreas; A el área tributaria en Hectáreas y C el coeficiente de escorrentía.

El método supone que si sobre un área determinada cayese una precipitación de intensidad uniforme en el tiempo y en el espacio, llegara un momento en que la cantidad de agua que cae equivale a la que sale del área, siempre y cuando esta sea impermeable. El tiempo en el 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 el coeficiente C ajusta la relación entre el volumen precipitado por unidad de tiempo i A, al volumen escurrido por unidad de tiempo; es decir, C es una relación de escurrimiento – precipitación.

El método tiene una serie de limitaciones:

- Supone que la lluvia es uniforme en el tiempo (intensidad constante) lo cual es sólo cierto cuando la duración de la lluvia es muy corta.
- El Método Racional también supone que la lluvia es uniforme en toda el área de la cuenca en estudio, lo cual es parcialmente válido si la extensión de ésta es muy pequeña.
- Asume que la escorrentía es directamente proporcional a la precipitación (si duplica la precipitación, la escorrentía se duplica también). En la realidad, esto no es cierto, pues la escorrentía depende también de muchos otros factores, tales como precipitaciones antecedentes, condiciones de humedad antecedente del suelo, etc.
- Ignora los efectos de almacenamiento o retención temporal del agua escurrida en la superficie, cauces, conductos y otros elementos (naturales y artificiales).
- Asume que el período de retorno de la precipitación y el de la escorrentía son los mismos, lo que sería cierto en áreas impermeables, en donde las condiciones de humedad antecedente del suelo no influyen de forma significativa en la Escorrentía Superficial.

Pese a estas limitaciones, el Método Racional se usa prácticamente en todos los proyectos de drenaje vial, urbano o agrícola, siempre teniendo en cuenta que producirá resultados aceptables en áreas pequeñas y con alto porcentaje de impermeabilidad, por ello es recomendable que su uso se limite a Cuencas con extensiones inferiores a las 200 Ha. (Bolinaga, 1979. P.144)

3.2.6 Estimación de caudales de diseño

Los caudales de diseño se pueden obtener a partir de:

3.2.6.1 Formulas Empíricas

Recomendadas solo a nivel de estudios preliminares.

3.2.6.2 Métodos Directos

Cuando se dispone de información Fluviométrica.

Métodos Indirectos

A partir de los datos de precipitación.

En nuestro país la medición de caudales se realiza solo para los grandes ríos, por lo tanto los métodos directos tienen poca aplicación en drenaje menor y drenaje urbano.

Los métodos indirectos más utilizados en drenaje urbano son: El método racional y el método del hidrograma triangular (SCS o NRSC) existen sin embargo infinidad de métodos, los cuales se pueden consultar en los diferentes libros de hidrología. (Camacho, 2004. P.52)

3.2.7 Canales

Los canales son elementos que cumplen con la función de llevar el agua hacia la parte baja de los cortes, o rellenos, hasta otro canal de intersección, o hasta otro punto de descarga, como por ejemplo una alcantarilla, estos canales pueden ser abiertos o cerrados, también dirigen el agua en el sentido longitudinal de la vía.

Los canales al igual que las cunetas son de concreto, adicionalmente se les coloca acero a ambos lados. La inclinación del canal y de la vía no debe ser la misma, especialmente si la vía es plana. En aquellos casos en que la pendiente transversal del canal no es mucho mayor que la de la vía y las superficies son del mismo tipo, se considera este como parte de la vía. (Hernández y Polanco, 2006. P 30 y P 31)

Un canal abierto, según J. Aguirre 1980 en hidráulica de canales expresa que, puede considerarse como un gran tubo de corriente limitado por los contornos sólidos del canal y la superficie libre superior sometida a la presión atmosférica. Un análisis simplificado del flujo permanente permite establecer la profundidad y la velocidad en una sección como las características que definen el tipo de flujo de un canal.

3.2.7.1 Elementos geométricos de los canales

Según French (1988), en esta parte se definen las propiedades de una sección de canal que son determinadas por la forma geométrica del canal y tirante del flujo.

•**Tirante del flujo**: es la distancia vertical desde el punto más bajo de la sección del canal a la superficie del agua. En bastantes casos, esta terminología se usa intercambiándola con el término tirante del flujo de la sección d , que es el tirante del flujo medido perpendicularmente al fondo del canal. La relación entre γ y d es:

$$\gamma = \frac{d}{\cos \theta} \quad (3.5)$$

En donde θ es el ángulo de la pendiente del fondo del canal con una línea horizontal. Si θ es pequeño $\gamma \approx d$

Únicamente en el caso de canales con inclinación (pendiente) pronunciada, es en donde hay una diferencia significativa entre γ y d .

• **Nivel del agua:** es la elevación de la superficie libre del agua relativa a un plano de referencia. Si el punto más bajo de la sección de un canal se toma como el plano de referencia, entonces el nivel del agua y el tirante del flujo coinciden.

• **Ancho superficial T:** el ancho superficial del canal es el ancho de la sección del canal en la superficie libre del agua.

• **Área Hidráulica A:** es el área de la sección transversal del flujo, tomado normal a la dirección del flujo.

• **Perímetro mojado P:** es la longitud de la línea que es la interface entre el fluido y el contorno del canal.

• **Radio Hidráulico R:** es la relación del área hidráulica entre el perímetro mojado o

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.6)$$

• **Tirante Hidráulico D:** es la relación del área hidráulica con el ancho superficial o

$$D = \frac{A}{T} \quad (3.7)$$

Sección	Área A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Ancho superior T	Profundidad hidráulica D	Factor de la sección Z
 Rectángulo	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y	by^3
 Trapezoide	$(b + ny)y$	$b + 2y\sqrt{1 + n^2}$	$\frac{(b + ny)y}{b + 2y\sqrt{1 + n^2}}$	$b + 2ny$	$\frac{(b + ny)y}{b + 2ny}$	$\frac{(b + ny)^3 y^3}{\sqrt{b + 2ny}}$
 Triángulo	ny^2	$2y\sqrt{1 + n^2}$	$\frac{ny}{2\sqrt{1 + n^2}}$	$2ny$	$\frac{3y}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2} ny^3$
 Círculo	$\frac{1}{2}d^2(\theta - \text{sen } \theta)$	$\frac{1}{2}d\theta$	$\frac{1}{2} \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right) d$	$(\text{sen } \frac{\theta}{2})d$ or $\frac{2}{\theta} \sqrt{1 - \cos \theta}$	$\frac{1}{2} \left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{\text{sen } \frac{\theta}{2}}\right) d$	$\frac{\sqrt{3}}{24} (\theta - \text{sen } \theta)^3 d^3$
 Parábola	$\frac{2}{3}by$	$\frac{2}{3}b\sqrt{1 + \frac{b^2}{4y^2}}$	$\frac{2by}{2b\sqrt{1 + \frac{b^2}{4y^2}}}$	$\frac{2}{3}b$	$\frac{3y}{2}$	$\frac{1}{6} \sqrt{3} by^3$
 Rectángulo con ángulos redondeados	$\left(\frac{r}{2} - r\right)^2 + (b + 2r)y$	$(r - 2r) + b + 2y$	$\frac{(r/2 - 2r)^2 + (b + 2r)y}{(r - 2r) + b + 2y}$	$b + 2r$	$\frac{(r/2 - 2r)y}{b + 2r} + y$	$\frac{(r/2 - 2r)^3 + (b + 2r)y^3}{\sqrt{b + 2r}}$
 Triángulo con fondo redondeado	$\frac{r^2}{2} - \frac{r^2}{2}(1 - \text{sen } \theta)$	$\frac{r}{2}\sqrt{1 + n^2} - \frac{2r}{2}(1 - \text{sen } \theta)$	$\frac{A}{P}$	$2r(n - r) + r\sqrt{1 + n^2}$	$\frac{A}{P}$	$A \sqrt{\frac{A}{P}}$

Figura. 3.2. Elementos geométricos de la sección de un canal (French, 1988, Hidráulica de Canales abiertos.)

3.2.8 Elementos hidráulicos de un canal

3.2.8.1 Sección de máxima eficiencia hidráulica (M.E.H)

Según Rocha (2002) afirma que: “Como normalmente los datos son Q, n, z y S, hay muchas combinaciones de las incógnitas b e y, que satisfacen la fórmula de Manning.

Anteriormente hemos visto los casos en los que hay una condición impuesta: Por ejemplo el ancho de la base. Entonces se calcula el tirante que satisface la condición hidráulica. O bien sea al revés. También puede darse el caso que haya la libertad para escoger los valores de ancho de la base y el tirante. En estos casos puede buscarse la sección de máxima eficiencia hidráulica.

Se dice que una sección de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área, pendiente y calidad de paredes deja pasar un gasto máximo. O bien, es aquella que para el mismo gasto, pendiente y calidad de paredes tiene un área mínima.

La sección de máxima eficiencia hidráulica (M.E.H) se puede interpretar a la luz de la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (3.8)$$

Luego

$$A^{5/3} = \frac{Qn}{S^{1/2}} P^{2/5} \quad (3.9)$$

$$A = \left[\frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/5} P^{2/5} \quad (3.10)$$

Como en una canal dado, Q, n y S son constantes

La sección de máxima eficiencia hidráulica (M.E.H) es aquella que para la misma área tiene el perímetro mínimo. En consecuencia la sección de máxima eficiencia hidráulica es la semicircular.

Esto, basándose en la propiedad geométrica de ser el círculo la figura que para la misma área tiene el perímetro mínimo. En condiciones normales la sección de MEH involucra la mínima sección de excavación, de revestimiento y de superficie de infiltración. También debe tenerse presente que el perímetro mínimo involucra menor rozamiento. Sin embargo, los canales circulares son poco usados. Naturalmente que en un canal en media ladera la sección de MEH no da la mínima excavación. Para

obtener la sección de máxima eficiencia hidráulica en la práctica se reemplaza la sección semicircular por una trapezoidal.

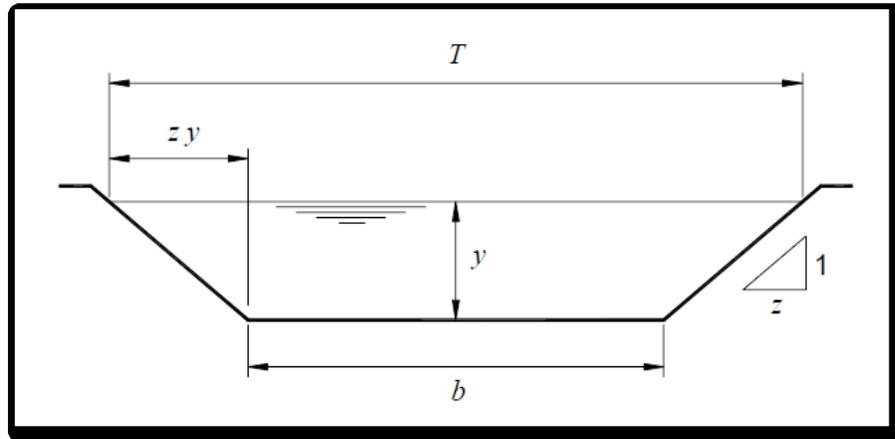


Figura. 3.3. Sección transversal de un canal trapezoidal (Rocha, 2002.)

Lo que nos interesa es la relación que debe haber entre b e y para que la sección sea de máxima eficiencia hidráulica. Llamemos m a esta relación

$$m = \frac{b}{y} \quad (3.12)$$

geométricas se obtiene

$$A = (m + z)y^2 \quad (3.13)$$

De donde,

$$y = \sqrt{\frac{A}{m + z}} \quad (3.14)$$

El perímetro es

$$P = my + \frac{m^2 z}{2} \quad (3.15)$$

Mediante operaciones matemáticas obtenemos m

$$m = 2(\sqrt{1 + z^2} - z) \quad (3.16)$$

Se concluye que para cada talud hay una relación m , que es la que da la máxima eficiencia hidráulica.

Para $z = 0$, de donde $m = 2$. Significa esto que en un canal rectangular la máxima eficiencia hidráulica se obtiene cuando el ancho es igual al doble del tirante.

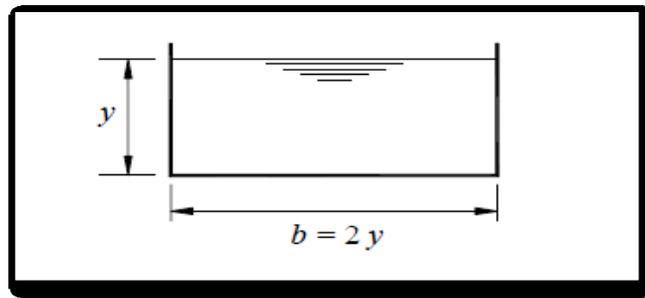


Figura.3.4. Altura del agua y ancho del canal.

Para las diferentes secciones trapeziales la relación m se obtiene para cada talud, aplicando la ecuación anterior.

Sabiendo que la fórmula de radio hidráulico es:

$$R = \frac{y}{2} \quad (3.17)$$

Lo que demuestra que en una sección de máxima eficiencia hidráulica el radio es igual a la mitad del tirante (sección trapezoidal). También puede obtener las condiciones de máxima eficiencia hidráulica para talud variable. Se busca así el llamado “talud más eficiente”. (P.281)

Para este caso el perímetro es:

$$P = y(m + 2\sqrt{1 + z^2}) \quad (3.18)$$

Por condición de MEH

$$m = 2(\sqrt{1 + z^2} - z) \quad (3.19)$$

Sustituyendo se obtiene que el perímetro mínimo es:

$$P_{min} = 4y\sqrt{1 + z^2} - 2yz \quad (3.20)$$

De donde

$$z = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (3.21)$$

3.2.9 Tipos de flujo en un canal

La clasificación del flujo en un canal depende de la variable de referencia que se tome, así tenemos:

3.2.9.1 Flujo permanente y no Permanente

Esta clasificación obedece a la utilización del tiempo como variable. El flujo es permanente si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambia con respecto al tiempo, es decir, en una sección del canal en todos los tiempos los elementos del flujo permanecen constantes

3.2.9.2 Flujo Uniforme y variado

Esta clasificación obedece a la utilización del espacio como variable. El flujo es uniforme si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al espacio, es decir, en cualquier sección del canal los elementos del flujo permanecen constantes.

El flujo variado se puede a su vez clasificar en gradual y rápidamente variado.

- **Flujo gradualmente:** es aquel en el cual los parámetros cambian en forma gradual a lo largo del canal, como es el caso de una curva de remanso producida por la intersección de una presa en el cauce principal elevándose el nivel del agua por encima de la presa, con efecto hasta varios kilómetros aguas arriba de la estructura.
- **Flujo Rápidamente variado:** es aquel en el cual los parámetros varían instantáneamente en una distancia muy pequeña, como es el caso del resalto hidráulico.

3.2.9.3 Flujo laminar y Turbulento

El comportamiento de flujo en un canal está gobernado principalmente por efectos de las fuerzas viscosas y de gravedad en relación con las fuerzas de inercia internas del flujo. En relación con el efecto de la viscosidad, el flujo puede ser laminar, de transición o turbulento. En forma semejante al flujo en conductores forzados, la importancia de la fuerza viscosa se mide a través del número de Reynolds (Re), que relaciona fuerzas de inercia de velocidad con fuerzas viscosas, definidas en este caso como:

$$R_e = \frac{v R}{\vartheta} \quad (3.22)$$

Dónde:

R = Radio Hidráulico de la sección transversal, en metros (m)

V = velocidad media, en metros por segundo (m/s)

ϑ = viscosidad cinemática del agua, en m^2/s

En los canales se han comprobado resultados semejantes a flujos en tuberías, por lo que respecta a este criterio de clasificación. Para propósitos prácticos, en el caso de un canal, se tiene:

- a. Flujo laminar para $Re < 580$, en este estado las fuerzas viscosas son relativamente más grandes que las fuerzas de inercia.
- b. Flujo de transición para $580 \leq Re \leq 750$, estado mixto entre laminar y turbulento.
- c. Flujo turbulento para $Re > 750$, en este estado las fuerzas viscosas son débiles comparadas con las fuerzas de inercia.

En la mayoría de los canales, el flujo laminar ocurre muy raramente, debido a las dimensiones relativamente grandes de los mismos y a la baja viscosidad cinemática del agua.

3.2.9.4 Flujo Crítico, Subcrítico Y Supercrítico

En relación con el efecto de la gravedad, el flujo puede ser crítico, subcrítico y supercrítico; la importancia de la fuerza de gravedad se mide a través del número de Froude (F), que relaciona fuerzas de inercia de velocidad, con fuerzas gravitatorias, definidas en este caso como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g L}} \quad (3.23)$$

Dónde:

V = velocidad media de la sección, en m/s

g = aceleración de la gravedad, en m/s²

L = longitud característica de la sección, en m.

En canales, la longitud característica viene dada por la magnitud de la profundidad media o tirante medio y $(m)=A/T$, con lo cual se tiene:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g y(m)}} \quad (3.24)$$

Entonces por el número de Froude, el flujo puede ser:

- a. Flujo Subcrítico: Si $F < 1$, en este estado las fuerzas de gravedad se hacen dominantes, por lo que el flujo tiene baja velocidad, siendo tranquilo y lento. En este tipo de flujo, toda singularidad, tiene influencias hacia aguas arriba.
- b. Flujo crítico: Si $F = 1$, en este estado, las fuerzas de inercia y gravedad están en equilibrio.
- c. Flujo Supercrítico: Si $F > 1$, en este estado las fuerzas de inercia son más pronunciadas, por lo que el flujo tiene una gran velocidad, siendo rápido o torrencioso. En este tipo de flujo, toda singularidad, tiene influencia hacia aguas abajo. (Arana, 2012. P. 5P. 6 P. 7 y P. 8)

3.2.10 Canales de drenaje

Los canales de drenaje se instalan en superficies de hormigón, ladrillo y adoquín. Son desagües de superficies lineales y por lo general se construyen en el borde de las elevaciones, tales como las calzadas, para interceptar y direccionar el agua. Los canales de drenaje contienen pequeñas aberturas de rejilla o rejillas a lo largo de su superficie, que capturan y mueven el agua fuera de la propiedad. Las aberturas de las rejillas pueden ser grandes o pequeñas, dependiendo de las necesidades del dueño de casa y el volumen y la fuerza del agua que se canaliza.

El principal beneficio del canal de desagüe es que ayudan a controlar el agua y a prevenir inundaciones alrededor de las áreas de superficies duras, como piscinas, aceras, áreas de baldeo, calzadas y patios. El trabajo caro de concreto puede debilitarse y deteriorarse debido al exceso de humedad y las inundaciones, y el canal

de desagüe evitan que el agua se estanque en los garajes, dañando los cimientos o causando derrame en las casas, por ejemplo. (Austin, 2012. P. 1)

3.2.10.1 Elementos de diseño de un canal de drenaje.

Se consideran algunos elementos topográficos, secciones, velocidades permisibles, entre otros:

a. Trazo de canales.- Cuando se trata de trazar un canal o un sistema de canales es necesario recolectar la siguiente información básica: Fotografías aéreas, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.

b. Planos topográficos y catastrales.

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

a. **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.

- b. **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 nivelará 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 m, si el terreno no muestra muchas variaciones y es uniforme la sección es máximo a cada 20 m.
- c. **Trazo definitivo:** Con los datos de (b) se procede al trazo definitivo, teniendo en cuenta la escala del plano, la cual depende básicamente de la topografía de la zona y de la precisión que se desea:
- Terrenos con pendiente transversal mayor a 25%, se recomienda escala de 1:500.
 - Terrenos con pendiente transversal menor a 25%, se recomienda escalas de 1:1000 a 1:2000

3.2.11 Capacidad de conducción hídrica de una vía

La capacidad hidráulica de conducción de una vía se puede calcular por la fórmula de Izzard, la cual establece que:

$$Cv = 0,00175 \times \frac{Z}{n} \times S_o^{1/2} \times Y^{8/3} \quad (3.25)$$

En donde:

C_v = capacidad de conducción de la vía.

Z = es el inverso de la pendiente transversal o bombeo de la vía (si el bombeo es del 2%, el termino Z vale 50).

n = coeficiente de rugosidad de Manning: en el caso del asfalto se suele usar un valor de 0,016 para dicho coeficiente y en el caso de que el pavimento sea de concreto, se acostumbra a usar un valor de 0,014.

S_o = pendiente longitudinal de la vía.

Y = altura del agua en cm al pie del brocal (depende del ancho de la lámina de inundación y del bombeo de la vía). (Ruiz, 2011. P. 199)

Conociendo la pendiente transversal y longitudinal de la calle, puede determinarse el ancho mojado en la calzada que provea un determinado caudal, mediante la ecuación de Manning, así como la altura que dicho gasto alcanza en el borde de la acera o en la cuneta.

Generalmente se toma 2% como pendiente transversal de la calle; pudiendo en algunos casos incrementarse la depresión en el borde, creando la cuneta que aumenta la capacidad de escurrimiento.

Considerando la condición de la calle con pendiente transversal de 2%, pero sin cuneta, se tiene:

$$\text{Área mojada} = 25 (Y_o)^2 \quad (3.26)$$

$$\text{Perímetro Mojado} = 51 Y_o \quad (3.27)$$

$$\text{Radio Hidráulico} = \frac{25}{51} Y_o \quad (3.28)$$

Las Normas INOS establecen la condición de ancho mojado en la calle de 1,50 m para ciertas zonas y permite a la totalidad de la calzada como área inundable en otros casos. (Arocha, 1983. P. 211)

3.2.12 Radios mínimos en canales

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande, y debe escogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía, es decir la curva no será hidráulicamente más eficiente, en cambio sí será más costoso al darle una mayor longitud o mayor desarrollo. (Arana, 2012. P. 8 y P. 9)

3.3 Términos Básico

3.3.1 Boca de visita

Espacio hueco que presenta las siguientes características:

- a. Forma prismática;
- b. Limitada por paredes que suelen ser de distintos materiales;
- c. Dotadas de abertura con tapa removible que permite el paso de un hombre; de dimensiones tales que permiten que un hombre realice operaciones de limpieza y de mantenimiento.

3.3.2 Caudal

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

3.3.3 Alcantarilla

Acueducto subterráneo, o sumidero, fabricado para recoger las aguas de lluvia o residuales y darles paso.

3.3.4 Alcantarillados

Sistema o red de alcantarillas para canalizar las aguas de lluvia. Aunque las alcantarillas son mayormente empleadas en drenaje de carreteras, puede requerirse su uso en drenaje urbano, para el cruce de un pequeño cauce natural o de un conducto abierto debajo de una vía terrestre o de un terraplén. Las alcantarillas son, por lo general, de concreto de sección rectangular, circular o tipo herradura, o bien metálicas de tipo abovedada o circular.

3.3.5 Canales

Son conducciones que se utilizan en sistemas de suministro de agua y en sistemas de drenaje de aguas lluvias. Los sistemas de drenaje de aguas lluvias constan de un canal principal y una serie de ramales secundarios y terciarios que captan en sus recorridos los caudales de escorrentía que se generan en sus áreas de influencia.

3.3.6 Cuenca (hoya)

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. Normalmente la corriente principal es la que define el nombre de la cuenca.

3.3.7 Histograma

Es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos.

3.3.8 Hidrograma

Es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica tal como: nivel de agua, caudal, carga de sedimentos para un río, arroyo o canal, si bien típicamente representa el caudal frente al tiempo; esto es equivalente a decir que es el gráfico de la descarga (L^3/T) de un flujo en función del tiempo. Éstos pueden ser hidrogramas de tormenta e hidrogramas anuales, los que a su vez se dividen en perennes y en intermitentes.

3.3.9 Régimen

Se refiere a la variabilidad que tiene un flujo de agua.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

De acuerdo a Arias, F. (2006), esta investigación se considera de tipo descriptiva “se encarga de buscar la caracterización de los hechos mediante las relaciones de causa – efecto”.

Se afirma que la presente investigación es descriptiva por cuanto se darán las características de la pluviosidad desde el punto de vista estadístico y de sus implicaciones físicas sobre el área de estudio.

4.2 Diseño de investigación

4.2.1 Investigación de campo

Según los autores Palella y Martins (2010), definen: la Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (p.88)

Esta investigación es de campo ya que los datos topográficos serán tomados directamente de la zona de estudio.

4.2.2 Investigación documental

Según el autor Arias, F.(2012), define 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. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (p.27)

Asimismo, se dice que es una investigación documental porque la información climatológica será obtenida directamente del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) y la representación geo-referenciada de los eventos se realizará por medio del apoyo de documentos (cartas, planos, mapas) provenientes de los entes competentes.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

La población según Balestrini, M. (1997), se define como "cualquier conjunto de elementos de lo que se quiere conocer o investigar alguna de sus características". (P 126)

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

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra según Balestrini, M. (1997), se define como: “una parte o subconjunto de la población” (p.130); ésta podrá representar o no en buena forma a la población y su tamaño dependerá del tipo de estudio que se desee realizar y de acuerdo a la profundidad del mismo, donde hay que considerar varios factores entre ellos el tipo de distribución y el nivel de significación estadística, para poder seleccionarla, lo cual forma parte de la estadística inferencia.

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

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas para la recolección de datos

La aplicación de técnicas para la recolección de información, conducen a la verificación del problema planteado, mientras que los instrumentos empleados llevan a la obtención de los datos a la realidad.

A continuación se describen las técnicas a utilizar para la recolección de datos.

4.4.1.1 Observación directa

Según Arias, F. (2006), la observación “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno y situación que se produzcan en la naturaleza o en la sociedad, en función a los objetivos de investigación preestablecidos”.

4.4.1.2 Revisión bibliográfica

Para el desarrollo de este proyecto es necesario acudir a fuentes bibliográficas que permitan ampliar los conocimientos hacer del tema en estudio.

Esta técnica se basa en la obtención de información mediante la revisión de material bibliográfico tales como: tesis, texto, manuales de la organización, e informes.

4.4.2 Instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos incluyen la utilización de los siguientes:

1. Computadora,
2. Calculadora,
3. Gps,
4. Cámara fotográfica,
5. Impresora,
6. Fotocopiadora,
7. Memoria magnética portátil (pendrive),
8. Papelería y artículos de oficina,
9. Internet,
10. Programas de ofimática,
11. Programas de diseño asistido por computador y de estadística; entre otros.

4.5 Flujograma de la investigación

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

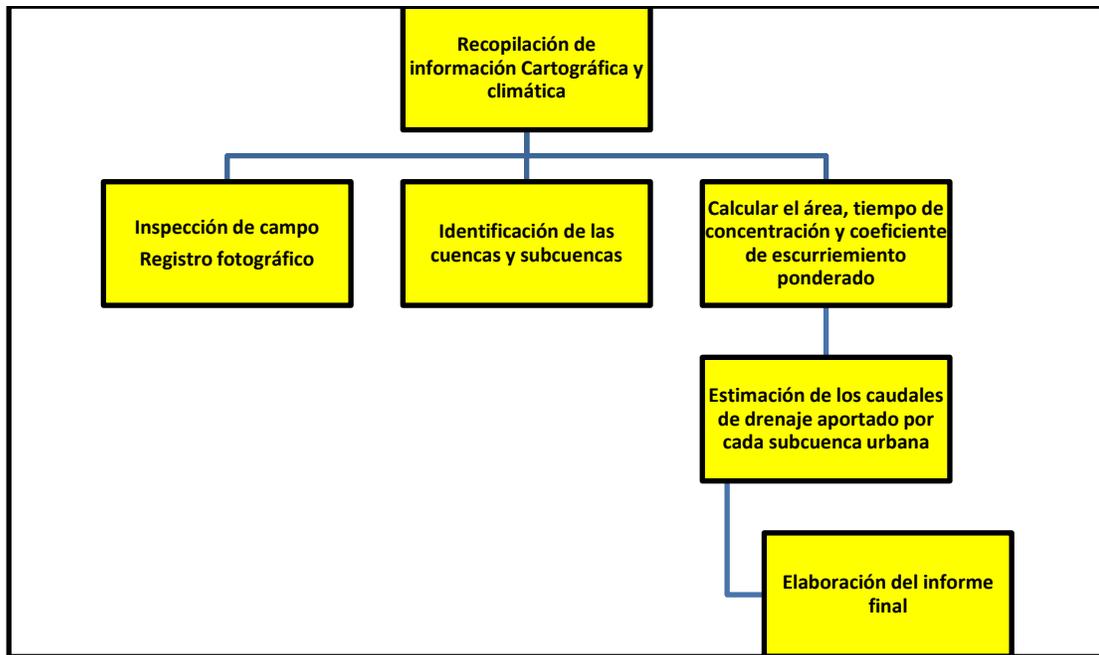


Figura 4.1Flujograma de actividades.

4.6Procedimiento para el logro de los objetivos

4.6.1 Recopilación de la información bibliográfica

Para el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo la recopilación de información necesaria que consistió en una revisión bibliográfica de trabajos realizados en el área de estudio, como tesis de grado, información de avances, registros de pluviosidad de la zona, geología general, ambientes sedimentarios, hidrológica, entre otras. Por otra parte se recopiló la información cartográfica de la zona.

4.6.2 Identificar las subcuencas hidrológicas urbanas del área de estudio

Con base al diseño del urbanismo LB-III de la población de Los Barrancos de Fajardo en el estado Monagas se delimitan las cuencas y subcuencas de la zona de estudio que estarían afectadas por las precipitaciones del área y que drenarían sus aguas de escorrentía en los futuros canales de drenaje que se diseñen.

4.6.3 Caracterización pluviométrica del área de estudio

Se recopilaron los registros correspondientes a los parámetros climatológicos (fundamentalmente los pluviométricos) de las estaciones más cercanas al área de estudio tales como: estación Puerto Ordaz y estación Macagua.

4.6.4 Determinación del coeficiente de escorrentía ponderado para las subcuencas

Considerando el tipo de cobertura de los suelos y el área afectada por tales coberturas en la zona urbana (según sea pavimento, zona verde, viviendas, área comercial, etc.) se determinará el coeficiente de escorrentía ponderado.

4.6.5 Estimación de los caudales aportados por las subcuencas urbanas

Para ello se utilizará el método racional, calculando las intensidades de lluvia mediante las curvas IDF suministradas por la CVG Tecmin, C.A.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Características climáticas generales de la zona de estudio

El área de estudio está conformada por una superficie actual de 28,961 ha, en la cual se han estudiado las características del clima, con base en el análisis temporal, fundamentalmente, de la precipitación, entre otros de relevancia, para lo cual se utilizaron los datos de registrados en las estaciones dentro del perímetro o en su área de influencia inmediata.

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

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

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

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

En el área de estudio se recibe una pluviosidad promedio alrededor de los 1.088 mm anuales, la temperatura media anual oscila alrededor de los 27°C y su

evaporación promedio supera los 2.200 mm por año. De acuerdo con esto, el área se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C.

5.1.1 Precipitación

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

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

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

Tabla 5.2. Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1950-2011 (INAMEH, 2017).

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

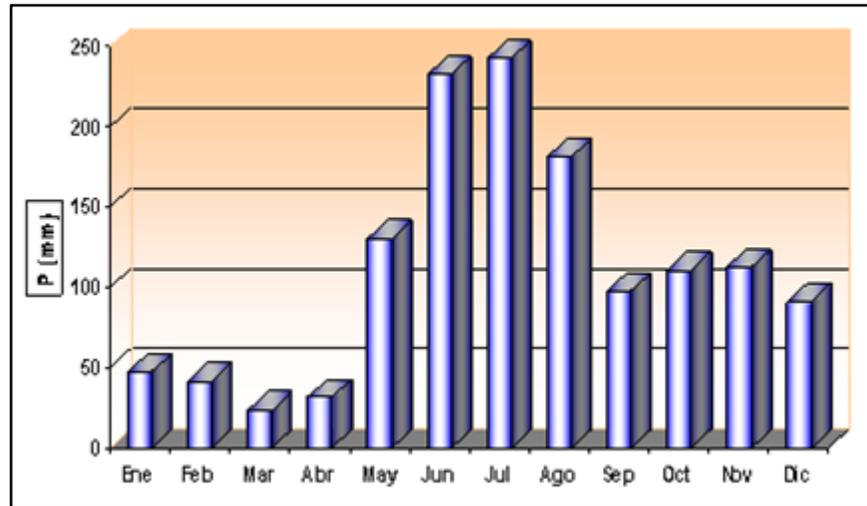


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Macagua (Corpoelec, 2017).

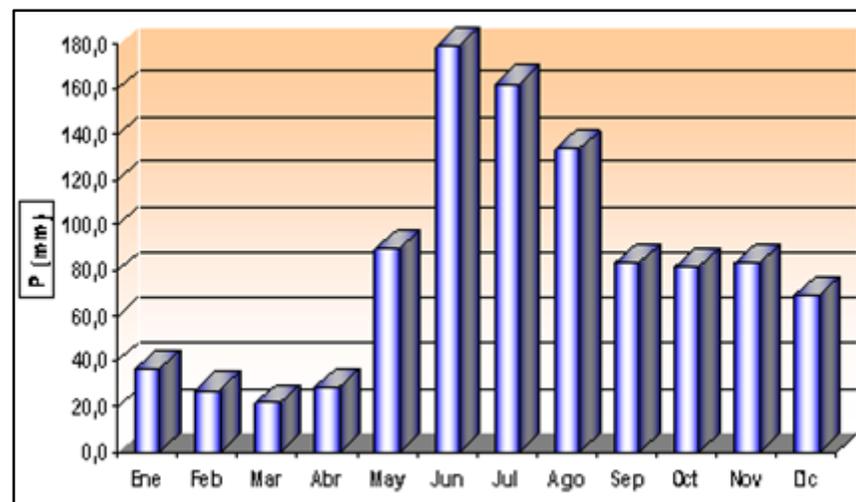


Figura 5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).

5.1.2 Evaporación

La evaporación promedio anual en la zona es bastante elevada, esto es alrededor de 2.150 mm/ año. Esta variable climática no tiene una oscilación anual de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos

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

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

En la tabla 5.3, se indican los promedios mensuales, así como el valor total medio anual de las estaciones Macagua y Puerto Ordaz R-A y las figuras 5.3 y 5.4 muestran el comportamiento anual de dicha variable.

Tabla 5.3. Evaporación media, mensual y anual (mm). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Macagua	175	196	251	254	212	162	159	162	184	192	162	155	2.249
Puerto Ordaz R-A	173	182	225	219	197	149	157	158	177	183	173	149	2.139

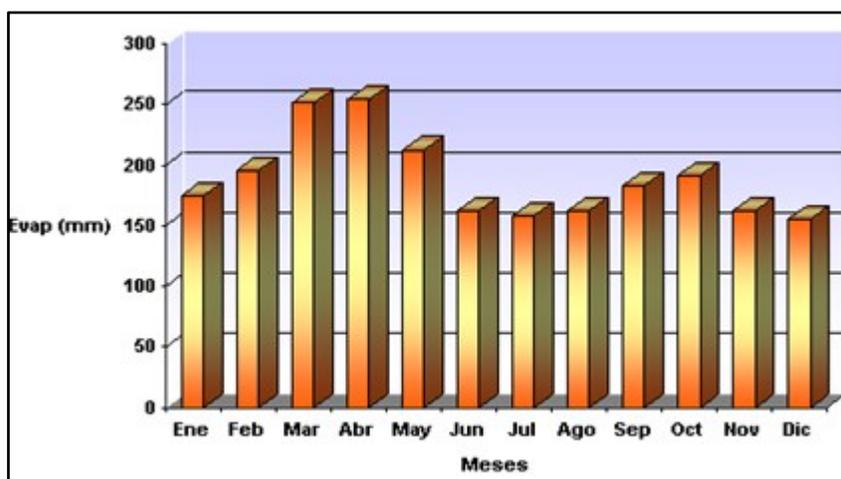


Figura 5.3. Variación anual de la evaporación (mm). Estación Macagua (CORPOELEC, 2017).

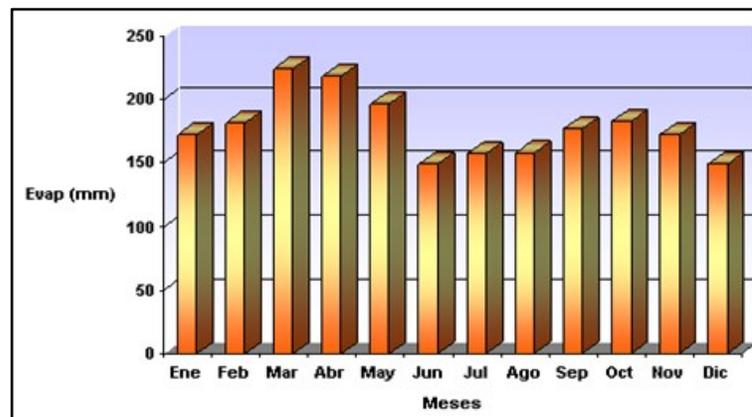


Figura 5.4 Variación anual de la evaporación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).

5.1.3 Temperatura

En la zona, la temperatura promedio anual está entre 26,4 °C y 27,4° C. Por encontrarse en la zona tropical, se cumple la condición de isoterminia, es decir, la diferencia de los valores de temperatura entre el mes más cálido y el más frío no supera los 5 °C.

En la tabla 5.4, se indican los valores medios de temperatura para las estaciones Macagua y Puerto Ordaz R-A. Con base en dichos valores se elaboraron las figuras 5.5 y 5.6 que muestran el comportamiento anual en las estaciones mencionadas.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Macagua	Máxima Media	33,8	34,4	35,6	36,4	36,2	34,2	33,4	34,5	35,0	35,1	34,8	33,5	34,7
	Media	26,2	26,8	28,9	29,2	27,5	26,9	26,5	27,0	28,9	27,9	27,3	27,3	27,4
	Mínima Media	18,7	18,8	19,4	20,3	20,8	20,6	20,5	20,6	20,7	20,4	20,5	19,5	20,1
Puerto Ordaz	Máxima Media	31,1	32,0	32,9	33,4	33,1	31,4	31,4	32,1	33,0	33,1	32,7	31,2	32,3
	Media	25,5	25,8	26,8	27,4	27,4	26,4	25,9	26,3	26,7	26,8	26,4	25,3	26,4

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Mínima Media	21,3	21,0	22,0	22,7	23,1	23,0	22,0	21,8	21,6	21,7	21,7	21,0	22,0

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

Las temperaturas más bajas se registran en el lapso diciembre – febrero (invierno astronómico) y en el mes de junio, coincidiendo con la época de máxima pluviosidad. Por otra parte, la amplitud térmica anual promedio es de 2,2 °C, lo que ratifica la condición de isoterma del clima del área.

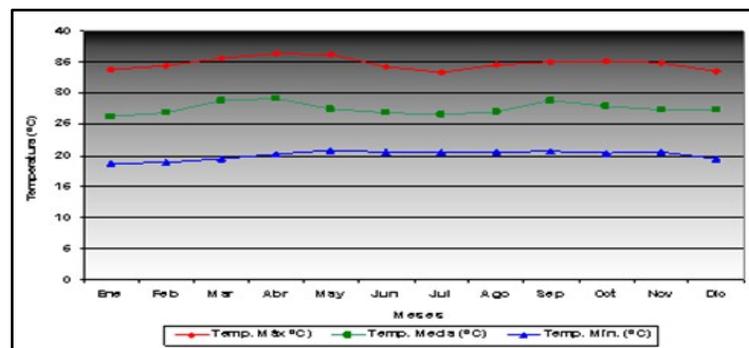


Figura 5.5 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Macagua. (CORPOELE, 2017).

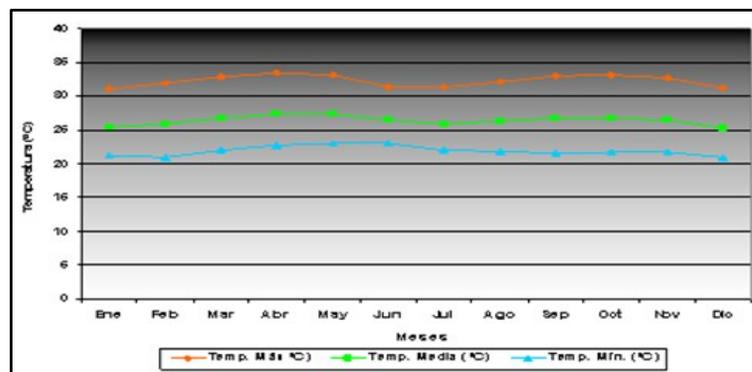


Figura 5.6 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Puerto Ordaz R-A (INAMEH, 2017).

5.1.4. Insolación

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

Con base en las estaciones cercanas a la zona se estima que el área del proyecto recibe una insolación media anual alrededor de 7,1 horas de sol.

Los valores más altos ocurren en los meses de enero a marzo y un segundo pico menos importante ocurre en los meses de septiembre y octubre. Los menores valores de brillo solar ocurren durante los meses junio y diciembre, lo que demuestra la alta nubosidad presente en la zona en dichos meses, por la temporada de lluviosa. (tabla 5.5 y figuras 5.7 y 5.8).

Tabla 5.5. Insolación media mensual y anual (horas de sol). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Macagua	6,7	7,5	7,6	7,4	6,9	5,7	6,4	7,0	7,9	7,8	7,4	6,9	7,1
Puerto Ordaz R-A	7,3	7,5	7,6	7,0	7,0	6,1	6,8	7,1	7,8	7,8	7,8	6,9	7,2

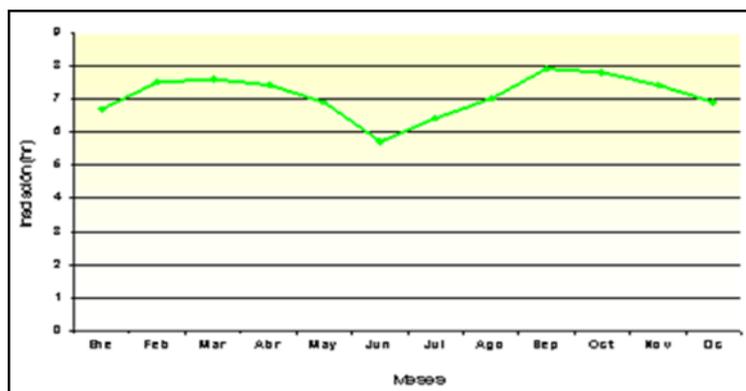


Figura 5.7 Variación anual de la insolación (horas).
Estación Macagua (CORPOELEC, 2017).

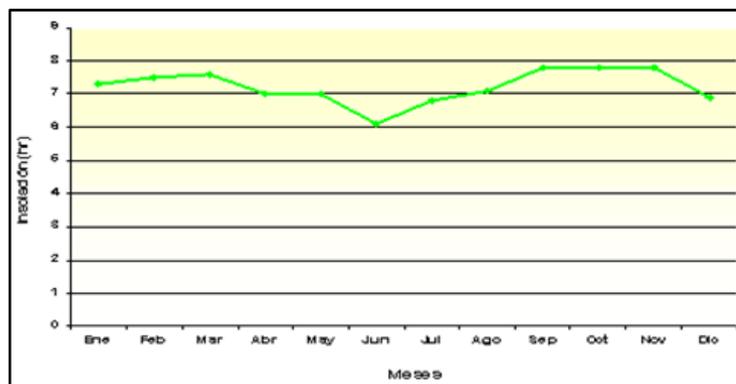


Figura 5.8 Variación anual de la insolación (horas).
Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).

5.1.5 Humedad Relativa

La humedad relativa media anual está por el orden del 75 %, según los datos de las estaciones Macagua y Puerto Ordaz R-A.

En la tabla 5.6, se presentan los valores medios mensuales y anuales de humedad relativa para dichas estaciones y en las figuras 5.9 y 5.10 se muestra su distribución en el año.

De acuerdo a ello, se observa que la humedad relativa media mensual alcanza su mayor valor (82%), en el mes de máxima precipitación (julio-agosto), y el mínimo durante los meses de marzo y abril (66%).

Tabla 5.6. Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Macagua	76	72	66	63	71	80	82	80	77	76	79	80	75
Puerto Ordaz R-A	75	71	67	66	72	80	81	82	77	76	78	78	75

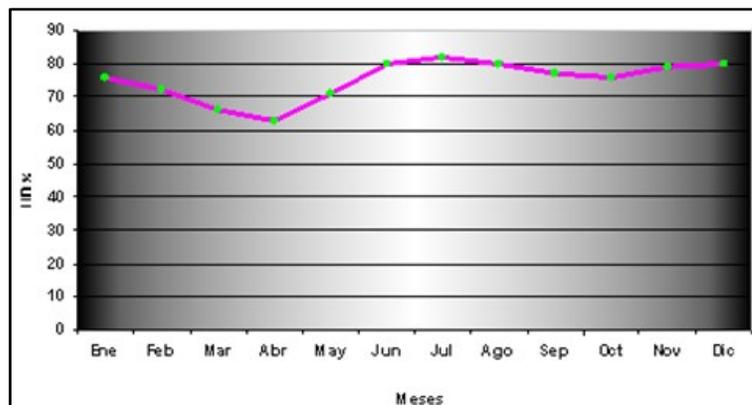


Figura 5.9 Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Macagua. (CORPOELEC, 2017).

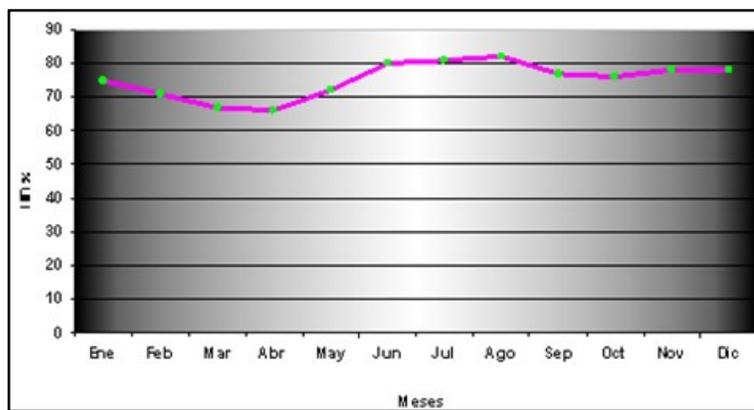


Figura 5.10 Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Puerto Ordaz. (INAMEH, 2017).

5.1.6 Vientos

La velocidad media anual del viento, estimada para la zona, está cerca de los 1,8 km/h, con dirección prevaeciente este-noreste (ENE), mayor en abril y más baja en agosto. En la tabla 5.7, se muestran los datos de las estaciones del área y en la figura 5.11 se presenta su distribución anual.

Tabla 5.7. Velocidad media mensual y anual del viento (m/s). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Macagua	2,2	2,7	2,5	2,9	2,1	1,4	1,2	1,1	1,3	1,4	1,4	1,7	1,8



Figura 5.11 Variación anual de la velocidad del viento (m/s). Estación Macagua. (CORPOELEC, 2017).

5.2 Cuencas del urbanismo que drenarán sus aguas de escorrentía

El urbanismo modelo que ocupa la presente investigación ha sido concebido para ser construido en varias localidades de la Faja Petrolífera del Orinoco que presenten topografía de poca a ninguna pendiente y en el caso de la población de Los Barrancos de Fajardo se ha codificado como el LB-III. Este urbanismo ocupará una superficie de 28,961 ha y tendrá un perímetro de 3.66 km.

Las curvas originales del terreno presentan muy poca pendiente, por lo que al modificar la topografía de la zona se decidió convertirlo en un terreno plano o terraza, es decir; no posee pendiente o su pendiente es 0.

Para el cálculo del caudal de diseño será necesario delimitar el área para la cual el mismo estará en capacidad de recolectar, por lo tanto la forma más práctica de determinar estos caudales es haciendo una repartición del caudal total del urbanismo en función de su área, al delimitar el área a servir por cada tramo podemos obtener el caudal de diseño correspondiente la cuenca y subcuencas.



Figura 5.12 Superficie del urbanismo modelo.

Tabla 5.8 Area total de la cuenca según uso del suelo.

Zona	Área	
	ha	m ²
Residencial	24,624	246240,000
Pavimento	4,185	41845,908
Vegetación	0,152	1520,000
Total	28,961	289605,908

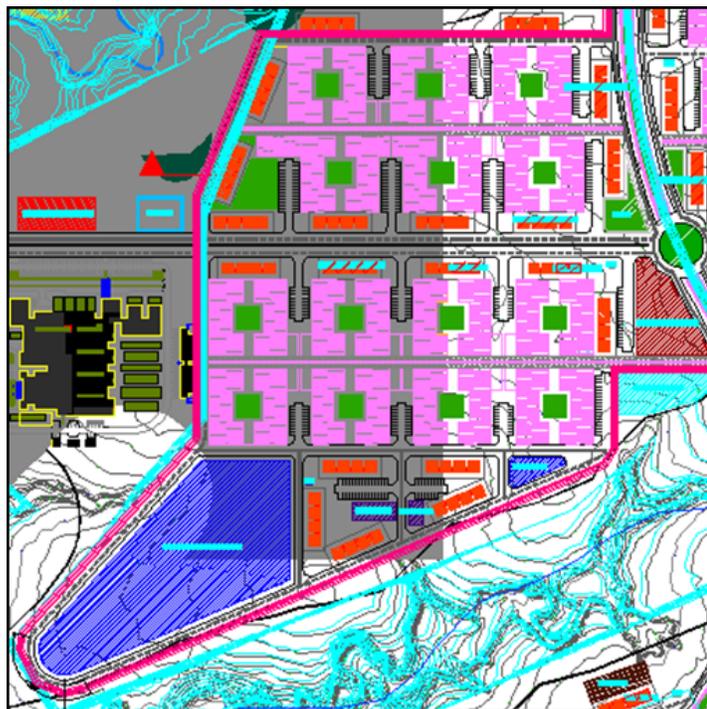


Figura 5.13 Superficie de la subcuenca 1



Figura 5.14 Superficie de la subcuenca 2

Tabla 5.9 Superficie de las subcuencas según el uso del suelo.

Subcuencas	Zona	Área		Área Total	
		Ha	M2	Ha	M2
1	Residencial	16,246	162460	18,081	180810
	Pavimento	1,683	16830		
	Vegetación	0,152	1520		
2	Residencial	8,377	83765,674	10,880	108795,674
	Pavimento	2,503	25030		
	Vegetación	0	0		

5.3 Determinación del coeficiente de escurrimiento ponderado

Para el cálculo o determinación del coeficiente de escurrimiento se considerarán los criterios dados por Aparicio (2001) de acuerdo a la zonificación del uso de la tierra. Para esta investigación se tomó un valor medio entre el mínimo y máximo que aparecen en la tabla 5.10

Tabla 5.10 Coeficientes de escurrimiento según la zona (Aparicio, 2001).

Tipo de superficie	Coeficiente de escurrimiento	
	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

Para las zonas residenciales el coeficiente de escurrimiento seleccionado fue 0.60, para zonas verdes o parques el coeficiente fue de 0.20 y para las zonas o calles asfaltadas o pavimentadas el coeficiente que se seleccionó fue de 0.825. como en la mayoría de las parcelas se tenía zona residencial, pavimentadas y áreas verdes el coeficiente de escurrimiento se ponderó utilizando la siguiente fórmula:

$$C_p = ((\text{Area 1} * C_e 1) + (\text{Area 2} * C_e 2)) / \text{Area total} \quad (5.2)$$

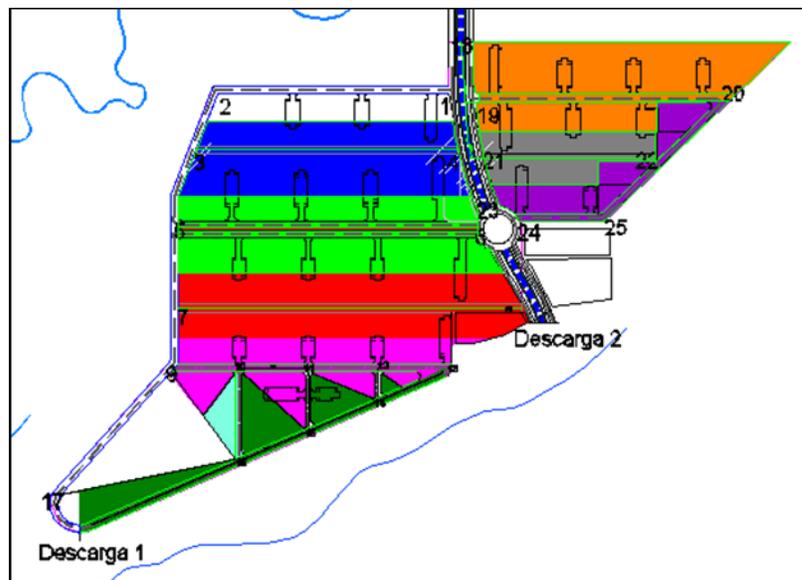


Figura 5.15 Superficie de los ramales secundarios

Tabla 5.11 Área de los Ramales secundarios.

Ramal	Zona	Área		Coeficiente de escorrentía	Área total		Coef escorrentía ponderado
		ha	m ²		ha	m ²	
Azul oscuro	Residencial	2,049	20489,000	0,60	2,539	25388,16	0,6443
	Pavimento	0,490	4899,160	0,825			
Verde manzana	Residencial	4,177	41766,000	0,60	5,797	57966,83	0,6465
	Pavimento	1,468	14680,830	0,825			
	Vegetación	0,152	1520,000	0,20			
Rojo	Residencial	3,464	34635,000	0,60	4,351	43506,09	0,6459
	Pavimento	0,887	8871,090	0,825			

Ramal	Zona	Área		Coeficiente de escorrentía	Área total		Coef escorrentía ponderado
		ha	m ²		ha	m ²	
Fucsia	Residencial	2,082	20819,000	0,60	2,755	27547,2	0,6549
	Pavimento	0,673	6728,200	0,825			
Verde oscuro	Residencial	1,423	14228,000	0,60	2,012	20124,5	0,6662
	Pavimento	0,590	5896,500	0,825			
Turquesa claro	Residencial	0,254	2538,000	0,60	0,346	3464,5	0,6622
	Pavimento	0,093	926,500	0,825			
Naranja oscuro	Residencial	3,199	31992,969	0,60	4,090	40899,005	0,6490
	Pavimento	0,891	8906,036	0,825			
Gris	Residencial	2,054	20537,362	0,60	2,378	23775,064	0,6307
	Pavimento	0,324	3237,702	0,825			
Morado	Residencial	2,150	21500,618	0,60	2,623	26227,7	0,6405
	Pavimento	0,473	4727,082	0,825			

5.4 Estimación de caudales aportados por las subcuencas

Para efectos de la estimación de los caudales de diseño aportados por las subcuencas urbanas se considerará un período de retorno de 25 años.

Asimismo, se utilizará el método racional para el cálculo de los caudales para lo cual se requerirá las áreas de las parcelas, los coeficientes de escurrimiento ponderado y las intensidades de precipitación.

Para la determinación de las intensidades de precipitación se utilizarán las curvas IDF suministradas para la zona por la CVG Tecmin, C.A. Previamente, se calculará el tiempo de concentración mediante la ecuación del California Culvert Practice:

$$T_c = 0,0195 (L^3/H)^{0,385} \quad (5.1)$$

Donde:

T_c : tiempo de concentracion en minutos

L: longitud en metros, desde el sitio de nacimiento del cauce en estudio hasta el sitio considerado.

H: diferencia de elevacion en metros, entre el inicio del cauce principal y el sitio considerado.

Es importante aclarar que para los efectos de esta investigación la diferencia de elevación entre el inicio del cauce principal y el sitio considerado no existe por tratarse de un terreno llano, es decir; una terraza, por lo tanto la H a utilizar fue 1. También se debe considerar que los resultados obtenidos para los tiempos de concentración vienen expresados en minutos y para entrar a las tablas de intensidades debemos expresarlo en horas.

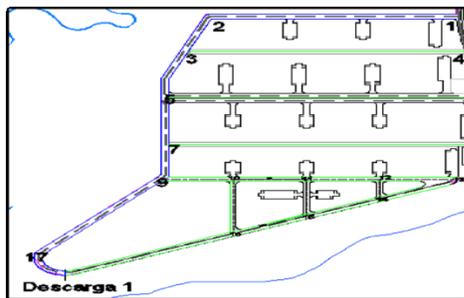


Figura 5.16 Codificación cuenca 1

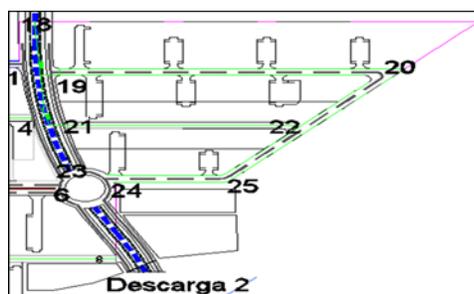


Figura 5.17 Codificación cuenca 2

Tabla 5.12 Tiempo de concentracion (Tc) de la cuenca.

Tramo	Tc	
	Minutos	Horas
Área Total De La Cuenca	81,4226455	1,35704409

Tabla 5.13 Tiempos de concentracion (Tc) de las subcuencas y ramales.

Tramo	Tc	
	Minutos	Horas
17- Descarga	56,159	0,936
4 – 3	52,602	0,877
6 – 5	51,688	0,861
8 – 7	15,000	0,250
13 - 9	15,000	0,250
Oct-16	15,000	0,250
16 – Descarga	15,000	0,250
20 - 19	15,454	0,258
22 – 21	15,000	0,250
20 - 24	26,057	0,434
18 – 26	19,635	0,327

5.4.1 Determinacion de la intensidad de lluvia

La intensidad será determinada en función de la duración y el período de retorno y e tiempo de concentracion, esta intensidad será estimada con los datos suministrados por laCVG Tecmin, C.A.

Tabla 5.14 Intensidades de lluvia dependiendo de la duracion y el tiempo de retorno (CVG Tecmin, C.A., 2010).

DURACIÓN (h)	Tr (Años)		
	5	10	25
0,25	150	160	190
0,5	99	125	147
1	60	78	90
3	25	30	36
6	14	16	20
9	9	12	14
12	7	8	10
24	4	5	5,8

Tabla 5.15 Intensidad de la cuenca estudiada.

Zona	Intensidad de lluvia	
	(mm/h)	(lps/ha)
Área total de la cuenca	80,361	223,40358

Tabla 5.16 Intensidad de las subcuencas del área estudiada.

Subcuencas	Intensidad de lluvia	
	(mm/h)	(lps/ha)
1	97,3074	270,51457
2	176,712	491,25936

De acuerdo con la figura 5.15 que corresponde al área de los ramales presentamos la tabla 5.14 con las intensidades correspondientes a cada ramal.

Tabla 5.17 Intensidades de los ramales.

Ramal	Intensidad de lluvia	
	(mm/h)	(lps/ha)
Azul oscuro	104,056	289,27568
Verde manzana	131,207	364,75546
Rojo	190	528,2
Fucsia	190	528,2
Verde oscuro	190	528,2
Turquesa claro	190	528,2
Naranja oscuro	148,3	412,274
Gris	190	528,2
Morado	178,696	496,77488

5.4.2 Cálculo de caudales

Para la obtención de los caudales, se aplicará la fórmula (3.4) correspondiente al Método Racional. En primer lugar, se presentan a continuación, en la tabla 5.18, los caudales para cada ramal identificado con el código de colores antes descrito en la figura 5.15

Tabla 5.18 Caudal de los ramales

Ramal	Caudal (Q)	
	m ³	Lps
Azul oscuro	0,22873	228,73
Verde manzana	0,76841	768,41
Rojo	0,86818	868,18
Fucsia	0,56902	569,02
Turquesa claro	0,100615	100,615
Verde oscuro	0,477545	477,545
Naranja oscuro	1,9264344	1926,4344
Gris	0,8888789	888,8789
Morado	0,8653639	865,3639

Seguidamente, se presenta en las tablas 5.19 y 5.20 la sumatoria de caudales correspondiente para la subcuenca 1 y para la subcuenca 2 y posteriormente, el caudal total aportado de aguas pluviales por la cuenca urbana.

Tabla 5. 19Caudales de las subcuencas

subcuencas	(Q) m ³	
	m ³	Lps
Subcuenca 1	3,426	3426.615
Subcuenca 2	4,213	4212.463

Tabla 5.20Caudal de la cuenca.

Zona	Caudal (Q)	
	m ³	Lps
Área total de la cuenca	7,639	7639

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. De acuerdo a las magnitudes promedio de los parametros climáticos, analizadas en el área de estudio donde se pudo observar una precipitación aproximada anual de 1000 mm, temperatura promedio anual de 28,3 °c, humedad relativa promedio anual de 65%; podemos concluir que la zona de estudio posee un clima típico de bosque seco tropical.
2. Morfométricamente el área de estudio la cual debe ser drenada de las escorrentías superficiales tiene un área de 28,961 ha, como cuenca de drenaje asimismo presenta una pendiente promedio plana, por lo cual el diseño de los drenajes deberán ser construidos con pendientes promedios alrededor del 1% para mantener las velocidades mínimas permisibles.
3. En toda la cuenca urbana se presentaron coberturas del suelo de viviendas, pavimento y vegetación a las cuales se les asignó coeficientes de escorrentía de 0.6, 0.825 y de 0.2 respectivamente y al considerar las áreas ocupadas por las coberturas indicadas se obtuvo un coeficiente de escorrentía ponderado que osciló entre 0,6307 y 0,6662.
4. La cuenca urbana de drenaje total del área de estudio deberá manejar un caudal aproximado de 7.639 m³/s para un período de retorno de 25 años, esta ha sido dividida en dos (2) subcuencas a través de las cuales se deberán trazar en el futuro los canales o colectores principales que manejarán cada uno caudales de 3,426 m³/s, y 4,213 m³/s respectivamente.

Recomendaciones

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

REFERENCIAS

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

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

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

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

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

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

Aymard R., Pimentel, I., Eitz, P., Chaouch, A., Navarro, J., Mijares, J., Pereira, j., (1990), **GEOLOGICAL INTEGRATION AND EVALUATION OF NORTHERN MONAGAS, EASTERN VENEZUELA BASIN**. EN J. BROOKS, ED, **CLASSIC PETROLEUM PROVINCES: GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON SPEAD PUBLICATION N° 50**, (pp37-53).

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

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

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

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

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

Chen, C. L. 1983. " **RAINFALL INTENSITY-DURATION-FREQUENCY FORMULAS,**" J. Hydro. Engrg., ASCE, 109(12), (pp1603-1621).

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

Echeverría, B. (2015). **INGENIERÍA BÁSICA DE UN SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES PARA EL CONJUNTO RESIDENCIAL JOSÉ GREGORIO MONAGAS, EN SAN DIEGO DE CABRUTICA, MUNICIPIO JOSÉ GREGORIO MONAGAS, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.** Trabajo de grado, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Título	DETERMINACION DE LOS CAUDALES DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES QUE SON APORTADOS POR EL CONJUNTO URBANISTICO LB-III, EN LA POBLACION DE LOS BARRANCOS DE FAJARDO, MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
MARTINEZ ROJAS MARICARMEN OSMAIRA	CVLAC	23.522.197
	e-mail	maricmartinez92@gmail.com
	e-mail	
FERNANDEZ OVALLES ESTEFANIA COSTANSA	CVLAC	20.264.937
	e-mail	estefaniafernandez51190@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Elementos hidráulicos de un canal
Estimación de caudales de diseño
Variable hidrometeorológicas
Caracterización climatológica
Capacidad de conducción hídrica de una vía

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería sanitaria	Drenaje de aguas pluviales
Hidráulica	Determinación de caudales

Resumen (abstract):

Esta investigación tiene como propósito fundamental el estudio previo indispensable para determinar los caudales aportados por el conjunto urbanístico LB-III ubicado en la población de Los Barrancos de Fajardo, en el municipio Sotillo, estado Monagas. En ese sentido, es necesario acotar que en este estudio se encuentra enmarcado en un tipo de investigación descriptiva en la cual se aplicará una estrategia de campo y documental. En primer lugar, se efectuó un reconocimiento de la zona para validar la revisión previa de las cuencas y subcuencas existentes en el área de estudio efectuadas en las cartas y mapas de la zona. Asimismo, se tomó nota de las condiciones del relieve, de la hidrografía, de los suelos, de la geología aflorante y de la flora y fauna predominante. Posteriormente, se recabó, a partir de las bases de datos hidrometeorológicas administradas por el INAMEH, los registros de todos los parámetros climáticos de las estaciones cercanas al área de estudio, con especial énfasis en la información pluviométrica. Se utilizaron las curvas IDF construidas para la zona por la CVG-Tecmin C.A. con los registros de la estación Puerto Ordaz.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría, Dafnis	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.506.408
	e-mail	dafnisecheverria2807@gmail.com
	e-mail	
Echeverría, Beatriz	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	21.013.748
	e-mail	echeverriabcc92@gmail.com
	e-mail	
Devera, Stefany	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	23.551.572
	e-mail	Stefany_devera@hotmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2018	06	11

Lenguaje: spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis-().doc
DETERMINACION DE LOS CAUDALES DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES

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

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Ingeniería civil

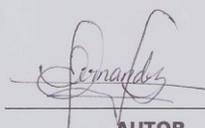
Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

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

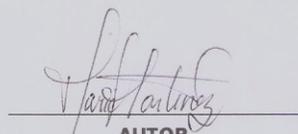
Derechos:

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

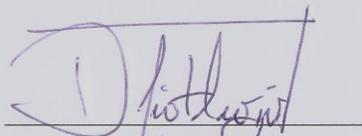
Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o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



AUTOR
Estefanía Fernández
C.I.:20264937



AUTOR
Maricarmen Martínez
C.I.: 23.522.197



TUTOR
Profesor Dafnis Echeverría
C.I.:4.506.408

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos Curvelo

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *Martínez*

FECHA 5/8/09 HORA 5:30

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SECRETARIA
CONSEJO UNIVERSITARIO

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

JABC/YGC/marija